

Université de Montréal

**Stress pendant la grossesse en contexte de catastrophe naturelle : revue  
méta-analytique des conséquences sur le développement de l'enfant et  
évaluation des besoins informationnels des femmes enceintes**

Par

Sandra Lafortune

Département de psychologie

Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D.)  
en psychologie recherche et intervention option clinique

Août 2021

© Sandra Lafortune, 2021

Université de Montréal  
Département de psychologie  
Facultés des arts et des sciences

---

*Cette thèse intitulée :*

**Stress pendant la grossesse en contexte de catastrophe naturelle : revue méta-analytique des conséquences sur le développement de l'enfant et évaluation des besoins informationnels des femmes enceintes**

*Présentée par*

**Sandra Lafortune**

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

**Annie Bernier**

Président rapporteur et représentant du doyen

**Suzanne King**

Directrice de recherche

**Christian Dagenais**

Co-directeur de recherche

**Lise Gauvin**

Membre du jury

**Réjean Tessier**

Examineur externe

## Résumé

Depuis de nombreuses années, les chercheurs dans le domaine du stress maternel prénatal (SMP) associé à des catastrophes naturelles cumulent des données probantes suggérant un effet de ce type de stresser sur le développement de l'enfant. Plusieurs obstacles freinent cependant le transfert de ces connaissances (TC) à leurs potentielles bénéficiaires, les femmes enceintes. Un premier obstacle est qu'il n'existe pas de synthèse de connaissances quantifiant l'effet du SMP sur les différentes sphères de développement de l'enfant. De plus, les besoins informationnels des femmes enceintes à ce sujet ne sont pas connus. Ensuite, d'un point de vue éthique, il est difficile de se positionner quant à la meilleure stratégie de TC à employer pour informer les femmes enceintes sans leur imposer un stress additionnel. Cette thèse vise donc à déterminer comment informer les femmes enceintes au sujet des conséquences du stress pendant la grossesse sans les stresser davantage.

Pour ce faire, une revue méta-analytique de l'effet du SMP associé à des catastrophes naturelles sur le développement de l'enfant a été réalisée pour quantifier cet effet. Par la suite, un questionnaire a été élaboré pour sonder les femmes issues de deux cohortes distinctes, une première ayant été exposée aux feux de forêt de Fort McMurray pendant la grossesse, puis une seconde localisée à Montréal et n'ayant pas été exposée à une catastrophe naturelle au cours de la grossesse. Les items du questionnaire cherchaient à déterminer leurs connaissances au sujet du SMP ainsi que leur désir d'en avoir su davantage à ce propos au cours de leur dernière grossesse. Une grille d'entretien originale a ensuite permis d'interviewer un sous-échantillon des femmes de la cohorte de Montréal pour préciser leurs besoins informationnels et les paramètres qui devraient guider un processus de TC à cet effet. Cette dernière étude a cependant été interrompue en raison de la pandémie de COVID-19 et seuls les résultats préliminaires en sont ici présentés.

Plusieurs constats sont ressortis des méta-analyses et des méta-régressions. D’abord, le SMP a un effet, petit, mais durable, sur l’ensemble des sphères de développement de l’enfant. Ensuite, les difficultés objectives et la détresse psychologique sont les composantes du SMP pour lesquelles les plus grands effets ont été trouvés. Il semble également que l’exposition à une tempête de verglas affecte encore plus le développement de l’enfant que celle à une inondation. Les résultats au questionnaire des deux cohortes de femmes a permis de lever le voile sur le manque de connaissances à combler chez ces dernières concernant principalement les conséquences concrètes du SMP sur le développement de l’enfant, puis d’établir que les deux cohortes de femmes auraient majoritairement voulu en savoir davantage à ce sujet au cours de leur dernière grossesse. Enfin, les données complémentaires issues des entretiens avec les femmes de la cohorte de Montréal indiquent que les professionnels de la santé seraient les utilisateurs de connaissances à privilégier et que l’approche à employer pour faire ce TC devrait être empathique, non culpabilisante, centrée sur la femme dans sa globalité et ajustée à son style de recherche d’informations.

De prochaines études dans le domaine du SMP pourront venir pallier certaines limites de cette thèse. Les équipes de recherche pourront utiliser le questionnaire et la grille d’entretien pour évaluer les besoins informationnels des femmes au sujet du SMP dans différents contextes (p.ex. pandémie de COVID-19). Maintenant qu’il a été déterminé que le SMP a un effet sur le développement de l’enfant, il serait utile de réaliser une revue de littérature pour recenser les interventions permettant d’estomper cet effet afin de bien outiller les femmes enceintes. Finalement, connaissant désormais les besoins informationnels des femmes enceintes, l’organisation d’un atelier délibératif avec les professionnels de la santé permettrait de mettre au point une stratégie de TC prenant également en compte leur réalité.

En conclusion, cette thèse a permis de jeter les bases d'une stratégie de TC qui pourrait informer les femmes enceintes au sujet des conséquences du SMP associé aux catastrophes naturelles sans les stresser davantage.

**Mots-clés**

Stress maternel prénatal ; développement de l'enfant; revue méta-analytique; évaluation des besoins; transfert de connaissances.

## **Abstract**

Researchers in the field of prenatal maternal stress (PNMS) associated with natural disasters have been accumulating evidence for many years to suggest an effect of this type of stressor on child development. However, several obstacles hinder the transfer of this knowledge (KT) to their potential beneficiaries, pregnant women. A first obstacle is that there is no synthesis of knowledge quantifying the effect of PNMS on the different spheres of child development. In addition, the information needs of pregnant women on this subject are not known. Second, from an ethical point of view, it is difficult to position oneself on the best KT strategy to employ to inform pregnant women without placing additional stress on them. This thesis therefore aims to determine how to inform pregnant women about the consequences of stress during pregnancy without stressing them further.

To do this, a meta-analytical review of the effect of PNMS associated with natural disasters on child development was carried out to quantify this effect. Subsequently, a questionnaire was developed to survey women from two distinct cohorts, a first having been exposed to the Fort McMurray wildfires during pregnancy, then a second located in Montreal and not having been exposed to a natural disaster during pregnancy. The questionnaire items sought to determine their knowledge about PNMS as well as their desire to have known more about it during their last pregnancy. An original interview grid then made it possible to interview a sub-sample of women in the Montreal cohort to specify their information needs and the parameters that should guide a KT process for this purpose. This latest study was however interrupted due to the COVID-19 pandemic and only preliminary results are presented here.

Several findings emerged from the meta-analyses and meta-regressions. First, PNMS has a small but lasting effect on all spheres of child development. Next, objective difficulties and

psychological distress are the components of PNMS for which the greatest effects have been found. It also appears that exposure to an ice storm affects a child's development even more than exposure to a flood. The results of the questionnaire from the two cohorts of women made it possible to lift the veil on the gap in knowledge to be filled mainly concerning the concrete consequences of PNMS on the development of the child, then to establish that most of the women in both cohorts of women would have wanted to know more about it during their last pregnancy. Finally, the additional data from the interviews with the women from the Montreal cohort suggest that health professionals would be the knowledge users to target with KT and that the approach to be used to transfer knowledge to women should be empathic, guilt-free, focused on the woman as a whole and adjusted to her style of information research.

Future studies in the field of PNMS may overcome certain limitations of this thesis. Research teams will be able to use the questionnaire and the interview grid to assess the information needs of women about PNMS in different contexts (e.g., COVID-19 pandemic). Now that PNMS has been determined to have an effect on child development, it would be useful to conduct a review of the literature to identify interventions to mitigate this effect in order to properly equip pregnant women. Finally, now with greater knowledge about the information needs of pregnant women, the organization of a deliberative workshop with health professionals would make it possible to develop a KT strategy that also takes their reality into account.

In conclusion, this thesis has laid the groundwork for a KT strategy that could inform pregnant women about the consequences of PNMS associated with natural disasters without stressing them further.

**Keywords**

Prenatal maternal stress; child development; meta-analytic review; needs assessment; knowledge transfer.



## Table des matières

Résumé.....	i
Mots-clés .....	iii
Abstract.....	iv
Keywords .....	vi
Table des matières.....	vii
Liste des tableaux.....	xv
Liste des figures .....	xvii
Liste des sigles et abréviations.....	xix
Remerciements.....	xx
Un événement tragique, une occasion de tirer des leçons .....	1
Contexte théorique .....	3
Le contexte des catastrophes et les composantes du SMP .....	3
Une définition du SMP .....	3
Un stresser indépendant .....	5
Définitions des concepts .....	6
Conséquences du stress .....	9
Effet du type de catastrophe naturelle .....	11
Effet du type de rapport .....	13
Effet du moment d'exposition .....	13

Effet à long terme .....	14
Un facteur de risque pour la santé des enfants : la nécessité d'élaborer une stratégie de transfert des connaissances.....	15
Une définition du TC .....	15
Sources d'information .....	16
Motivation à s'informer.....	18
Connaissances, attitude et comportements envers le risque .....	20
Sentiments vécus au cours de la grossesse .....	24
Position du problème .....	25
But.....	25
Objectifs de recherche.....	26
Références .....	28
Article 1: Effect of Natural Disaster-Related Prenatal Maternal Stress on Child Development and Health: A Meta-Analytic Review .....	35
Abstract .....	36
Keywords.....	36
Introduction .....	37
Study Aims .....	40
Materials and Methods .....	40
Protocol.....	40

Search Strategy .....	40
Study Eligibility Criteria .....	41
Study Selection .....	42
Data Extraction .....	42
Quality Assessment .....	44
Statistical Analysis .....	44
Results .....	46
Database Search Process .....	46
Data Extraction .....	49
Child Development Outcomes.....	52
Discussion .....	79
Limitations.....	85
Strengths .....	86
Conclusions .....	87
Author Contributions.....	88
Funding.....	88
Institutional Review Board Statement.....	88
Informed Consent Statement.....	88
Data Availability Statement .....	88
Acknowledgments.....	89

Conflicts of Interest.....	89
Supplementary Materials.....	89
Appendix A.....	89
References .....	98
Article 2: If only I could have known more: an assessment of mothers’ information needs to increase awareness about stress in pregnancy .....	104
Abstract .....	105
Keywords.....	106
Statement of significance .....	106
Problem or issue .....	106
What is already known .....	106
What this paper adds.....	106
Introduction.....	107
Study Aims.....	110
Participants, Ethics and Methods .....	111
Sample and Participant Selection .....	111
Materials .....	113
Analyses.....	116
Results.....	117
Cohort comparison .....	117

PNMS Knowledge, Uncertainty and Desire to Have Known More About PNMS .	121
Association Among PNMS Levels, Sociodemographic Variables, PNMS Knowledge, Uncertainty and Desire to Have Known More About PNMS .....	125
Interaction Effect Between Sociodemographic Variables, Desire to Have Known More and PNMS levels on PNMS Knowledge in FMM .....	128
Discussion .....	135
Women's state of knowledge .....	137
Association between PNMS levels and PNMS knowledge.....	137
Interactions between PNMS, sociodemographics and the desire to have known more .....	138
The specificity of the subjective PNMS scales .....	142
Income, education, number of children cannot explain PNMS knowledge score...	143
Exposure to a natural disaster cannot explain the desire to have known more .....	145
Desire to have known more and information-seeking styles.....	145
Limitations and strengths.....	146
Conclusion.....	147
Acknowledgments.....	147
Supplementary Materials.....	147
Appendix A.....	147
Appendix B.....	151

Appendix C.....	157
Appendix D.....	159
References .....	160
Article 3: Pour informer les femmes enceintes au sujet du stress pendant la grossesse sans les stresser davantage : paramètres à considérer pour faciliter un processus de transfert des connaissances.....	163
Résultats préliminaires des entretiens avec les mères.....	164
Objectifs .....	164
Méthodologie .....	164
Participant.es.....	164
Grille d’entretien.....	165
Analyse.....	167
Résultats préliminaires .....	167
Définition personnelle du stress .....	167
Les paramètres du message .....	169
D’autres besoins complémentaires à l’information.....	175
Conclusion.....	176
Matériel supplémentaire.....	176
Appendice A .....	176
Références .....	181

Discussion .....	183
Faits saillants de la thèse .....	183
Rappel du but général de la thèse .....	183
Retour sur le premier article .....	184
Retour sur le second article .....	185
Retour sur les résultats préliminaires des entretiens avec les mères .....	186
Réflexion intégrative .....	186
Des items validés par les données probantes .....	186
Des différences de niveaux de connaissances difficilement explicables .....	193
Les femmes plus ou moins en accord avec la littérature .....	193
Contributions théoriques et limitations de la thèse .....	195
Le manque d'études au design pré-post .....	195
Des résultats difficilement généralisables à l'échelle mondiale .....	198
Des outils qui gagneraient à être partagés .....	201
L'évaluation de l'influence du sexe .....	203
Contributions en santé publique .....	204
Limites de la thèse .....	208
Ordre des études .....	208
Forces de la thèse .....	209
Pistes de recherche future .....	210

Conclusion.....	212
Références .....	214



## Liste des tableaux

### Article 1

Table 1: Characteristics of studies included in the review .....	50
Table 2: Effects of factors on the association between PNMS and child development outcomes .....	83
Table A1: Search Strategies.....	89

### Article 2

Table 1: Descriptives – Categorical variables .....	118
Table 2: Descriptives – Continuous variables .....	119
Table 3: Spearman Correlation coefficients among variables in Fort McMurray and Montreal cohorts .....	125
Table 4: Regression coefficient for the significant moderation by age of the association between PNMS and SPARK (knowledge score).....	132
Table 5a: Regression coefficient for the significant moderation by SSQ (number) of the association between PDEQ and SPARK (knowledge score).....	133
Table 5b: Regression coefficient for the significant moderation by SSQ (number) of the association between PDI and SPARK (knowledge score).....	133
Table 6: Regression coefficient for the significant moderation by desire to have known more about PNMS of the association between PNMS and SPARK (knowledge score).....	134
Table B1: McMurray Objective Maternal Stress Scale (MOMSS200) summary .....	151
Table C1: Regression coefficient for the moderation by age of the association between PNMS and SPARK (knowledge score) .....	157

Table C2: Regression coefficient for the moderation by SSQ (number) of the association between PNMS and SPARK (knowledge score)..... 158

Table C3: Regression coefficient for the moderation by wish to have known more about PNMS of the association between PNMS and SPARK (knowledge score)..... 158

**Résultats préliminaires**

Tableau 1: Caractéristiques de l'échantillon..... 165

## Liste des figures

### Contexte théorique

Figure 1 : Niveaux de symptômes de stress post-traumatiques retrouvés chez les femmes des différentes études .....	12
---	----

### Article 1

Figure 1: Flow chart.....	48
Figure 2: Birth Outcomes Forest Plot .....	53
Figure 3: Birth Outcomes Funnel Plot .....	54
Figure 4: Birth outcomes meta-regressions .....	56
Figure 5: Cognitive outcomes forest plot.....	57
Figure 6: Cognitive outcomes funnel plot .....	58
Figure 7: Cognitive outcomes meta-regressions.....	60
Figure 8: Motor outcomes forest plot .....	62
Figure 9: Motor outcomes funnel plot .....	63
Figure 10: Motor outcomes meta-regressions.....	65
Figure 11: Physical outcomes forest plot.....	66
Figure 12: Physical outcomes funnel plot.....	67
Figure 13: Physical outcomes meta-regressions .....	70
Figure 14: Socio-emotional outcomes forest plot.....	71
Figure 15: Socio-emotional outcomes funnel plot.....	72
Figure 16: Socio-emotional outcomes meta-regressions .....	74
Figure 17: Behavioral outcomes forest plot.....	75
Figure 18: Behavioral outcomes funnel plot.....	76

Figure 19: Behavioral outcomes meta-regressions .....	78
<b>Article 2</b>	
Figure 1: Fort McMurray mothers' PNMS knowledge – Average agreement scores ....	122
Figure 2: Montreal mothers' PNMS knowledge – Average agreement score .....	124
Figure 3: Moderation between PDEQ and age predicting PNMS knowledge.....	129
Figure 4a: Moderation between PDEQ and social support on PNMS knowledge .....	130
Figure 4b: Moderation between PDI and social support on PNMS knowledge .....	130
Figure 5: Moderation between PDEQ and desire to have known more on PNMS knowledge .....	132
Figure 6: Moderation between peritraumatic distress levels and social support on post- traumatic stress disorder–like symptoms .....	140
Figure D1: Spark item averages in Fort McMurray and Montreal cohorts .....	159
<b>Discussion</b>	
Figure 1: Distances culturelles entre les pays et les États-Unis et la Chine comme points de référence.....	201
Figure 2: Modèle de pistes causales illustrant les relations entre le SMP et le tempérament de l'enfant .....	207

## **Liste des sigles et abréviations**

**SMP:** stress maternel prénatal

**TC:** transfert de connaissances

**PNMS:** prenatal maternal stress

**KT:** knowledge transfer

**DOHaD:** Developmental Origins of Health and Disease

**SPIRAL:** Stress in Pregnancy International Research Alliance

**HPA:** hypothalamo-pituitaire-adrénalien

## Remerciements

*À Suzanne,*

Merci de m'avoir accueillie dans le King Lab et d'avoir su me faire confiance et m'accompagner même lorsque j'empruntais des détours déroutants. Tu m'as laissée développer un projet de thèse à mon image et pour lequel je suis restée motivée jusqu'à la fin! Merci de m'avoir offert tant d'opportunités tout au long de mon parcours académique. Et surtout merci de m'avoir appris que la plus grande qualité d'une thèse est qu'elle soit terminée. J'ai maintenant toute la vie pour mettre en œuvre des projets encore plus épiques! Merci pour les BBQ et les desserts glacés!

*À Christian,*

Merci pour tes interventions brèves, mais ô combien pertinentes. Merci de m'avoir prise sous ton aile alors que je pataugeais dans le transfert de connaissances sans gouvernail, mais avec la passion au ventre. Ta codirection m'a permis de me recentrer et d'accomplir un projet colossal dont je suis particulièrement fière. Merci pour les soupers de pâtes maison et le bon vin!

*À David,*

Merci pour ta franchise rafraîchissante. Tu as su me challenger tout au long de mon parcours pour me pousser toujours plus loin dans mes réflexions. Merci pour les Tours de l'Île!

*À Geneviève,*

Merci pour ton accueil au Douglas en transfert de connaissances, tu as su me donner la piquûre!

*Aux KingLabers et aux étudiants de l'équipe RENARD,*

Merci d'avoir fait de mon parcours non pas un épisode triste et solitaire, mais bien une épopée parsemée de rencontres enrichissantes et d'anecdotes croustillantes. Je suis déjà nostalgique!

*À Guillaume,*

Merci de m'avoir guidée dans les dédales statistiques de la recherche pour faire en sorte que je me sente aujourd'hui un peu moins Dummy. Merci pour les pauses-thés au Douglas et les games de badminton!

*À Benjhy,*

Merci mon amie pour ta présence à mes côtés du premier stage clinique à l'internat, en passant par les réunions de laboratoire, les demandes de bourses à la dernière minute, les congrès et les games de soccer. Merci pour ton énergie zen, ton humour et ton écoute.

*À Cath,*

Merci d'avoir partagé avec moi ta folie et tes réflexions profondes sur la vie. Merci mon amie d'avoir été là dans les moments plus difficiles et d'être toujours prête à ouvrir une bouteille pour célébrer les moments plus doux!

*À mes parents,*

Merci Maman d'avoir été là pour m'écouter, me rassurer, me reconforter, me changer les idées et me gâter tout au long de ce parcours. Merci de m'avoir transmis ta passion pour la relation d'aide, qui est maintenant une partie fondamentale de mon identité. Merci Papa d'avoir été là pour répondre à mes doutes et mes questionnements. Merci de t'être autant intéressé à mes devoirs, leçons, travaux scolaires et examens de la maternelle à l'université, faisant de toi le parfait partenaire d'études. Et enfin, merci à vous deux de m'avoir appris l'importance de la famille.

*À mon Amour,*

Merci d'avoir cru en moi dans les moments où, même moi, je n'y croyais plus. Ensemble, on est plus forts que tout. On a pu affronter tous les obstacles qui se sont dressés devant nous. Tu m'as donné le courage de me relever quand je croulais sous la pression. Tu m'as appris à lâcher prise et à me délivrer du tourbillon de mes scénarios catastrophes. Tu m'as encouragée à persévérer lorsque je ne voyais plus la fin de ce marathon. Tu m'as convaincue de ne pas tout abandonner pour me recycler à servir des déjeuners dans un café du coin. Max, mon Amour, mon fiancé, merci pour ton soutien inconditionnel, ta patience, tes blagues, tes mauvais coups, tes surprises. Maintenant, c'est à ton tour de réaliser ton rêve et devenir humoriste!



*Research that produces nothing but books will not suffice (Lewin, 1946).*

### **Un événement tragique, une occasion de tirer des leçons**

À la suite d'une vague de chaleur meurtrière, des feux de forêt ont dévasté le petit village de Lytton en Colombie-Britannique le 30 juin 2021. Un déjà-vu qui a rappelé un mauvais souvenir trop peu lointain à la population canadienne qui se remémore encore les ravages des feux de forêt de Fort McMurray, en Alberta, en 2016. Cette catastrophe avait alors forcé l'évacuation soudaine des 80 000 habitants de la municipalité. Ce trauma avait malgré tout engendré une grande campagne de résilience chez la collectivité. Parmi les victimes de la catastrophe, des femmes enceintes, prises en embuscade par les flammes, ont fui en panique leur maison pour ensuite les retrouver en cendres à leur retour. Vivre cet événement bouleversant a engendré chez certaines un stress, ce qui les a amenées à s'interroger sur l'effet de cet événement traumatisant sur leur enfant à naître. Il est encore difficile de répondre à cette question. La littérature scientifique regorge d'études qui suggèrent que le stress maternel prénatal (SMP) associé aux catastrophes naturelles influence le développement de l'enfant (p.ex. (McLean et al., 2020)), mais il n'y a pas de synthèse des connaissances qui quantifie l'effet du SMP associé aux catastrophes naturelles sur le développement de l'enfant. Ces femmes ne sont certainement pas les premières ni les dernières à se questionner à ce sujet. Nul besoin d'expérimenter une catastrophe naturelle pour se demander si le vécu expérientiel de la grossesse se répercute d'une quelconque façon sur notre enfant : des situations plus communes comme des difficultés financières ou une grossesse non planifiée peuvent représenter des sources de stress non négligeable pour plusieurs femmes. Comme société, il est de notre devoir de s'intéresser aux facteurs pouvant influencer le développement de nos enfants, car ces derniers n'ont pas de contrôle sur la situation.

La population générale n'est pas consciente de l'effet du stress engendré par certaines situations, encore moins s'il s'agit d'événements dits « positifs » comme un mariage, une promotion au travail, un déménagement, alors que ces événements sont bel et bien des sources de stress. Même lors d'un événement catastrophique, certaines femmes semblent ignorer, ou peut-être même nier, les effets sur leur enfant à naître. Lors de notre visite à Fort McMurray, quelques mois après le feu de forêt, nous avons pu discuter avec des femmes qui ont vécu cette catastrophe alors qu'elles étaient enceintes. Une mère, qui était également infirmière, nous a dit qu'à aucun moment elle n'a pensé aux conséquences du stress pendant la grossesse sur le développement de son enfant. Elle a quitté sa maison seulement quand l'évacuation a été déclaré obligatoire. Si elle avait connu les conséquences de son stress sur le développement de son enfant, elle aurait peut-être décidé de fuir plus tôt. Notre rationnel est que si les femmes enceintes étaient conscientes des conséquences du SMP sur le développement de leur enfant, elles prendraient des décisions plus éclairées pour éviter ou gérer le stress qu'elles rencontrent pendant leur grossesse, pour se prémunir de son effet sur leur enfant à naître.

Cette thèse cherche donc à déterminer la pertinence d'informer les femmes enceintes des conséquences du SMP sur le développement de l'enfant. Pour ce faire, le premier article de cette thèse présente une revue méta-analytique sur les effets du SMP associé à une catastrophe naturelle sur le développement de l'enfant afin de quantifier cet effet sur les différentes sphères de développement. De plus, un sondage a été conduit auprès de mères de Fort McMurray et de Montréal pour évaluer leurs besoins informationnels à ce propos, c'est-à-dire, ce qu'elles connaissent du SMP et si elles auraient aimé en savoir davantage à ce sujet au cours de leur dernière grossesse.

En guise d'introduction, la théorie sur le SMP sera étayée. Une attention particulière sera offerte au modèle des catastrophes naturelles à titre de stresser, car il démontre l'impact isolé du SMP sur le développement global de l'enfant. Cette revue de la littérature quant aux informations transmises aux femmes enceintes pendant leur grossesse permet de mettre en lumière les différents facteurs influençant leurs besoins informationnels ainsi que l'absence de stratégie pour les informer au sujet du SMP.

### **Contexte théorique**

#### **Le contexte des catastrophes et les composantes du SMP**

La revue de littérature qui suit rapporte l'état des connaissances au sujet des conséquences du SMP sur le développement de l'enfant ainsi que la conclusion tirée du modèle des catastrophes naturelles à titre de stresser : le SMP pourrait influencer le développement de l'enfant à naître.

#### **Une définition du SMP**

Selon l'hypothèse de Barker (Barker, 1990), l'environnement prénatal de l'enfant prédit des conséquences à long terme pour son développement, se traduisant par un phénomène de programmation fœtale. Tout au long de la grossesse, des signaux issus du monde extérieur sont transmis à l'enfant par l'entremise de l'utérus et du placenta de la mère, ce qui peut générer une « réponse adaptative prédictive » (Bateson, Gluckman, & Hanson, 2014). Le problème que met en lumière l'hypothèse des origines développementales de la santé et des maladies (DOHaD) (Gluckman & Hanson, 2006) est que les caractéristiques développées en fonction des paramètres de l'environnement prénatal peuvent parfois se révéler problématiques dans l'environnement postnatal en raison d'un décalage entre ces derniers. Ainsi, le choc d'une catastrophe naturelle, un événement stressant temporaire et non représentatif de l'environnement postnatal général, pourrait engendrer chez le fœtus le développement d'un phénotype inadapté au monde postnatal réel.

Certaines études laissent également présager une relation curvilinéaire entre le niveau de SMP et les caractéristiques développementales de l'enfant (Laplante, Brunet, Schmitz, Ciampi, & King, 2008). Ainsi, des niveaux de SMP extrêmement faibles ou élevés engendreraient un développement moins optimal qu'un niveau modéré. L'effet du SMP ne se répercuterait pas seulement sur l'enfant à naître, mais serait transgénérationnel (Cao-Lei, Laplante, & King, 2016).

On retrouve des données probantes dans la littérature sur les conséquences du SMP sur la santé et le développement de l'enfant. Depuis plus de 70 ans, les chercheurs s'intéressent aux effets du SMP sur la progéniture animale et humaine. Déjà en 1944, le contexte de guerre a amené les chercheurs à se pencher sur l'effet du stress émotionnel vécu par les mères sur le faible poids à la naissance des nourrissons (Sontag, 1944). Le SMP aurait un impact sur les comportements de santé maternels, la physiologie de la mère et le placenta (Beijers, Buitelaar, & de Weerth, 2014).

Le SMP est défini de plusieurs façons dans la littérature. Dans les études humaines, il est mesuré de maintes manières : événements de vie stressants (p.ex. deuil du partenaire de vie, perte d'emploi), tracasseries quotidiennes, stress chronique, anxiété, dépression, stress lié à la grossesse (p.ex. préparation pour l'accouchement), exposition à une catastrophe naturelle ou humaine, stress lié à l'emploi ou à une occupation particulière, sécurité du quartier, ou discrimination raciale (Beydoun & Saftlas, 2008). Il est important de souligner que le type de SMP peut engendrer différentes conséquences sur l'enfant. Par exemple, l'anxiété pendant la grossesse serait associée à une plus courte période de gestation et à un risque de développer des problèmes neurodéveloppementaux tandis que le stress chronique, l'exposition au racisme et des symptômes dépressifs, seraient plutôt associés à un plus faible poids à la naissance (Schetter & Tanner, 2012).

Bon nombre de ces mesures de SMP sont associées à des caractéristiques de la mère qui peuvent être transmises génétiquement au fœtus, ce qui rend difficile l'isolement de l'effet du

« stress » en soi. Un facteur de stress « indépendant » peut cependant être utilisé pour distinguer les effets des difficultés objectives vécues par une femme et sa détresse psychologique relative à l'événement des traits de longue date de la mère.

### **Un stresser indépendant**

Le caractère expérimental des études animales rend possible la recherche sur le SMP indépendamment des caractéristiques de la mère. En d'autres mots, il permet d'isoler l'effet de cette seule variable tout en contrôlant l'influence de certaines autres qui sont propres à la mère telles que son tempérament et sa génétique. Ceci explique le grand attrait de la recherche sur le SMP dans le contexte de la survenue d'une catastrophe naturelle, car cette source de stress se distribue de façon quasi-aléatoire dans la population étudiée (Charil, Laplante, Vaillancourt, & King, 2010; Huizink, Mulder, & Buitelaar, 2004). Certains chercheurs ont tenté de s'intéresser aux composantes spécifiques expliquant les effets du SMP : les difficultés objectives, la détresse psychologique, l'évaluation cognitive et la réponse physiologique (King et al., 2015). Le groupe SPIRAL (Stress in Pregnancy International Research Alliance; [www.mcgill.ca/spiral](http://www.mcgill.ca/spiral)) regroupe une série de projets sur le SMP en contexte de catastrophe naturelle. Le Projet Verglas, le premier de cette série, est une étude prospective sur le développement d'enfants dont les mères ont vécu la crise de Verglas au Québec en janvier 1998 (King, Dancause, Turcotte-Tremblay, Veru, & Laplante, 2012). En plein hiver, la crise avait laissé des millions de Québécois et de Québécoises sans électricité sur des périodes pouvant atteindre plus de 40 jours. Le suivi des enfants a jusqu'aujourd'hui démontré des effets significatifs du SMP sur la santé et le développement des enfants de la petite enfance à l'adolescence (p.ex. (Cao-Lei et al., 2018)). Deux projets s'intéressant aux conséquences du SMP en contexte d'inondation ont par la suite enchaîné aux États-Unis en 2008 (Iowa Flood Study, (Dancause et al., 2015)), puis en 2017 (Hurricane Harvey

Flood Study, (Paquin et al., 2021) et en Australie en 2011 (Queensland Flood Study, (King et al., 2015)). Un autre projet canadien a débuté à Fort McMurray à la suite des feux de forêt ayant forcé l'évacuation des habitants en 2016 pour chercher à accroître la résilience chez les femmes enceintes par le biais d'une intervention non invasive (MommyBaby Study, (Olson et al., 2019)). Des projets aux devis similaires ont également été développés par d'autres équipes de recherche un peu partout à travers le monde (p.ex. Red River Flood Pregnancy Study, (Strahm et al., 2020)). Les données suggèrent que chacune des composantes du SMP engendre des conséquences particulières sur l'enfant.

### **Définitions des concepts**

Une première composante du SMP réfère aux difficultés objectives. Celles-ci se rapportent au niveau d'exposition à une source de difficultés potentiellement stressantes. Par exemple, une plus grande exposition aux difficultés objectives dues à une tempête de verglas prédirait un plus grand poids pendant l'enfance et l'adolescence (Liu, Dancause, Elgbeili, Laplante, & King, 2016) et une sécrétion plus élevée d'insuline pendant l'adolescence (Dancause, Veru, Andersen, Laplante, & King, 2013), tous deux des facteurs de risque de diabète. L'exposition à ces difficultés engendrerait également de plus faibles habiletés langagières et cognitives (King & Laplante, 2005). Les difficultés objectives lors d'un désastre comprennent différents aspects qui peuvent se regrouper sous quatre grands thèmes : la menace (p.ex. distance par rapport à la menace), la perte (p.ex. dommage à la propriété), la portée (p.ex. proportion du quartier affecté par l'événement) et le changement (p.ex. modification du niveau d'activité physique) qui caractérisent un événement (King & Laplante, 2015). Cette définition des difficultés objectives pourrait être utilisée dans d'autres situations, par exemple avec la mort du conjoint. La menace ne serait pas applicable dans ce cas. La mort du conjoint pourrait se traduire en termes de perte d'un soutien moral, d'un réseau

social, de revenus et d'autonomie. La portée de l'événement pourrait être mesurée grâce à la proportion des sphères de vie affectée par la mort du conjoint (p.ex. amour, amitié, famille, santé, loisirs, travail, finances, etc.). Le changement engendré par l'événement pourrait s'illustrer par l'adaptation à la monoparentalité, le changement de routine de sommeil, d'alimentation, d'activité physique, du nombre de tâches et de la charge mentale.

Une deuxième composante du SMP associé à un stresser important est la détresse psychologique. Elle fait référence aux sentiments d'anxiété et de déprime engendrés par l'événement stressant. Une plus grande détresse psychologique, aussi appelée subjective, prédirait une plus grande asymétrie dermatoglyphique chez les enfants, un trait plus prédominant chez les patients schizophrènes que la population normale (King et al., 2009). Une incongruence entre les difficultés objectives et la détresse psychologique de la mère prédirait une plus petite taille à la naissance chez l'enfant (Dancause et al., 2011). Dans le même ordre d'idée, la performance d'enfants à des tâches motrices serait relativement faible chez ceux dont la mère avait vécu une grande détresse psychologique, peu importe son niveau d'exposition à la tempête de verglas; cependant, la performance la plus faible se retrouverait chez les enfants dont les mères présentaient peu de détresse face à des difficultés très élevées (Cao, Laplante, Brunet, Ciampi, & King, 2014).

L'évaluation cognitive (Lazarus & Lazarus, 1991) est une troisième composante du SMP. Elle renvoie à la perception positive ou négative de l'individu par rapport à un événement stressant. Une évaluation négative de l'événement engendrerait des différences de méthylation de l'ADN au niveau de gènes impliqués dans le système immunitaire, l'obésité et le risque de diabète pour l'enfant (Cao-Lei et al., 2015).

Enfin, la réponse physiologique constitue la quatrième composante du SMP. L'hormone du stress par excellence est le cortisol. Le cortisol de la mère passerait à travers la barrière

placentaire pendant la grossesse, ce qui viendrait entraver le développement, entre autres, de l'axe HPS, du système limbique et du cortex préfrontal de l'enfant (Van den Bergh, Mulder, Mennes, & Glover, 2005). Un plus faible niveau de cortisol maternel à la suite d'une catastrophe naturelle serait associé à une plus grande asymétrie dermatoglyphique. Les empreintes digitales se développent pendant le second trimestre de la grossesse et à partir du même tissu ectodermale que d'autres structures cérébrales comme l'hippocampe. Une plus grande asymétrie dermatoglyphique pourrait ainsi signifier un plus grand risque pour des psychopathologies développementales comme la schizophrénie (King et al., 2009).

Une autre composante du SMP, qui est parfois utilisée comme médiateur dans certaines études, est le changement concernant la diète de la mère qui découle de son exposition à un événement stressant. Un changement négatif dans la qualité de l'alimentation engendré par une inondation serait associé à une plus grande circonférence de tête pour l'âge gestationnel chez l'enfant lorsque ce changement de diète survient tôt dans la grossesse (Dancause et al., 2017).

Le modèle transactionnel du stress (Lazarus & Folkman, 1984) illustre la relation entre les différentes composantes du SMP. La catastrophe naturelle représente la situation qui engendre des difficultés objectives. Ces difficultés peuvent avoir un effet sur l'alimentation de la femme et entraîner un changement de sa diète. La mère se demande d'abord « Y a-t-il une menace? ». Si oui, elle se pose ensuite la question « Est-ce que je peux faire face à la situation? ». Si la mère ne considère pas posséder les ressources nécessaires, elle perçoit l'événement comme une source négative de stress. Elle ressent alors de la détresse et une réponse physiologique y est associée. Chez la mère, la production et la sécrétion de glucocorticoïdes, dont le cortisol, augmente via l'axe hypothalamo-pituitaire-adrénalien (HPA). Une production trop élevée de cortisol peut avoir des



effets délétères sur le fœtus, car le cortisol peut traverser la barrière placentaire et affecter l'activité de l'axe HPA du fœtus. Cela peut avoir un effet sur son développement (Beijers et al., 2014).

### **Conséquences du stress**

Plusieurs revues de littérature ont été réalisées afin d'exposer les conséquences néfastes du SMP sur le développement de la progéniture. Les revues animales ont permis de tracer la voie aux études humaines en étayant de multiples mécanismes génétiques et biologiques sous-jacents impliqués dans la relation entre le SMP et les conséquences sur la progéniture (Huizink et al., 2004).

Des revues humaines ont démontré que le SMP engendrerait une variété de conséquences pour l'enfant. Au départ, les revues regroupaient plusieurs formes de stressseurs et de conséquences (p.ex. (Beydoun & Saftlas, 2008; Lupien, McEwen, Gunnar, & Heim, 2009; Talge, Neal, & Glover, 2007; Van den Bergh et al., 2005)). Puis, les études se sont spécialisées de plus en plus pour aborder un seul type de stressseur et ses multiples conséquences (p.ex. la dépression prénatale (Bonari et al., 2004; Field, 2011)) puis un seul type de conséquences associé à des stressseurs de plus en plus restreints (p.ex. les symptômes autistiques associés à l'exposition à des événements stressants (Kinney, Munir, Crowley, & Miller, 2008); les altérations épigénétiques associées à la dépression, à l'anxiété et à la détresse psychologique (Cao-Lei et al., 2020); les problèmes d'hyperactivité et d'autorégulation associés à l'anxiété et le stress maternel (Korja, Nolvi, Grant, & McMahon, 2017); les maladies allergiques associées à plusieurs mesures de stress auto-rapportées et des événements de vie stressants comme la mort d'un conjoint (Suh, Chang, Lee, Yang, & Hong, 2017) et les fausses couches associées à la détresse psychologique (Qu et al., 2017)). Certaines méta-analyses ont tenté d'identifier l'effet des différentes composantes du SMP. La façon dont les difficultés objectives ont parfois été définies peut cependant nous porter à croire

qu'elles ne sont pas complètement indépendantes des caractéristiques personnelles de la mère comme sa personnalité, ses dynamiques interpersonnelles, sa famille ou ses antécédents de santé. La mort du conjoint ou d'un proche, la violence conjugale et des événements de vie stressants comme un diagnostic de maladie sévère (Manzari, Matvienko-Sikar, Baldoni, O'Keeffe, & Khashan, 2019), une perte d'emploi, des problèmes financiers, une séparation ou un divorce (Burgueño, Juarez, Genaro, & Tellechea, 2020) étaient considérés comme des difficultés objectives. D'autres méta-analyses n'ont pas fait la distinction entre l'effet des catastrophes naturelles et humaines dans leurs analyses (Bussieres et al., 2015). Des événements comme les attentats du 11 septembre 2001 peuvent cependant ajouter une composante émotionnelle que l'on ne retrouve dans les catastrophes naturelles : la colère à l'égard d'un individu ou d'un groupe (p.ex. les terroristes) (Small, Lerner, & Fischhoff, 2006). Les récessions économiques sont un autre exemple de facteur de stress à distinguer et pour lequel un effet positif sur le développement de l'enfant a été trouvé. Des taux de chômage plus élevés réduisent le taux de très faible poids à la naissance et de mortalité néonatale. Cet effet s'expliquerait par certains mécanismes sous-jacents comme la réduction de la pollution, mais cette piste de recherche reste à explorer (van den Berg, Paul, & Reinhold, 2020).

Certaines conclusions peuvent être tirées à partir de ces données. De façon générale, le SMP est associé à des conséquences néfastes chez l'enfant. Différents paramètres entrent dans l'équation du SMP à titre de prédicteurs de différents résultats sur la santé et le développement de l'enfant. Par exemple, plus le degré de SMP est sévère, pire seraient les conséquences sur l'enfant (Van den Bergh et al., 2005; Van den Bergh et al., 2020). En plus de la sévérité du stress, un plus grand nombre d'événements stressants pendant la grossesse serait associé à plus de symptômes

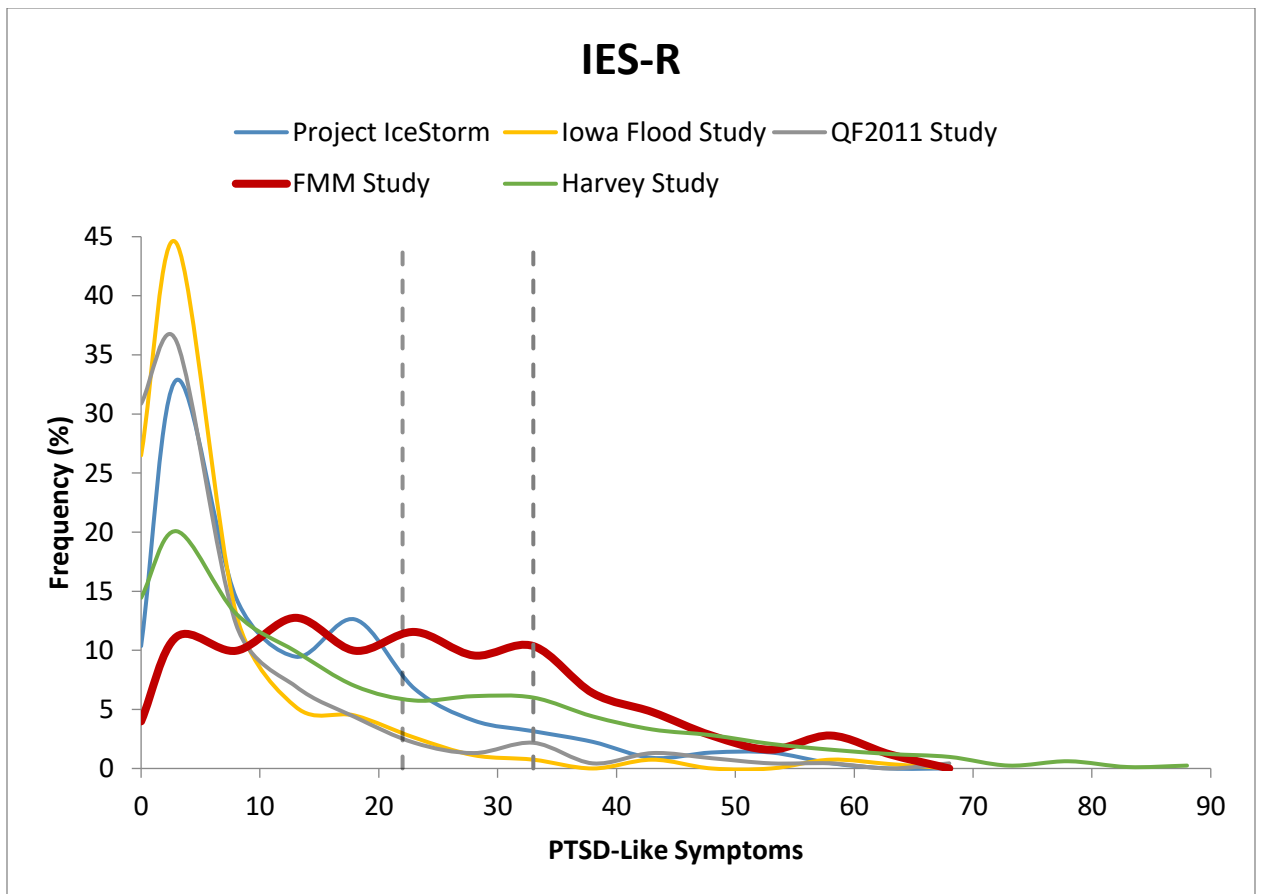
autistiques, d'hyperactivité et d'inattention pendant l'enfance (Ronald, Pennell, & Whitehouse, 2011).

Les chercheurs s'intéressant aux effets du SMP associé à des catastrophes naturelles ont cumulé les études suggérant une association entre ce stress et les caractéristiques à la naissance (Dancause et al., 2017) ainsi que le développement cognitif (Laplante, Hart, O'Hara, Brunet, & King, 2018), moteur (Simcock, Laplante, Elgbeili, Kildea, & King, 2018), physique (Kroska et al., 2018), socio-émotionnel (Lequertier, Simcock, Cobham, Kildea, & King, 2019) et comportemental (Yong Ping et al., 2020) de l'enfant. L'effet du SMP global et de chacune de ses composantes – i.e. les difficultés objectives, la détresse psychologique, l'évaluation cognitive et la réponse physiologique – sur les différentes sphères de développement n'a cependant pas encore été quantifié à ce jour.

### **Effet du type de catastrophe naturelle**

L'effet du SMP sur le développement de l'enfant a été étudié en contexte de différentes catastrophes naturelles : tempête de verglas (Laplante et al., 2004), inondation (King et al., 2015), tremblement de terre (Cai et al., 2017), cyclone (Pomer et al., 2018). Ces catastrophes peuvent chambouler la vie des femmes enceintes de différentes façons. Un tremblement de terre a un caractère imprévisible et soudain, en plus d'être le type le plus meurtrier de catastrophe naturelle (Ritchie & Roser, 2014). Une tempête de verglas survient pendant l'hiver et les pannes de courant peuvent donc mettre la femme enceinte et l'enfant à naître à risque d'être affecté par le froid (Yong Ping et al., 2020). L'effet distinctif de ces différents désastres n'a pas été déterminé jusqu'à maintenant. Le groupe SPIRAL a étudié le niveau de stress engendré par une tempête de verglas, deux inondations, un feu de forêt et un ouragan. La figure 1 présente les niveaux de symptômes de stress post-traumatiques retrouvés chez les femmes des différentes études. Les niveaux les plus

élevés se retrouvent chez les femmes qui ont vécu le feu de forêt pendant leur grossesse (FMM). Les niveaux les plus bas, quant à eux, se retrouvent chez celles ayant vécu les inondations (Iowa, QF2011, Harvey). Bien que les difficultés objectives puissent se ressembler d'une catastrophe à l'autre, elles varient tout de même. C'est pourquoi les items des questionnaires de difficultés objectives sont adaptés selon le désastre. Une question qui était spécifiquement posée aux participantes de Fort McMurray est « Après avoir pris la route pour quitter la ville, combien de temps vous a-t-il fallu pour dépasser le feu de forêt où vous ne pouviez plus voir les flammes ? ». Comme chaque type de catastrophe naturelle est associé à des formes et des niveaux de stress spécifiques, nous posons l'hypothèse qu'il serait possible de retrouver des conséquences différentes et variables en termes de gravité chez les enfants.



*Figure 1.* Niveaux de symptômes de stress post-traumatiques retrouvés chez les femmes des différentes études.

### **Effet du type de rapport**

Lors de la mesure de caractéristiques chez l'enfant, différents informateurs sont sondés. Les parents sont souvent interpellés pour fournir des observations au sujet de leur enfant, car ils ont l'opportunité d'être témoins de plusieurs de leurs comportements dans des contextes variés et pour de longues périodes de temps. Les antécédents de symptômes dépressifs, d'anxiété et de toxicomanie au cours de la vie des mères ne biaiserait pas significativement l'évaluation du tempérament de leur enfant (Olino, Guerra-Guzman, Hayden, & Klein, 2020). Les symptômes psychopathologiques de la mère ne constitueraient pas non plus une source de biais systématique et significatif dans leur évaluation des problèmes émotionnels et comportementaux de leur enfant (Olino, Michelini, Mennies, Kotov, & Klein, 2021). Les études réalisées à ce jour se sont cependant seulement intéressées aux mères comme source d'information. Un examen de plusieurs informateurs pourrait révéler des sources additionnelles de biais chez les mères, lorsque comparées à des observateurs tiers ou encore des données médicales.

### **Effet du moment d'exposition**

Le moment où survient le stress pendant la grossesse (préconception, 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> trimestres) influence le type de conséquences sur la santé et le développement de l'enfant. Les études animales suggèrent que le moment d'exposition au stress puisse être l'un des facteurs modérateurs les plus importants des effets sur le fœtus. Étant donné que la différenciation cellulaire des structures ne se produit pas au même moment pendant le développement du fœtus, l'exposition au stress lors du 1<sup>er</sup>, du 2<sup>e</sup> ou du 3<sup>e</sup> trimestre pourrait avoir un impact particulier (Beydoun & Saftlas, 2008; Charil et al., 2010; Veru, Dancause, Laplante, King, & Luheshi, 2015). Une revue de littérature animale

a révélé l'effet modérateur du moment d'exposition au SMP par rapport à la fonction immunitaire en ce qui a trait au nombre de lymphocytes, à la fonction des cellules tueuses naturelles et la prolifération induite par mitogènes (Veru, Laplante, Luheshi, & King, 2014). Les études humaines rapportent que les effets du SMP reposent sur le moment d'exposition in utero et sur la sensibilité des organes et des systèmes qui se développent pendant cette période de vulnérabilité précise dans le temps (Dancause et al., 2011; Roseboom et al., 2001). Par exemple, les difficultés objectives d'une mère dues à une inondation auraient un effet significatif sur le développement cognitif de l'enfant si son exposition à la catastrophe survenait entre la 5<sup>e</sup> et la 30<sup>e</sup> semaine de grossesse (Moss et al., 2017). Une autre étude suggère que l'association entre l'exposition à une tempête de verglas et l'âge d'apparition des menstruations chez les filles serait médiée par l'indice de masse corporelle de l'enfant à l'âge de 5 ½ ans, et ce, que l'exposition à la catastrophe ait lieu avant la conception ou lors de la grossesse (Duchesne, Liu, Jones, Laplante, & King, 2017). Un SMP survenu avant la conception de l'enfant pourrait donc être associé à certaines sphères du développement de l'enfant.

### **Effet à long terme**

Le SMP a un effet à long terme sur le développement de l'enfant. Les études humaines et animales suggèrent des effets du SMP chez la progéniture tout au long de sa vie (Darnaudery & Maccari, 2008; Lupien et al., 2009; Roseboom et al., 2001). Par exemple, de plus grandes difficultés objectives associées à une tempête de verglas prédiraient un plus grand indice de masse corporelle chez les enfants à l'âge de 5½, 8½, 11½, et 15½ ans et un plus grand rapport entre le poids et la taille à l'âge de 8½, 11½, 13½ et 15½ ans (Liu et al., 2016). Dans le même ordre d'idées, une plus grande détresse psychologique associée à une tempête de verglas serait associée à des problèmes internalisés à l'âge de 4 ans, puis 11½ ans, mais seulement lorsque le niveau des difficultés objectives et l'humeur de la mère sont contrôlés (McLean et al., 2018). Il n'est

cependant pas clair si l'effet du SMP se répercute sur toutes les sphères de développement pendant l'enfance et l'adolescence.

### **Un facteur de risque pour la santé des enfants : la nécessité d'élaborer une stratégie de transfert des connaissances**

Comme il a été présenté ci-haut, la littérature au sujet des conséquences du SMP abonde. La section qui suit vise d'abord à vérifier si ces dites connaissances sont transmises à ses potentielles bénéficiaires, les femmes enceintes. L'évaluation du contexte informationnel des femmes enceintes permet de dresser les facteurs à considérer dans le développement d'une stratégie de transfert de connaissances (TC) pour que les informations au sujet du SMP parviennent au public cible. Pour ce faire, la revue de littérature qui suit permet de définir ce qu'est le TC, puis de déterminer quelle serait la source d'information à privilégier pour faire ce TC, les motivations des femmes enceintes à s'informer ainsi que les connaissances, les attitudes et les comportements de ces dernières vis-à-vis les comportements et situations à risque pendant la grossesse. Enfin, l'état émotionnel dans lequel se trouvent les femmes enceintes est un élément à considérer pour éviter d'encore plus les stresser en implantant une stratégie de TC portant sur les risques associés au SMP.

#### **Une définition du TC**

Le TC permet l'intégration des résultats de la recherche aux politiques et aux pratiques. Le TC repose sur un système complexe de relations entre les chercheurs et les utilisateurs des connaissances (Schillinger, 2010). Il englobe une multitude d'activités et de mécanismes interactifs qui supportent un processus de partage de savoirs entre différents acteurs issus d'environnements organisationnels différents (Lemire, Souffez, & Laurendeau, 2013). Il passe par la synthèse, la dissémination, la mise en application éthique et l'appropriation des connaissances

les plus récentes possible pour permettre leur utilisation par les professionnels et les administrateurs du domaine de la santé (Lemire et al., 2013; Schillinger, 2010). Pour assurer l'efficacité du processus de TC, seuls les résultats de la recherche ayant été répliqués ou ayant fait l'objet de synthèses devraient être transférés à des utilisateurs crédibles auprès des bénéficiaires potentiels des connaissances (Grimshaw, Eccles, Lavis, Hill, & Squires, 2012). Pour garantir ce critère, une revue systématique de la littérature au sujet des conséquences du SMP associé aux catastrophes naturelles et une évaluation des besoins informationnels des femmes enceintes devrait être réalisée.

### **Sources d'information**

Les femmes enceintes sont bombardées par diverses sources d'informations de conseils, de recommandations et de meilleures pratiques pendant la grossesse quant à l'alimentation, l'activité physique ainsi que la consommation d'alcool et de drogues. Les experts (p.ex. docteurs et sages-femmes) sont les sources d'information en qui les femmes enceintes ont le plus confiance (House & Coveney, 2013). Les principales sources d'information des femmes enceintes pendant leur grossesse sont d'abord les professionnels de la santé, puis les livres, leur grossesse antérieure, les membres de leur famille, Internet et les classes prénatales (Kingston & Chalmers, 2009). Selon un sondage conduit par Da Costa et ses collègues (2015) auprès de 74 femmes enceintes ou ayant donné naissance récemment, les trois sources d'information préférées utilisées par les femmes enceintes pendant leur grossesse pour obtenir de l'aide ou des conseils liés à la gestion du stress et à l'amélioration de leur humeur sont leur médecin ou un autre professionnel de la santé, un programme ou un conseil fourni par Internet et les dépliants d'information. Cette étude rapporte également que les femmes enceintes dépensent jusqu'à six heures par semaine sur Internet pour obtenir des renseignements au sujet de leur grossesse. Enfin, selon les résultats de ce sondage, la



plupart des femmes (85,1%) rapportent que leur médecin n'a pas discuté de l'importance de la gestion du SMP (Da Costa et al., 2015).

L'Agence de la santé publique du Canada produit un guide pour les femmes enceintes. Ce guide a été révisé en 2021 en pleine pandémie mondiale de COVID-19. Un chapitre est dédié à la santé émotionnelle de la femme. Le guide recommande aux femmes de préconiser une saine alimentation et de faire de l'activité physique pour améliorer leur santé émotionnelle, d'exprimer leurs pensées et leurs sentiments à une personne de confiance, de reconnaître les symptômes laissant présager une dépression et d'en parler à un fournisseur de soin le cas échéant. Cette nouvelle édition ne mentionne par contre plus d'éviter les sources de stress comme de nouvelles responsabilités au travail (Agence de la santé publique du Canada, 2011), mais recommande maintenant de consulter un fournisseur de soin au sujet de la prise de médicaments pendant la grossesse et sensibilise au sujet du soutien pouvant être fourni par le partenaire au cours de la grossesse pour réduire le stress de la mère (Agence de la santé publique du Canada, 2021). Cependant, les potentielles conséquences du SMP sur la santé et le développement de l'enfant ne sont pas présentées dans le guide alors que c'est le cas pour les aliments risqués, une carence en acide folique, la consommation d'alcool, le tabagisme et le vapotage, la consommation de cannabis, la parodontite, l'activité physique qui engendre des risques de chute ou de contact avec d'autres personnes et les infections transmissibles sexuellement. Au niveau provincial, l'Institut national de santé publique du Québec fournit également un guide aux femmes enceintes (Mieux vivre avec notre enfant de la grossesse à deux ans) (Doré & Le Hénaff, 2021). Ce guide a lui aussi été révisé pendant la pandémie. Un chapitre présente les changements émotionnels chez la femme enceinte au cours de la grossesse. Sa présente édition informe les femmes enceintes que leur professionnel de la santé leur demandera lors de leur première consultation de suivi de

grossesse s'il y a des sources de stress dans leur vie, et quelle en est la nature, mais le rationnel derrière cette question n'est pas présenté. Les différentes émotions pouvant être vécues par la femme enceinte y sont également normalisées. Encore une fois, les conséquences associées au SMP n'y sont pas exposées. Enfin, un autre exemple provincial est celui des Services de santé de l'Alberta qui offre un guide pratique pour la grossesse et le parentage qui est également disponible sous forme de site web (Alberta Health Services, 2019). Une section y est dédiée à l'importance d'avoir un corps et un esprit sain. Le guide présente les changements de santé mentale pouvant survenir au cours de la grossesse, les symptômes associés à la dépression et à l'anxiété à surveiller ainsi que les stratégies pour s'adapter au stress pendant la grossesse. Les conséquences du SMP n'y sont pas non plus mentionnées.

### **Motivation à s'informer**

Bien que les femmes enceintes veuillent obtenir le plus d'information possible pour être capables de s'adapter aux éventualités de la grossesse, elles ne semblent pas s'informer au sujet du SMP. Une étude de Singh et ses collègues (2002) réalisée sur un échantillon de 702 femmes primipares enceintes révèle que l'ensemble de celles-ci présentaient des besoins informationnels insatisfaits au sujet de la maternité de façon générale (p.ex. choix des services de soins obstétricaux, adaptation à la fatigue, médicaments à éviter, changements d'humeur, prestations de maternité, lieux de rencontre avec d'autres femmes enceintes). Ce sont les jeunes mères et celles qui sont issues du groupe socioéconomique le plus faible qui montreraient le plus grand intérêt à recevoir de l'information au sujet de leur grossesse. Pour faciliter l'accès à de l'information fiable et répondre aux besoins des femmes enceintes, les auteurs de cette étude suggèrent que l'unité de maternité des établissements de santé possède une stratégie d'information et de support à cet effet (Singh, Newburn, Smith, & Wiggins, 2002). La motivation la plus présente chez les femmes

enceintes à utiliser les services de soins de la santé pendant la grossesse est qu'il s'agit d'une opportunité pour obtenir de l'information pour avoir un bébé en santé (Heaman et al., 2014). Selon l'étude de Da Costa et ses collègues (2015), les femmes enceintes considèrent que l'information qui a trait à la diète et aux exercices recommandés pendant la grossesse est la plus importante pour améliorer leur bien-être émotionnel et accroître les comportements de santé pendant la grossesse. Ces sujets sont jugés plus importants que d'autres sujets psychosociaux incluant le stress, la dépression et l'anxiété. Concernant le domaine psychosocial, cette même étude rapporte que ce qui intéresse le plus les femmes enceintes est de recevoir des conseils pour obtenir de l'aide de la part de leur réseau de soutien, de l'information par rapport à la dépression pendant la grossesse et des stratégies pour améliorer une humeur dépressive. Ce sondage révèle également que certaines barrières retiennent les femmes enceintes de chercher de l'aide par rapport à leur bien-être émotionnel et les comportements de santé : un manque de ressources dans le système de santé, un manque de temps, le sentiment de devoir se débrouiller toute seule, une réticence à l'idée de parler aux autres de son humeur et de son anxiété, une réticence de la part de la famille et des amis à parler des aspects émotionnels de la grossesse et une peur du jugement des autres. En ce sens, l'étude de Da Costa et ses collègues (2015) rapporte que les femmes enceintes font surtout confiance à leur famille, leurs amis et Internet pour améliorer leur humeur et leurs anxiétés (Da Costa et al., 2015).

De façon générale, la plupart des femmes rapportent qu'un manque d'information au sujet de leur santé les inquiète. Recevoir de l'information réduit leur anxiété, leur stress et leurs peurs, en plus de leur amener un sentiment de paix et de satisfaction. Il s'agit d'une stratégie de gestion du stress efficace (Nasrabadi, Sabzevari, & Bonabi, 2015). Cependant, le style de recherche d'information pourrait expliquer pourquoi certaines femmes ne posent pas de question à ce sujet.

En effet, certaines personnes que l'on qualifie de « *blunter* » préfèrent recevoir moins d'information pour se sentir en contrôle de leur santé (Miller & Mangan, 1983). Par exemple, certaines femmes deviennent plus anxieuses par rapport au bien-être de leur enfant en s'informant lorsqu'elles viennent à identifier chez elles certains risques pour leur grossesse (Singh et al., 2002). La quantité et le type d'information que les patients désirent obtenir varient largement d'une personne à l'autre (Kiesler & Auerbach, 2006). Il est ardu pour les professionnels de la santé de s'adapter aux besoins informationnels des femmes enceintes au sujet de la grossesse. Certaines femmes ne désirent pas en savoir autant que ce que les professionnels voudraient leur enseigner alors que d'autres n'ont pas le bagage nécessaire pour comprendre certaines notions plus complexes. Il revient donc souvent au professionnel lui-même d'évaluer ce que la femme connaît déjà, ce qu'elle a besoin de savoir et de trouver la meilleure façon d'informer la femme pour qu'elle en apprenne suffisamment pour prendre une décision éclairée (Freda, 2004). Selon le modèle des croyances relatives à la santé, les femmes enceintes pourraient entreprendre un changement de comportement si elles perçoivent que leur santé ou celle de leur enfant est à risque, si elles croient que leur action peut réduire ce risque ou la sévérité des conséquences qui y sont associées, si elles jugent que les bénéfices surpassent les barrières associées au changement de comportement et si elles croient en leur capacité à entreprendre ce changement (Green, Murphy, & Gryboski, 2020). Avant toute chose, pour arriver à cette prise de décision, il faudrait donc savoir si les femmes enceintes connaissent les conséquences du SMP sur la santé et le développement de l'enfant.

### **Connaissances, attitude et comportements envers le risque**

Plusieurs études se sont intéressées à savoir si les femmes enceintes connaissaient les conséquences négatives associées à certains comportements risqués pendant la grossesse. Les études au sujet des effets de la consommation de cannabis en sont encore à leur balbutiement dans

la littérature, mais deviennent de plus en plus essentielles en raison de la légalisation du produit dans plusieurs pays au cours des dernières années. L'effet global et quantifiable de cette substance sur le développement de l'enfant n'a pas encore été déterminé aujourd'hui comme c'est le cas avec le SMP associé aux catastrophes naturelles. Une étude américaine de Jarlenski et ses collègues (2016) a mis de l'avant l'insatisfaction des femmes enceintes en ce qui a trait aux informations qu'elles recevaient de la part des professionnels de la santé au sujet des effets de la consommation de cannabis pendant la grossesse. Dans cette étude, les femmes rapportaient recevoir des informations contradictoires lors de discussions avec leur entourage ou lors de leurs recherches sur Internet (Jarlenski, Tarr, Holland, Farrell, & Chang, 2016). Une revue intégrative de la littérature de Bayrampour et ses collègues (2019) a mis en lumière que l'incertitude au sujet des conséquences néfastes associées au cannabis contribue à sa consommation pendant la grossesse. Cette revue conclut que la communication à ce sujet est clairement déficitaire entre les professionnels de la santé et les femmes enceintes. De plus, le manque de conseils reçus à ce sujet est interprété par les femmes enceintes comme une indication que ces effets ne sont pas significatifs (Bayrampour, Zahradnik, Lisonkova, & Janssen, 2019). Ces études font ressortir l'importance de pouvoir offrir aux femmes enceintes des informations claires par rapport aux facteurs de risque pendant la grossesse, encore plus si des idées floues en lien avec ces derniers circulent déjà dans la population générale, comme c'est le cas avec le SMP.

D'autres études portant sur les connaissances au sujet des risques associés à certains comportements au cours de la grossesse (p.ex. la prise d'anti-inflammatoire non stéroïdien, l'exposition au VIH/SIDA, la consommation de poisson) suggèrent que les femmes plus jeunes (Damase-Michel, Christaud, Berrebi, Lacroix, & Montastruc, 2009), moins éduquées (Damase-Michel et al., 2009; Dumas, Toutain, Hill, & Simmat-Durand, 2018; Ho & Loke, 2003; Sinikovic,

Yeatman, Cameron, & Meyer, 2009) et ayant un revenu plus faible (Sinikovic et al., 2009) seraient moins informées. Une étude sur les comportements de recherche d'information des femmes enceintes rapporte que celles qui sont mariées ou engagées et qui se sentent aimées et valorisées dans leur relation ont tendance à chercher plus d'informations que celles qui sont célibataires (Guillory et al., 2014). Il reste à déterminer si le soutien social est associé au niveau de connaissances des femmes enceintes. Une étude s'intéressant à la consommation de poisson comme comportement à risque pendant la grossesse suggère que le nombre de grossesses antérieures n'est pas associé au niveau de préoccupation des femmes à ce sujet (Sinikovic et al., 2009). Le fait d'avoir déjà été enceinte ne rassurerait donc pas les mères par rapport à certains facteurs de risques. Cette même étude rapporte que le niveau de contrôle que peuvent exercer les femmes par rapport à une situation pouvant se révéler problématique au cours de la grossesse est inversement proportionnel à leur niveau de préoccupation à ce sujet. Selon les auteurs, un comportement qui peut être modifié au cours la grossesse ou lors de la planification de cette dernière (p.ex. consommation de drogue, d'alcool et de poisson) est moins préoccupant qu'un événement que la femme ne peut pas vraiment maîtriser (p.ex. accouchement et naissance de l'enfant). Cette même différenciation pourrait caractériser la relation entre le niveau de connaissances des femmes et leur niveau de préoccupation au sujet d'un facteur de risque pendant la grossesse selon le fait qu'il est contrôlable ou non. Par exemple, bien que les femmes enceintes qui sont largement informées au sujet des risques et bénéfices de la consommation de poisson ont tendance à rapporter des niveaux de préoccupation plus faibles, il est possible que plus de connaissances au sujet des conséquences d'un événement qu'elle ne peut contrôler, comme une catastrophe naturelle, la préoccupent davantage. L'incertitude et l'imprévisibilité pourraient faire en sorte que certaines préfèrent ne pas recevoir d'informations sur un facteur de stress qu'elles ne

pourraient pas éviter à l'avenir; alors que d'autres pourraient essayer d'obtenir autant d'informations que possible afin de se préparer à l'éventualité d'une catastrophe naturelle pendant leur grossesse.

Une étude s'intéressant aux connaissances des femmes enceintes en ce qui a trait aux risques associés au transport aérien suggère que les femmes ayant voyagé en avion pendant leur grossesse présentaient davantage de connaissances (75,3%) en ce qui concerne leur risque de souffrir de caillots de sang dans les jambes et les poumons, soit une thromboembolie veineuse, que les femmes n'ayant pas voyagé au cours de leur grossesse (49,1%) (Kingman & Economides, 2003). Cette étude suggère que l'expérience d'un comportement à risque au cours de la grossesse pourrait être associée à une meilleure connaissance de ce sujet. On pourrait ainsi se demander si le fait de vivre une catastrophe naturelle pendant la grossesse pourrait également être associé à une meilleure connaissance au sujet des conséquences du SMP associé à une catastrophe naturelle. Une autre étude rapporte que les femmes qui consommaient de l'alcool avant d'être enceintes sont plus conscientes des risques associés à la consommation d'alcool pendant la grossesse que les femmes ne consommant pas (Dumas et al., 2018). Encore une fois, ceci suggère que l'expérience d'un comportement à risque améliore la connaissance à ce sujet.

Bref, aucune étude ne s'est encore intéressée à savoir si les femmes enceintes connaissaient les potentielles conséquences négatives du SMP et si elles voulaient en connaître davantage à ce sujet. L'exposition à une catastrophe naturelle au cours de la grossesse constitue un facteur de risque particulier, car il ne s'agit pas d'un comportement volontaire comme les autres cas de figure présentés ci-haut. La source de stress n'est souvent pas contrôlable ou évitable. De plus, la simple divulgation d'informations à ce sujet pourrait engendrer un stress additionnel indésirable auprès des femmes enceintes. En raison de l'impact que pourrait avoir cette information délicate, il est important de faire bien comprendre la situation émotionnelle des femmes pendant leur grossesse.

## **Sentiments vécus au cours de la grossesse**

Des entrevues menées auprès de 19 femmes primipares tout au long de leur grossesse par Leifer (1977) révèlent que les femmes vivent des changements affectifs pendant leur grossesse comme une augmentation de leur anxiété par rapport au fœtus qui reflèterait la formation du lien d'attachement maternel. Toujours selon Leifer (1977), les femmes sont préoccupées par le déroulement de leur grossesse. Pendant les premiers mois de la grossesse, les femmes auraient peur de faire une fausse couche ou que le bébé présente des malformations. De façon générale, le développement d'un rôle de responsable et de protectrice du fœtus motiverait les femmes à maintenir une bonne diète et à éviter les drogues. Les résultats des entrevues suggèrent également qu'après avoir ressenti les premiers mouvements du fœtus, les femmes s'inquièteraient moins des risques d'une fausse couche, mais plus du développement normal du fœtus. Enfin, pendant le dernier trimestre, l'anxiété concernerait la future mère elle-même ainsi que l'accouchement (Leifer, 1977). D'autres entrevues, cette fois menées auprès de 20 femmes (10 primipares et 10 multipares) ayant récemment accouché, par Melender et Lauri (1999) vont dans le même sens et soutiennent que les peurs les plus importantes des femmes enceintes sont associées à la santé du bébé (Melender & Lauri, 1999).

Plusieurs auteurs se sont intéressés au stress spécifique à la grossesse. Il n'existe pas encore de consensus quant à sa définition, ce qui explique la multitude de mesures de ce concept (Alderdice, Lynn, & Lobel, 2012). Par exemple, certains auteurs suggèrent qu'il existerait un syndrome d'anxiété propre à la grossesse qui regrouperait trois principaux facteurs : peur d'accoucher, peur de porter un enfant handicapé et préoccupation au sujet de son apparence (Huizink et al., 2004). Outre ce stress spécifique à la grossesse, les femmes enceintes d'aujourd'hui



présentent plus de symptômes d'anxiété qu'il y a 30 ans selon une étude australienne comparant les données de plus de 8900 femmes enceintes (Kingsbury et al., 2017).

L'examen de la littérature suggère donc que bien que les écrits scientifiques regorgent d'informations au sujet des effets néfastes du SMP, il n'est pas clair si les femmes enceintes sont informées à ce sujet. Nous savons qu'il existe un immense fossé entre le monde de la recherche scientifique et des producteurs de connaissances ainsi que celui de la pratique clinique et des utilisateurs de connaissances (Ubbink, Guyatt, & Vermeulen, 2013). La nécessité de développer un pont entre ces connaissances et leurs bénéficiaires potentielles serait plus que pertinente. Cependant, informer les femmes enceintes sans considérer les conséquences de ce genre d'information pourrait avoir comme effet de les stresser encore davantage, ce qui serait contre-productif. Ceci est une préoccupation qui incombe au domaine du TC.

### **Position du problème**

Alors que les articles au sujet des effets négatifs du SMP associés aux catastrophes naturelles sur la santé et le développement de l'enfant ne cessent de se cumuler au fil des années, il n'y a pas de synthèse des connaissances qui quantifie l'effet du SMP associé aux catastrophes naturelles sur le développement de l'enfant. Nous ne connaissons pas non plus les besoins informationnels des femmes enceintes à ce sujet. De façon plus précise, nous ne savons pas ce que les femmes enceintes connaissent ni si elles sont intéressées à en apprendre davantage à ce sujet.

### **But**

Le but de cette thèse consiste à déterminer la pertinence d'informer les femmes enceintes des conséquences du SMP associé à une catastrophe naturelle sur le développement de leur enfant. Ultimement, nous tentons de déterminer comment informer les femmes enceintes à ce sujet sans les stresser davantage.

## Objectifs de recherche

La thèse se décline en deux objectifs généraux. Le premier est de quantifier l'effet du SMP associé aux catastrophes naturelles sur le développement de l'enfant. Nous pourrions ainsi déterminer l'effet du SMP associé aux catastrophes naturelles sur le développement et sur différentes sphères du développement de l'enfant (p.ex. caractéristiques à la naissance, cognitive, motrice, physique, socio-émotionnelle et comportementale). Nous pourrions également trouver l'effet de différentes variables modératrices dans l'association entre le SMP associé aux catastrophes naturelles et le développement de l'enfant, soit le type de composante du stress (p.ex. difficultés objectives, détresse psychologique, évaluation cognitive, réponse physiologique et changement de diète), le type de catastrophe naturelle (p.ex. tempête de verglas, inondation, tremblement de terre), le moment d'exposition de la mère à la catastrophe (p.ex. préconception, 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> trimestre), le type de rapport (p.ex. maternel, observateur tiers, données médicales) et l'âge de l'enfant au moment de l'évaluation de son développement. Pour ce faire, une revue méta-analytique est réalisée au sujet des conséquences du SMP associé à des catastrophes naturelles sur le développement de l'enfant. Cette revue systématique de la littérature permet de recenser les articles sur le sujet. Une méta-analyse a servi à quantifier l'effet global du SMP sur différentes sphères du développement de l'enfant et des méta-régressions ont été employées pour démontrer l'effet des modérateurs sur l'association entre le SMP et le développement de l'enfant.

Le deuxième objectif consiste à déterminer les besoins informationnels des femmes enceintes en lien avec les conséquences du SMP associées à une catastrophe naturelle sur le développement de l'enfant. La visée de cet objectif est de déterminer l'état des connaissances des femmes enceintes à ce sujet, savoir si elles auraient voulu en savoir davantage à ce propos au cours de leur dernière grossesse et déterminer l'effet des caractéristiques personnelles des femmes (p.ex. âge,

éducation, revenu, nombre de grossesses précédentes, soutien social, avoir vécu une catastrophe naturelle ou non) sur leur état de connaissances et leur désir d'en avoir su davantage au sujet du SMP au cours de leur dernière grossesse. Pour parvenir à cette fin, nous avons sondé les besoins informationnels de deux cohortes de femmes, l'une ayant vécu une catastrophe naturelle et l'autre, non, par l'entremise d'un questionnaire.

## Références

- Agence de la santé publique du Canada. (2011). *Le guide pratique d'une grossesse en santé*. (HP5-33/2011F). Ottawa, ON, Canada Retrieved from <http://www.phac-aspc.gc.ca/hp-gs/pdf/hpguide-fra.pdf>.
- Agence de la santé publique du Canada. (2021). *Votre guide pour une grossesse en santé*. (HP35-133/2020F). Ottawa, ON, Canada Retrieved from <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/documents/services/health-promotion/healthy-pregnancy/guide-grossesse-sante.pdf>.
- Alberta Health Services. (2019). *Healthy parents, healthy children: pregnancy and birth*. Retrieved from <https://www.healthyparentshealthychildren.ca/im-pregnant/overview-of-pregnancy/mental-health>.
- Alderdice, F., Lynn, F., & Lobel, M. (2012). A review and psychometric evaluation of pregnancy-specific stress measures. *J Psychosom Obstet Gynecol*, 33(2), 62-77. doi:10.3109/0167482X.2012.673040
- Barker, D. J. (1990). The fetal and infant origins of adult disease. *Br Med J*, 301(6761), 1111. doi:10.1136/bmj.301.6761.1111
- Bateson, P., Gluckman, P., & Hanson, M. (2014). The biology of developmental plasticity and the Predictive Adaptive Response hypothesis. *J Physiol*, 592(11), 2357-2368. doi:10.1113/jphysiol.2014.271460
- Bayrampour, H., Zahradnik, M., Lisonkova, S., & Janssen, P. (2019). Women's perspectives about cannabis use during pregnancy and the postpartum period: An integrative review. *Prev Med*, 119, 17-23. doi:10.1016/j.ypmed.2018.12.002
- Beijers, R., Buitelaar, J. K., & de Weerth, C. (2014). Mechanisms underlying the effects of prenatal psychosocial stress on child outcomes: beyond the HPA axis. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 23(10), 943-956. doi:10.1007/s00787-014-0566-3
- Beydoun, H., & Saftlas, A. (2008). Physical and mental health outcomes of prenatal maternal stress in human and animal studies: a review of recent evidence. *J Paediatric perinatal epidemiology*, 22(5), 438-466. doi:10.1111/j.1365-3016.2008.00951.x
- Bonari, L., Pinto, N., Ahn, E., Einarson, A., Steiner, M., & Koren, G. (2004). Perinatal risks of untreated depression during pregnancy. *Can J Psychiatry*, 49(11), 726-735. doi:10.1177/070674370404901103
- Burgueño, A. L., Juárez, Y. R., Genaro, A. M., & Tellechea, M. L. (2020). Systematic review and meta-analysis on the relationship between prenatal stress and metabolic syndrome intermediate phenotypes. *Int J Obes*, 44(1), 1-12. doi:10.1038/s41366-019-0423-z
- Bussières, E.-L., Tarabulsky, G. M., Pearson, J., Tessier, R., Forest, J.-C., & Giguere, Y. (2015). Maternal prenatal stress and infant birth weight and gestational age: A meta-analysis of prospective studies. *Dev Rev*, 36, 179-199. doi:10.1016/j.dr.2015.04.001
- Cai, D., Zhu, Z., Sun, H., Qi, Y., Xing, L., Zhao, X., . . . Li, H. (2017). Maternal PTSD following exposure to the Wenchuan earthquake is associated with impaired mental development of children. *PLoS One*, 12(4), e0168747. doi:10.1371/journal.pone.0168747
- Cao-Lei, L., Dancause, K. N., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Szyf, M., & King, S. (2018). DNA methylation mediates the effect of maternal cognitive appraisal of a disaster in pregnancy on the child's C-peptide secretion in adolescence: Project Ice Storm. *PLoS One*, 13(2), e0192199. doi:10.1371/journal.pone.0192199

- Cao-Lei, L., De Rooij, S., King, S., Matthews, S., Metz, G., Roseboom, T., & Szyf, M. (2020). Prenatal stress and epigenetics. *Neurosci Biobehav Rev*, *117*, 198-210. doi:10.1016/j.neubiorev.2017.05.016
- Cao-Lei, L., Elgbeili, G., Massart, R., Laplante, D. P., Szyf, M., & King, S. (2015). Pregnant women's cognitive appraisal of a natural disaster affects DNA methylation in their children 13 years later: Project Ice Storm. *Transl Psychiatry*, *5*(2), e515-e515. doi:10.1038/tp.2015.13
- Cao-Lei, L., Laplante, D. P., & King, S. (2016). Prenatal maternal stress and epigenetics: Review of the human research. *Curr Mol Biol Rep*, *2*(1), 16-25. doi:10.1007/s40610-016-0030-x
- Cao, X., Laplante, D. P., Brunet, A., Ciampi, A., & King, S. (2014). Prenatal maternal stress affects motor function in 5(1/2)-year-old children: project ice storm. *Dev Psychobiol*, *56*(1), 117-125. doi:10.1002/dev.21085
- Charil, A., Laplante, D. P., Vaillancourt, C., & King, S. (2010). Prenatal stress and brain development. *Brain Res Rev*, *65*(1), 56-79. doi:10.1016/j.brainresrev.2010.06.002
- Da Costa, D., Zekowicz, P., Bailey, K., Cruz, R., Bernard, J.-C., Dasgupta, K., . . . Khalifé, S. J. T. J. o. p. e. (2015). Results of a needs assessment to guide the development of a website to enhance emotional wellness and healthy behaviors during pregnancy. *24*(4), 213-224.
- Damase-Michel, C., Christaud, J., Berrebi, A., Lacroix, I., & Montastruc, J. L. (2009). What do pregnant women know about non-steroidal anti-inflammatory drugs? *Pharmacoepidemiol Drug Saf*, *18*(11), 1034-1038. doi:10.1002/pds.1817
- 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. *J Obes*, *2015*. doi:10.1155/2015/570541
- Dancause, K. N., Laplante, D. P., Oremus, C., Fraser, S., Brunet, A., & King, S. (2011). Disaster-related prenatal maternal stress influences birth outcomes: project ice storm. *Early Hum Dev*, *87*(12), 813-820. doi:10.1016/j.earlhumdev.2011.06.007
- Dancause, K. N., Mutran, D., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Kildea, S., Stapleton, H., . . . King, S. (2017). Dietary change mediates relationships between stress during pregnancy and infant head circumference measures: the QF2011 study. *Matern Child Nutr*, *13*(3), e12359. doi:10.1111/mcn.12359
- Dancause, K. N., Veru, F., Andersen, R. E., Laplante, D. P., & King, S. (2013). Prenatal stress due to a natural disaster predicts insulin secretion in adolescence. *Early Hum Dev*, *89*(9), 773-776. doi:10.1016/j.earlhumdev.2013.06.006
- Darnaudery, M., & Maccari, S. (2008). Epigenetic programming of the stress response in male and female rats by prenatal restraint stress. *Brain Res Rev*, *57*(2), 571-585. doi:10.1016/j.brainresrev.2007.11.004
- Doré, N., & Le Hénaff, D. (2021). *Mieux vivre avec notre enfant de la grossesse à deux ans: guide pratique pour les parents*. Québec, QC, Canada: Institut national de santé publique du Québec Retrieved from [https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/mieux-vivre/pdf/mv2021\\_guide\\_complet.pdf](https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/mieux-vivre/pdf/mv2021_guide_complet.pdf).
- Duchesne, A., Liu, A., Jones, S. L., Laplante, D. P., & King, S. (2017). Childhood body mass index at 5.5 years mediates the effect of prenatal maternal stress on daughters' age at menarche: Project Ice Storm. *J Dev Orig Health Dis*, *8*(2), 168-177. doi:10.1017/S2040174416000726

- Dumas, A., Toutain, S., Hill, C., & Simmat-Durand, L. (2018). Warning about drinking during pregnancy: lessons from the French experience. *Reprod Health, 15*(1), 1-9. doi:10.1186/s12978-018-0467-x
- Field, T. (2011). Prenatal depression effects on early development: a review. *Infant Behavior and Development, 34*(1), 1-14. doi:10.1016/j.infbeh.2010.09.008
- Freda, M. C. (2004). Issues in patient education. *J Midwifery Womens Health, 49*(3), 203-209. doi:10.1016/j.jmwh.2004.01.003
- Gluckman, P. D., & Hanson, M. A. (2006). The developmental origins of health and disease. In *Early life origins of health and disease* (pp. 1-7): Springer.
- Green, E. C., Murphy, E. M., & Gryboski, K. (2020). The health belief model. In L. M. Cohen (Ed.), *The Wiley Encyclopedia of Health Psychology* (Vol. 2, pp. 211-214): John Wiley & Sons Ltd.
- Grimshaw, J. M., Eccles, M. P., Lavis, J. N., Hill, S. J., & Squires, J. E. (2012). Knowledge translation of research findings. *Implement Sci, 7*(1), 1-17. doi:10.1186/1748-5908-7-50
- Guillory, J., Niederdeppe, J., Kim, H., Pollak, J., Graham, M., Olson, C., & Gay, G. (2014). Does social support predict pregnant mothers' information seeking behaviors on an educational website? *Matern Child Health J, 18*(9), 2218-2225. doi:10.1007/s10995-014-1471-6
- Heaman, M. I., Moffatt, M., Elliott, L., Sword, W., Helewa, M. E., Morris, H., . . . Cook, C. (2014). Barriers, motivators and facilitators related to prenatal care utilization among inner-city women in Winnipeg, Canada: a case-control study. *BMC Pregnancy Childbirth, 14*(1), 1-16. doi:10.1186/1471-2393-14-227
- Ho, C. F., & Loke, A. Y. (2003). HIV/AIDS knowledge and risk behaviour in Hong Kong Chinese pregnant women. *J Adv Nurs, 43*(3), 238-245. doi:10.1046/j.1365-2648.2003.02706.x
- House, E., & Coveney, J. (2013). 'I mean I expect that it's pretty safe': Perceptions of food trust in pregnancy-implications for primary health care practice. *Australas Med J, 6*(7), 358-366. doi:10.4066/AMJ.2013.1748
- Huizink, A. C., Mulder, E. J., & Buitelaar, J. K. (2004). Prenatal stress and risk for psychopathology: specific effects or induction of general susceptibility? *Psychol Bull, 130*(1), 115. doi:10.1037/0033-2909.130.1.115
- Jarlenski, M., Tarr, J. A., Holland, C. L., Farrell, D., & Chang, J. C. (2016). Pregnant women's access to information about perinatal marijuana use: a qualitative study. *Women's Health Issues, 26*(4), 452-459. doi:10.1016/j.whi.2016.03.010
- Kiesler, D. J., & Auerbach, S. M. (2006). Optimal matches of patient preferences for information, decision-making and interpersonal behavior: evidence, models and interventions. *Patient Educ Couns, 61*(3), 319-341. doi:10.1016/j.pec.2005.08.002
- King, S., Dancause, K. N., 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 Res C Embryo Today, 96*(4), 273-288. doi:10.1002/bdrc.21026
- King, S., Kildea, S., Austin, M.-P., Brunet, A., Cobham, V. E., Dawson, P. A., . . . McDermott, B. M. (2015). QF2011: a protocol to study the effects of the Queensland flood on pregnant women, their pregnancies, and their children's early development. *BMC Pregnancy Childbirth, 15*(1), 109. doi:10.1186/s12884-015-0539-7
- 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. doi:10.1080/10253890500108391
- King, S., & Laplante, D. P. (2015). Using natural disasters to study prenatal maternal stress in humans. In *Perinatal programming of neurodevelopment* (pp. 285-313): Springer.

- King, S., Mancini-Marie, A., Brunet, A., Walker, E., Meaney, M. J., & Laplante, D. P. (2009). Prenatal maternal stress from a natural disaster predicts dermatoglyphic asymmetry in humans. *Dev Psychopathol*, *21*(2), 343-353. doi:10.1017/S0954579409000364
- Kingman, C. E., & Economides, D. L. (2003). Travel in pregnancy: pregnant women's experiences and knowledge of health issues. *J Travel Med*, *10*(6), 330-333. doi:10.2310/7060.2003.9353
- Kingsbury, A. M., Gibbons, K., McIntyre, D., Tremellen, A., Flenady, V., Wilkinson, S., . . . Najman, J. M. (2017). How have the lives of pregnant women changed in the last 30 years? *Women Birth*, *30*(4), 342-349. doi:10.1016/j.wombi.2017.01.008
- Kingston, D., & Chalmers, B. (2009). Prenatal information. In *What Mothers Say: The Canadian Maternity Experiences Survey* (pp. 51-56): Public Health Agency of Canada.
- Kinney, D. K., Munir, K. M., Crowley, D. J., & Miller, A. M. (2008). Prenatal stress and risk for autism. *Neurosci Biobehav Rev*, *32*(8), 1519-1532. doi:10.1016/j.neubiorev.2008.06.004
- Korja, R., Nolvi, S., Grant, K. A., & McMahan, C. (2017). The relations between maternal prenatal anxiety or stress and child's early negative reactivity or self-regulation: a systematic review. *Child Psychiatry Hum Dev*, *48*(6), 851-869. doi:10.1007/s10578-017-0709-0
- Laplante, D. P., Barr, R. G., Brunet, A., Galbaud du Fort, G., Meaney, M. L., Saucier, J.-F., . . . King, S. (2004). Stress during pregnancy affects general intellectual and language functioning in human toddlers. *Pediatr Res*, *56*(3), 400-410. doi:10.1203/01.PDR.0000136281.34035.44
- 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. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, *47*(9), 1063-1072. doi:10.1097/CHI.0b013e31817eec80
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*: Springer Publishing Company.
- Lazarus, R. S., & Lazarus, R. S. (1991). *Emotion and adaptation*: Oxford University Press on Demand.
- Leifer, M. (1977). Psychological changes accompanying pregnancy and motherhood. *Genet Psychol Monogr*.
- Lemire, N., Souffez, K., & Laurendeau, M.-C. (2013). *Facilitating a knowledge translation process: knowledge review and facilitation tool*. Institut National de Santé Publique du Québec.
- Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. *J Soc Issues*, *2*(4), 34-46. doi:10.1111/j.1540-4560.1946.tb02295.x
- 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. *Environ Res*, *150*, 1-7. doi:10.1016/j.envres.2016.04.039
- Lupien, S. J., McEwen, B. S., Gunnar, M. R., & Heim, C. (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nat Rev Neurosci*, *10*(6), 434-445. doi:10.1038/nrn2639
- Manzari, N., Matvienko-Sikar, K., Baldoni, F., O'Keeffe, G. W., & Khashan, A. S. (2019). Prenatal maternal stress and risk of neurodevelopmental disorders in the offspring: a systematic review and meta-analysis. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*, *54*(11), 1299-1309. doi:10.1007/s00127-019-01745-3

- McLean, M. A., Cobham, V. E., Simcock, G., Elgbeili, G., Kildea, S., & King, S. (2018). The role of prenatal maternal stress in the development of childhood anxiety symptomatology: The QF2011 Queensland Flood Study. *Dev Psychopathol*, 30(3), 995-1007. doi:10.1017/S0954579418000408
- McLean, M. A., Simcock, G., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Kildea, S., Hurrion, E., . . . King, S. (2020). Disaster-related prenatal maternal stress, and childhood HPA-axis regulation and anxiety: The QF2011 Queensland Flood Study. *Psychoneuroendocrinology*, 118, 104716. doi:10.1016/j.psyneuen.2020.104716
- Melender, H.-L., & Lauri, S. (1999). Fears associated with pregnancy and childbirth—experiences of women who have recently given birth. *Midwifery*, 15(3), 177-182. doi:10.1016/S0266-6138(99)90062-1
- Miller, S. M., & Mangan, C. E. (1983). Interacting effects of information and coping style in adapting to gynecologic stress: should the doctor tell all? *J Pers Soc Psychol*, 45(1), 223. doi:10.1037//0022-3514.45.1.223
- Moss, K. M., Simcock, G., Cobham, V., Kildea, S., Elgbeili, G., Laplante, D. P., & King, S. (2017). A potential psychological mechanism linking disaster-related prenatal maternal stress with child cognitive and motor development at 16 months: The QF2011 Queensland Flood Study. *Dev Psychol*, 53(4), 629. doi:10.1037/dev0000272
- Nasrabadi, A. N., Sabzevari, S., & Bonabi, T. N. (2015). Women empowerment through Health information seeking: a qualitative study. *Int J Community Based Nurs Midwifery*, 3(2), 105.
- Olino, T. M., Guerra-Guzman, K., Hayden, E. P., & Klein, D. N. (2020). Evaluating maternal psychopathology biases in reports of child temperament: An investigation of measurement invariance. *Psychol Assess*. doi:10.1037/pas0000945
- Olino, T. M., Michelini, G., Mennies, R. J., Kotov, R., & Klein, D. N. (2021). Does maternal psychopathology bias reports of offspring symptoms? A study using moderated non-linear factor analysis. *J Child Psychol Psychiatry*. doi:10.1111/jcpp.13394
- Olson, D., Brémault-Phillips, S., King, S., Metz, G., Montesanti, S., Olson, J., . . . Linder, R. (2019). Recent Canadian efforts to develop population-level pregnancy intervention studies to mitigate effects of natural disasters and other tragedies. *J Dev Orig Health Dis*, 10(1), 108-114. doi:10.1017/S2040174418001113
- Paquin, V., Bick, J., Lipschutz, R., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Biekman, B., . . . Olson, D. (2021). Unexpected effects of expressive writing on post-disaster distress in the Hurricane Harvey Study: a randomized controlled trial in perinatal women. *Psychol Med*, 1-9. doi:10.1017/S003329172100074X
- 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. *Ann Hum Biol*, 45(3), 220-228. doi:10.1080/03014460.2018.1459837
- Qu, F., Wu, Y., Zhu, Y.-H., Barry, J., Ding, T., Baio, G., . . . Hardiman, P. J. (2017). The association between psychological stress and miscarriage: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*, 7(1), 1-8. doi:10.1038/s41598-017-01792-3
- Ritchie, H., & Roser, M. (2014). Natural Disasters. *Our World in Data*. Retrieved from <https://ourworldindata.org/natural-disasters>



- Ronald, A., Pennell, C. E., & Whitehouse, A. J. (2011). Prenatal maternal stress associated with ADHD and autistic traits in early childhood. *Front Psychol*, *1*, 223. doi:10.3389/fpsyg.2010.00223
- Roseboom, T. J., Van Der Meulen, J. H., Ravelli, A. C., Osmond, C., Barker, D. J., & Bleker, O. P. (2001). Effects of prenatal exposure to the Dutch famine on adult disease in later life: an overview. *Twin Res Hum Genet*, *4*(5), 293-298. doi:10.1016/s0303-7207(01)00721-3
- Schetter, C. D., & Tanner, L. (2012). Anxiety, depression and stress in pregnancy: implications for mothers, children, research, and practice. *Curr Opin Psychiatry*, *25*(2), 141. doi:10.1097/YCO.0b013e3283503680
- Schillinger, D. (2010). *An introduction to effectiveness, dissemination and implementation research*. University of California San Francisco: Clinical Translational Science Institute Community Engagement Program.
- Singh, D., Newburn, M., Smith, N., & Wiggins, M. (2002). The information needs of first-time pregnant mothers. *Br J Midwifery*, *10*(1), 54-58. doi:10.12968/bjom.2002.10.1.10054
- Sinikovic, D. S., Yeatman, H. R., Cameron, D., & Meyer, B. (2009). Women's awareness of the importance of long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acid consumption during pregnancy: knowledge of risks, benefits and information accessibility. *Public Health Nutr*, *12*(4), 562-569. doi:10.1017/S1368980008002425
- Small, D. A., Lerner, J. S., & Fischhoff, B. (2006). Emotion priming and attributions for terrorism: Americans' reactions in a national field experiment. *Polit Psychol*, *27*(2), 289-298. doi:10.1111/j.1467-9221.2006.00007.x
- Sontag, L. W. (1944). War and the fetal-maternal relationship. *J Marriage Family Living*, *6*(1), 3-16. doi:10.2307/346811
- Strahm, A. M., Bagne, A. G., Rued, H. A., Larson, K. J., Roemmich, J. N., & Hilmert, C. J. (2020). Prenatal traumatic stress and offspring hair cortisol concentration: A nine year follow up to the Red River flood pregnancy study. *Psychoneuroendocrinology*, *113*, 104579. doi:10.1016/j.psyneuen.2019.104579
- Suh, D. I., Chang, H. Y., Lee, E., Yang, S.-I., & Hong, S.-J. (2017). Prenatal maternal distress and allergic diseases in offspring: review of evidence and possible pathways. *Allergy Asthma Immunol Res*, *9*(3), 200-211. doi:10.4168/aaair.2017.9.3.200
- Talge, N. M., Neal, C., & Glover, V. (2007). Antenatal maternal stress and long-term effects on child neurodevelopment: how and why? *J Child Psychol Psychiatry*, *48*(3-4), 245-261. doi:10.1111/j.1469-7610.2006.01714.x
- Ubbink, D. T., Guyatt, G. H., & Vermeulen, H. (2013). Framework of policy recommendations for implementation of evidence-based practice: a systematic scoping review. *BMJ open*, *3*(1), e001881. doi:10.1136/bmjopen-2012-001881
- van den Berg, G. J., Paul, A., & Reinhold, S. (2020). Economic conditions and the health of newborns: Evidence from comprehensive register data. *Labour Econ*, *63*, 101795. doi:10.1016/j.labeco.2020.101795
- Van den Bergh, B. R., Mulder, E. J., Mennes, M., & Glover, V. (2005). Antenatal maternal anxiety and stress and the neurobehavioural development of the fetus and child: links and possible mechanisms. A review. *Neurosci Biobehav Rev*, *29*(2), 237-258. doi:10.1016/j.neubiorev.2004.10.007
- Van den Bergh, B. R., van den Heuvel, M. I., Lahti, M., Braeken, M., de Rooij, S. R., Entringer, S., . . . King, S. (2020). Prenatal developmental origins of behavior and mental health: The

- influence of maternal stress in pregnancy. *Neurosci Biobehav Rev*, *117*, 26-64.  
doi:10.1016/j.neubiorev.2017.07.003
- Veru, F., Dancause, K. N., Laplante, D. P., King, S., & Luheshi, G. (2015). Prenatal maternal stress predicts reductions in CD4+ lymphocytes, increases in innate-derived cytokines, and a Th2 shift in adolescents: project ice storm. *Physiol Behav*, *144*, 137-145.  
doi:10.1016/j.physbeh.2015.03.016
- Veru, F., Laplante, D. P., Luheshi, G., & King, S. (2014). Prenatal maternal stress exposure and immune function in the offspring. *Stress*, *17*(2), 133-148.  
doi:10.3109/10253890.2013.876404
- Yong Ping, E., Laplante, D. P., Elgeili, G., Jones, S. L., Brunet, A., & King, S. (2020). Disaster-related prenatal maternal stress predicts HPA reactivity and psychopathology in adolescent offspring: Project Ice Storm. *Psychoneuroendocrinology*, 104697.  
doi:10.1016/j.psyneuen.2020.104697

**Article 1: Effect of Natural Disaster-Related Prenatal Maternal Stress on Child  
Development and Health: A Meta-Analytic Review**

Sandra Lafortune<sup>1</sup>, David P. Laplante<sup>2</sup>, Guillaume Elgbeili<sup>3</sup>, Xinyuan Li <sup>4</sup>, Stéphanie Lebel<sup>1</sup>, Christian Dagenais<sup>1</sup> and Suzanne King<sup>3,4,\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Psychology, Faculty of Arts and Science, University of Montreal, Marie-Victorin Pavilion, Montreal, QC H2V 2S9, Canada; [sandra.lafortune@umontreal.ca](mailto:sandra.lafortune@umontreal.ca) (S.L.); [stephanie.lebel@umontreal.ca](mailto:stephanie.lebel@umontreal.ca) (S.L.); [christian.dagenais@umontreal.ca](mailto:christian.dagenais@umontreal.ca) (C.D.)

<sup>2</sup> Lady Davis Institute for Medical Research, Jewish General Hospital, Montreal, QC H3T 1E2, Canada; [david.laplante@ladydavis.ca](mailto:david.laplante@ladydavis.ca)

<sup>3</sup> Mental Health and Society Division, Douglas Hospital Research Centre, Perry Pavilion, Montreal, QC H4H 1R3, Canada; [guillaume.elgbeili@douglas.mcgill.ca](mailto:guillaume.elgbeili@douglas.mcgill.ca)

<sup>4</sup> Department of Psychiatry, Faculty of Arts and Science, McGill University, Ludmer Research & Training Building, Montreal, QC H3A 1A1, Canada; [xinyuan.li2@mail.mcgill.ca](mailto:xinyuan.li2@mail.mcgill.ca)

\* Correspondence: [suzanne.king@mcgill.ca](mailto:suzanne.king@mcgill.ca); Tel.: +1-(514)-761-6131 (ext. 2353)

**STATUT: ARTICLE PUBLIÉ**

Lafortune, S., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Li, X., Lebel, S., Dagenais, C., & King, S. (2021). Effect of Natural Disaster-Related Prenatal Maternal Stress on Child Development and Health: A Meta-Analytic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8332.

## **Abstract**

The evidence supporting the idea that natural disaster-related prenatal maternal stress (PNMS) influences the child's development has been accumulating for several years. We conducted a meta-analytical review to quantify this effect on different spheres of child development: birth outcomes, cognitive, motor, physical, socio-emotional, and behavioral development. We systematically searched the literature for articles on this topic (2756 articles retrieved and 37 articles included in the systematic review), extracted the relevant data to calculate the effect sizes, and then performed a meta-analysis for each category of outcomes (30 articles included across the meta-analyses) and meta-regressions to determine the effect of some factors of interest on the association between PNMS and child development: type of PNMS (objective, psychological, cognitive, diet), type of natural disaster (ice storm, flood/cyclone), type of report (maternal, third-party observer, medical), timing of exposure (preconception exposure included or not) and child age at assessment (under 10 or 10 years and older). We found that PNMS significantly influences all spheres of child development. Higher PNMS levels were associated with longer gestational age, larger newborns, and higher BMI and adiposity levels, as well as worse cognitive, motor, socio-emotional, and behavioral outcomes.

## **Keywords**

Prenatal maternal stress; natural disasters; child development; meta-analysis.

## Introduction

Evidence suggests that prenatal maternal stress (PNMS) is associated with suboptimal development in children (Van den Bergh et al., 2020). In the PNMS literature, “stress” is a broadly defined concept encompassing anxiety, depression, and exposure to stressful life events. The severity of the consequences for prenatally exposed children differs depending on the type of stressor being studied. For example, the association between PNMS and socioemotional problems is stronger for prenatal maternal depression (OR = 1.79; 95% CI = 1.61–1.99) than for prenatal maternal anxiety (OR = 1.50; 95% CI = 1.36–1.64) (Madigan et al., 2018). Another form of maternal stress that has been studied in recent years, and is associated with global warming, is natural disasters. However, the overall magnitude of the effects of disaster-related PNMS on child outcomes has yet to be calculated.

In order to specify our research topic, it is necessary to make the distinction between natural disasters, climate change, and man-made disasters (e.g., terrorism, wars, nuclear hazards, and oil spills), all of which have been shown to be linked to suboptimal child development (Camacho, 2008). Climate change has impacted (primarily negatively) the lives of millions of people worldwide (Ritchie & Roser, 2014), is believed to be associated with increased heat-related mortality, morbidity, and infectious diseases (Patz, Campbell-Lendrum, Holloway, & Foley, 2005), and has undoubtedly contributed to the recent rapid rise in the frequency and intensity of natural disasters (e.g., heatwaves, floods, tropical cyclones) occurring over recent decades (Van Aalst, 2006). That being said, climate change is more of an aggravating factor rather than a *sine qua non* condition for the occurrence of natural disasters.

Globally, natural disasters affect humankind in terms of mortality, injury, and displacement (Doocy, Daniels, Dick, & Kirsch, 2013; Doocy, Daniels, Dooling, & Gorokhovich, 2013; Doocy,

Daniels, Murray, & Kirsch, 2013; Doocy, Daniels, Packer, Dick, & Kirsch, 2013; Doocy, Dick, Daniels, & Kirsch, 2013). The World Health Organization refers to a natural disaster as “an act of nature of such magnitude as to create a catastrophic situation in which the day-to-day patterns of life are suddenly disrupted and people are plunged into helplessness and suffering and, as a result, need food, clothing, shelter, medical and nursing care and other necessities of life, and protection against unfavourable environmental factors and conditions” (Assar, 1971) (p. 14). A natural disaster can also be conceptualized as an “extreme event as any manifestation in a geophysical system (lithosphere, hydrosphere, biosphere or atmosphere) which differs substantially or significantly from the mean” that occurs when “human socio-economic and physiological systems do not have the capacity sufficiently to reflect, absorb or buffer the impact” (Alexander, 2018). In brief, a natural disaster is a sudden and acute event generated by one of the earth’s geophysical systems that disrupts a population to the point of exceeding its management capacities.

Men and women are differentially affected by natural disasters: younger, less educated, and poorer women are the most affected group (Neumayer & Plümper, 2007). A recent systematic review also found that violence against women and girls increases in the aftermath of a natural disaster, compounding the effect of the disaster itself (Thurston, Stöckl, & Ranganathan, 2021). The repercussions of disasters on women can go beyond their own experiences. During pregnancy, the prenatal environment of the fetus (i.e., the mother’s womb and the placenta) relays signals to the unborn child about the external world and can generate a “predictive adaptative response” (Bateson, Gluckman, & Hanson, 2014). The fetus thus develops in a manner that would help to assure its immediate survival in this predicted postnatal world, although perhaps to the detriment of long-term health and well-being. According to the Developmental Origins of Health and Disease (DOHaD) hypothesis (Gluckman & Hanson, 2006), a mismatch between the prenatal and

postnatal environments can put the unborn child at risk of developing problems; the prenatal environment can alter genome expression that is no longer adapted to the postnatal environment. As such, in utero exposure to disaster related PNMS could prepare the child to live in a stressful environment that is potentially no longer representative of the actual postnatal environment. Thus, prenatal exposure to a temporary stressor can result in a permanent, ill-fitting phenotype in the postnatal world.

Several researchers have been studying the consequences of PNMS in the context of natural disasters on the development of the child. Disasters can produce natural experiments with quasi-experimental designs, given that these kinds of events often distribute their hardship in a quasi-random manner in the population. A significant advantage of this research design is that it allows one to study components of stress that are independent of the parents' personal attributes such as their genetics, personality, and propensity to create psychosocial stress.

Studying disaster-related PNMS also allows investigators to determine which aspect(s) of the pregnant woman's disaster experiences are related to child outcomes. The pregnant woman's stress experience can be divided into separate components (Lazarus & Folkman, 1984): the degree of objective hardship experienced, the severity of psychological distress, and the cognitive appraisal of the crisis, in addition to the woman's physiological response (King et al., 2009). These different aspects of PNMS could lead to a large spectrum of consequences in the child, including problems associated with cognitive, behavioral, motor, and/or physical development. The intensity of the pregnant woman's response, the timing within pregnancy of exposure to the onset of the PNMS (i.e., preconception, 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, or 3<sup>rd</sup> trimester of pregnancy) (Van den Bergh et al., 2020), and sex of the child (Glover & Hill, 2012) may result in differential effects on the child. Knowing the moment in pregnancy during which the fetus is exposed to PNMS is important because fetal

development evolves throughout pregnancy, creating “windows of vulnerability” in gestation (Charil, Laplante, Vaillancourt, & King, 2010; Veru, Laplante, Luheshi, & King, 2014).

### **Study Aims**

The goal of this project was to conduct a meta-analysis for each category of outcomes using the available data in order to estimate the magnitude of the effects of disaster-related PNMS (exposure before conception or in utero) on different spheres of child development from birth to late adolescence.

### **Materials and Methods**

#### **Protocol**

The protocol for this meta-analytic review has been deposited in PROSPERO ([https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display\\_record.php?RecordID=152724](https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?RecordID=152724), accessed on 27 April 2021).

#### **Search Strategy**

MEDLINE, EMBASE, Web of Science, CINAHL, and PsycINFO were searched from the date of their inception to June 2020. Search strategies (Supplementary materials; Appendix A) were constructed with a range of text words and indexed terms related to “prenatal”, “natural disasters”, and “neonate/child/adolescent”. MeSH terms were used for each one of these constructs. In MEDLINE, for “natural disasters”, we used the following terms: Natural Disasters; Cold Temperature; Hot Temperature; Volcanic Eruptions; Snow. For “prenatal”, the following terms were used: Embryonic Structures; Fetus; Pregnant Women; Pregnancy; Maternal Exposure; Prenatal Exposure Delayed Effects. For “neonate/child/adolescent”, the following terms were used: infant; child; adolescent. For other databases, the appropriate equivalent subject headings were included in the search strategies, as shown in Supplementary materials.



## **Study Eligibility Criteria**

To be included in the meta-analytic review, studies had to meet several eligibility criteria. Only published, peer-reviewed, empirical studies were included. The target population had to be humans less than 18 years of age. The children had to be exposed before conception or in utero to natural disaster related PNMS. While climate change and man-made disasters can result in human tragedy and potentially influence fetal development, these events will not be covered in the present review. As such, studies referring only to temperature (e.g., season, ambient temperature, heat waves, cold spells, extreme weather) have been excluded from this review, since these are not well-defined events, but also because there is a lack of clear consensus about the degree of variation from the mean, or the duration that such an event should last, in order to be considered potentially harmful to the exposed population. We also excluded any study referring to pollution per se, since it could be the result of human activity. Made-made disasters (nuclear reactor meltdowns, war, terrorist attacks) have also been excluded. Finally, biologic disasters, such as epidemics, have also been excluded. The current COVID-19 pandemic reminds us of the importance of future research on that topic.

We only included studies published in English, French, or Chinese since members of our team were fluent in these languages. We used an individual-level psychological approach, rather than a population-level epidemiological approach: we were interested in the individual experience of stress during pregnancy and, thus, a direct measure (e.g., physiological measures, self-report) of PNMS in pregnant women was required. In terms of outcomes, since most studies in this area are carried out on community samples rather than at-risk populations, the outcomes are primarily traits and/or variations from the mean rather than clinical diagnoses. For example, since schizophrenia affects only a small proportion of the population, the study of risk factors for the

psychosis continuum in the community can be more informative (Van Os & Reininghaus, 2016). It is for this reason that we decided to include only outcomes that are reported on a continuum. Finally, this review uses a clinical, rather than a fundamental, research perspective and its aim is not to establish the biological mechanisms that explain how PNMS appears to influence the various outcomes.

### **Study Selection**

Covidence (<https://www.covidence.org/> accessed on 22 July 2020), an online screening software, was used to screen all identified studies for inclusion by three of the authors (SLaf, DPL, and SLeb). First, all studies were imported into Covidence, and duplicates were removed. Second, titles and abstracts were screened independently by two authors for inclusion. Conflicts were discussed with the third author until a consensus was reached. Inter-rater reliability for titles and abstract screening was substantial (Landis & Koch, 1977) ( $\kappa = 0.670$  (95% CI, 0.668 to 0.671),  $p < 0.001$ ). Third, the remaining studies were assessed for full-text eligibility independently by two authors. Again, conflicts were discussed with the third author until a consensus was obtained. Inter-rater reliability for full-text review was moderate ( $\kappa = 0.462$  (95% CI, 0.458 to 0.465),  $p < 0.001$ ). Finally, the reference list from all included studies were searched for supplemental studies, but none were found. When the same findings were reported in different articles, we contacted the authors to verify the presence of duplicate data reporting. Only data from articles with the largest sample sizes were extracted and used for our analyses.

### **Data Extraction**

The following data were extracted from the included studies: author, date of publication, country of the disaster, study design, type of natural disaster, prenatal exposure period, age of child

at assessment, sample size, PNMS measures, outcomes, and effect sizes (correlation coefficients or difference in means).

The predictor of interest in this review is disaster-related PNMS. The primary developmental outcomes of interest are as follows: birth outcomes and cognitive, motor, physiological, physical, socio-emotional, and/or behavioral development. We also considered the following effect measures: PNMS type (maternal objective hardship, psychological distress, cognitive appraisal, diet change and cortisol), age of the child at assessment (under 10 years, or 10 years and older), timing of exposure in pregnancy (preconception or in utero), type of natural disaster (ice storm, flood/cyclone, or earthquake), and whether the outcomes of interest were maternal-rated, third-party observer rated, or from a medical report.

Objective hardship was defined as events experienced by the women that were independent of the parents' characteristics, such as their temperament or judgment, and that could be quantified (Dancause, Veru, Andersen, Laplante, & King, 2013). Psychological distress was defined as the women's psychological reaction to the disaster (Jones et al., 2019). Cognitive appraisal was defined as the maternal evaluation of the valence of the consequences of the event on her and her household (Cao-Lei et al., 2015). Diet change was defined as any alteration in food accessibility and/or consumption due to the disaster. Finally, any measures of disaster-related cortisol functioning (baseline, area under the curve, waking response) were also included.

The only outcomes extracted were the ones defined as such by the authors. Meta-data and results were collected from the records in a systematic way using a form developed for this specific meta-analytic review. Data were extracted independently by two authors in order to limit errors, but also to minimize the risk of potential biases introduced by the authors.

## **Quality Assessment**

Most studies included in our meta-analytic review were prospective longitudinal studies using a single cohort of children without a comparison group. Most quality assessment tools are made for randomized controlled trials while instruments developed for other designs have not yet demonstrated robustness (Bero et al., 2018). Therefore, the quality assessment of the included studies was limited to judging the presence/absence of selective reporting bias by the three authors. Funnel plots and the trim and fill procedure (Duval & Tweedie, 2000) were used to detect and adjust for publication bias. To address the diversity of scales used in the PNMS field, we described the psychometric properties of the ones used in the included studies.

## **Statistical Analysis**

Since we predicted high heterogeneity across studies because they featured different natural disasters, different PNMS scales, and different outcomes reported, we used a random-effect model to quantitatively synthesize data (Deeks, Higgins, Altman, & Group, 2019). We used the DerSimonian & Laird estimator for heterogeneity variance, which we report for all analyses. Heterogeneity was defined according to Higgins' definition: low ( $I^2 = 25\%$ ), moderate ( $I^2 = 50\%$ ), and high ( $I^2 = 75\%$ ) (Higgins, Thompson, Deeks, & Altman, 2003). Since the objective of this meta-analytic review was to determine the magnitude of the association between PNMS and child development, we extracted effect sizes reported in the studies. Because most studies reported correlation coefficients ( $r$ ), for studies that reported differences in means we converted them to correlation coefficients.

We reversed the direction of some correlations to ensure that an increase in the predictor meant greater exposure to the stressor and that an increase in the outcome meant worse child development. Most of the birth outcomes we extracted were related to size at birth (e.g., birth

weight, birth length) and none were adjusted by gestational age. For these measurements, a higher score suggests a larger newborn. To remain logical in our data grouping, we excluded two measures for which an increase did not equate with a larger newborn: head circumference to birth length ratio and average dermatoglyphic finger ridge count asymmetry. For some physiological outcomes, the meaning of their directionality has not yet been established (e.g., child cortisol). For others, it is a balance between indices rather than an absolute level that is recommended (e.g., c-peptide, cytokine production, testosterone levels). Consequently, we excluded these outcomes from analyses. We also excluded variables that were reported in terms of change rather than a measure at some point in time because it did not make sense to group them with the other measures. This is because an increase or decrease in change is relative to the start and endpoint, while a measurement taken at a specific point in time gives an indication of the condition of the individual. When the raw score and the standardized score were both reported for the same outcome, we used the raw score since the purpose of our analyses is not to compare data across samples, and because the characteristics of the participants vary from one sample to the other.

We then performed a Fisher  $Z$  transformation meta-analysis for each category of outcomes: all correlation coefficients were transformed to normally distributed variables to determine the confidence intervals before computing the average  $z$ -values and their confidence intervals and  $p$ -values, then retransforming the  $z$ -values back into  $r$ 's (Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2011).

The six meta-analyses were conducted separately for each category of outcomes (birth outcomes, cognitive, motor, physical, socio-emotional, and behavioral) in order to derive clinically meaningful conclusions. We illustrate the results for each category in a forest plot showing the effect sizes that were extracted. We then performed sensitivity analyses to make sure that none of

the results were pulled by an artifact, and that the results remained stable after the removal of each effect size individually. In order to detect a publication bias, the trim and fill procedure (Duval & Tweedie, 2000) was used to estimate the number of studies missing from each meta-analysis. We then represented the effect sizes in a funnel plot.

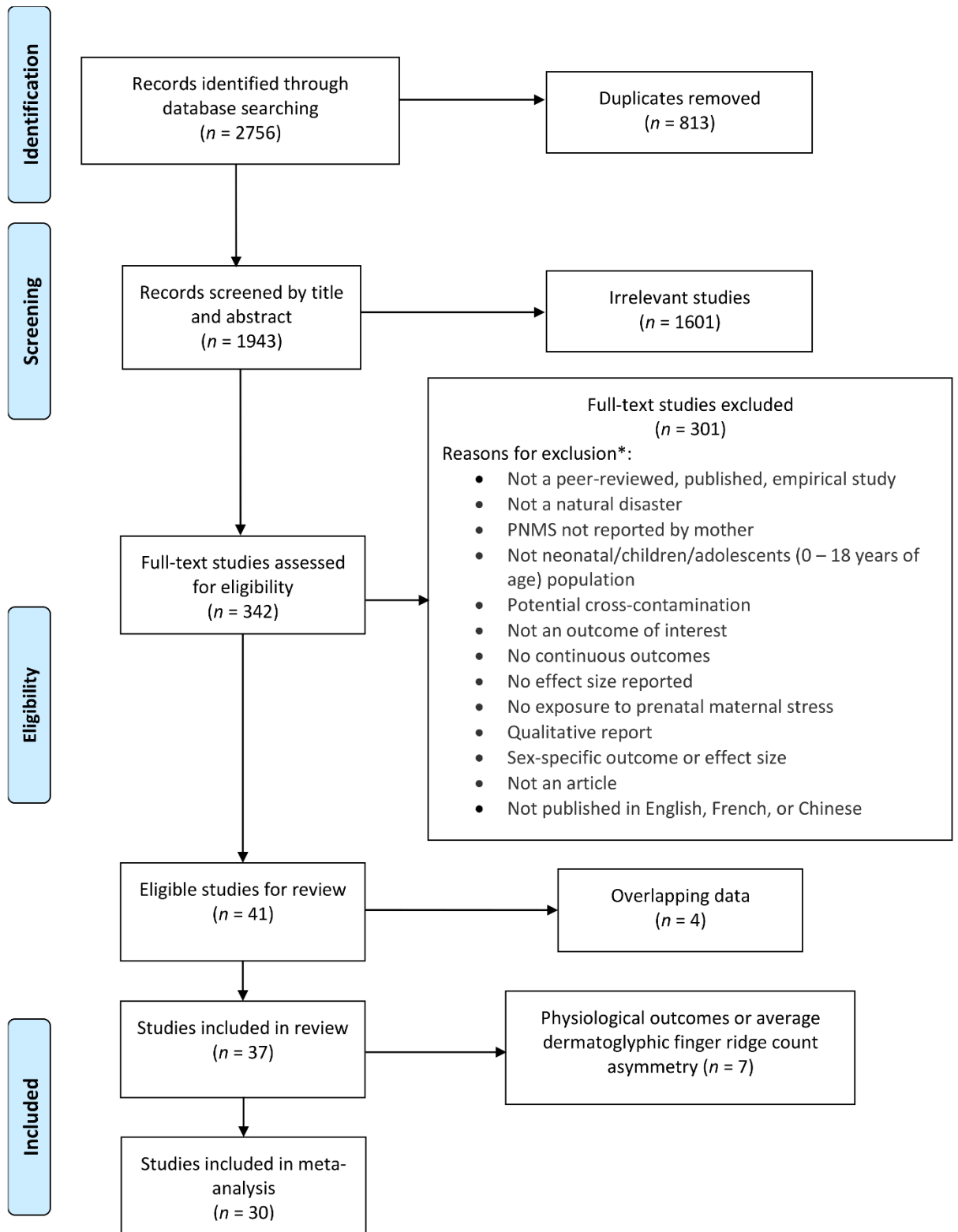
Next, for each meta-analysis, we performed meta-regression analyses to determine the extent to which different factors influenced the magnitude of the global association : natural-disaster PNMS effect (e.g., objective hardship, psychological distress, cognitive appraisal, diet change), age effect (under 10 years of age, vs. 10 years or older) (Unicef, 2011), timing of exposure effect (preconception included or not), types of natural disaster effect (ice storm, flood/cyclone, or earthquake) and type of report effect (maternal report, third party observer (e.g., research team, teacher), or medical report). For the type of PNMS, if the individual scale scores were not available, we used the composite score. The criterion for performing a meta-regression was that each category of effects had to present at least five effect sizes. This criterion prevented us from comparing the effect of earthquakes to the other types of disaster since only four such effects sizes were extracted. Finally, we performed Fisher's exact test of independence on all factors for each type of outcome. If two factors were not independent, we could not distinguish the effect of these two factors on the relationship between PNMS and child development.

## **Results**

### **Database Search Process**

Figure 1 presents the study selection flow chart. We identified 2756 records through database searching. After removing duplicates, we screened the remaining 1943 records by title and abstract, discarding irrelevant studies. We then assessed 342 full-text manuscripts using the list of eligibility criteria described earlier, resulting in 41 studies being included. However, four

studies were excluded because they reported the same data as another included study, but with a smaller sample size.



\* Reasons for exclusion are not exclusive of each other.



*Figure 1.* Flow chart.

### **Data Extraction**

The 37 studies included in this review were all published in English between 2004 and 2020 (Austin et al., 2017; Cai et al., 2017; Cao-Lei et al., 2018; Cao, Laplante, Brunet, Ciampi, & King, 2014; Dancause et al., 2015; Dancause et al., 2017; Dancause et al., 2013; Harville & Do, 2016; Hilmert, Kvasnicka-Gates, Teoh, Bresin, & Fiebiger, 2016; King et al., 2009; Kroska et al., 2018; Laplante et al., 2004; Laplante, Brunet, & King, 2016; Laplante, Brunet, Schmitz, Ciampi, & King, 2008; Laplante, Hart, O'Hara, Brunet, & King, 2018; Laplante et al., 2019; Laplante, Zelazo, Brunet, & King, 2007; Lequertier, Simcock, Cobham, Kildea, & King, 2019; Liu, Dancause, Elgbeili, Laplante, & King, 2016; McLean et al., 2018; McLean, Cobham, Simcock, Kildea, & King, 2019; McLean et al., 2020; Moss et al., 2017; Moss et al., 2018; Nguyen et al., 2018; Pomer et al., 2018; Sanguanklin et al., 2014; Simcock et al., 2019; G. Simcock et al., 2017; Simcock et al., 2016; Gabrielle Simcock et al., 2017; Simcock, Laplante, Elgbeili, Kildea, & King, 2018; Strahm et al., 2020; Veru, Dancause, Laplante, King, & Luheshi, 2015; Walder et al., 2014; Yong Ping et al., 2015; Yong Ping et al., 2020). Most of them were conducted in Australia ( $n = 14$  reports), Canada ( $n = 13$ ), or the United States of America ( $n = 6$ ), while the remaining four studies were conducted in China ( $n = 1$ ), Haiti ( $n = 1$ ), Vanuatu ( $n = 1$ ), and Thailand ( $n = 1$ ). Seven natural disasters were studied: the 2011 Queensland Flood in Australia ( $n = 14$ ), the 1998 Quebec Ice Storm in Canada ( $n = 13$  reports), the 2008 Iowa Flood ( $n = 4$ ) and 2009 Red River Flood ( $n = 2$ ) in the U.S.A., the 2008 Sichuan Earthquake in China ( $n = 1$ ), the 2010 Earthquake in Haiti ( $n = 1$ ), the 2011 Flood in Thailand ( $n = 1$ ), and the 2015 Cyclone Pam in Vanuatu ( $n = 1$ ). Among the 37 studies, 31 were conducted by the Stress in Pregnancy International Research Alliance (SPIRAL; [www.mcgill.ca/spiral](http://www.mcgill.ca/spiral) accessed on 23 June 2021). This research program includes Project Ice

Storm (1998 Quebec Ice Storm;  $n = 13$  reports), the Iowa Flood Study (2008 Iowa Flood;  $n = 4$ ), and the Queensland Flood Study (QF2011;  $n = 14$ ). One study used a retrospective design (Harville & Do, 2016) while the remaining thirty-six studies used prospective designs. The sample sizes ranged between 30 (Cao-Lei et al., 2018) and 857 children (Hilmert et al., 2016). Twenty-eight studies did not include preconception cases, while the other nine studies included children born up to four years after the disaster (Cai et al., 2017). The characteristics of studies included in the review are presented in Table 1. However, we excluded six studies [25,37,53,57,66,67] from the meta-analysis process because they only reported physiological outcomes and we removed another study reporting only average dermatoglyphic finger ridge count asymmetry (King et al., 2009). The meta-analyses finally included a total of 30 articles.

Table 1

*Characteristics of studies included in the review*

Author	Year of Publication	Country	Type of Outcomes (Specific Outcome [Type of Report])	Natural Disaster	Type of PNMS	Timing of Exposure	Age of Assessment	Sample Size
Austin	2017	Australia	Cognitive (language abilities [maternal], cognitive functioning [third-party observer])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	30 months	131
Cai	2017	China	Cognitive (developmental quotient, mental index [third-party observer])	2008 Sichuan Earthquake	Psychological	Preconception included (3 years)	0–4 years	86
Cao	2014	Canada	Motor (balance, bilateral coordination, visual motor integration [third-party observer])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological	No preconception	5 ½ years	89
Cao-Lei	2018	Canada	Physiological (c-peptide [medical])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; cognitive appraisal	Preconception included (3 months)	13 ½ years	30
Dancause	2013	Canada	Physiological (insulin [medical])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological	Preconception included (1 month)	13 ½ years	32
Dancause	2015	United States	Physical (body mass index, total adiposity, central adiposity [third-party observer])	2008 Iowa Flood	Objective; psychological	No preconception	2 ½ and 4 years	106
Dancause	2017	Australia	Birth (birth weight, birth length, head circumference, head circumference to birth length ratio, ponderal index [medical])	2011 Queensland Flood	Diet	No preconception	Birth	222
Harville	2016	Haiti	Birth (birth weight [medical])	2010 Haiti Earthquake	Objective	Preconception included (20 ½ months)	Birth	857
Hilmert	2016	United States	Birth (birth weight, gestational age [medical])	2009 Red River Flood	Objective	No preconception	Birth	136
King	2009	Canada	Physical (dermatoglyphic asymmetry [third-party observer])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological; maternal cortisol	Preconception included (3 months)	4; 5; 5 ½ years	97

Kroska	2018	United States	Physical (body mass index [third-party observer])	2008 Iowa Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	30 months	103
Laplante	2004	Canada	Cognitive (mental development index [third-party observer], productive and receptive language [maternal])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological	No preconception	2 years	58
Laplante	2007	Canada	Cognitive (length of session, nonplay activity, functional play, stereotypical play, displayed hypotheses [third-party observer])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological	No preconception	2 years	52
Laplante	2008	Canada	Cognitive (IQ, vocabulary [third-party observer])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological	No preconception	5 ½ years	89
Laplante	2016	Canada	Socio-emotional (temperament: fussy/difficult, unadaptable, dull, needs attention [third-party observer])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological	No preconception	6 months	121
Laplante	2018	United States	Cognitive (cognitive functioning [third-party observer], productive and receptive language [maternal])	2008 Iowa Flood	Objective; psychological	No preconception	30 months	132
Laplante	2019	Australia	Behavioral (autistic spectrum disorder symptoms [maternal])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	30 months	105
Lequertier	2019	Australia	Socio-emotional (socio-emotional problems and competence [maternal])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological	No preconception	16 months	125
Liu	2016	Canada	Physical (body mass index, central adiposity [third-party observer])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological; cognitive appraisal	Preconception included (3 months)	5 ½; 8 ½; 11 ½; 13 ½; 15 ½ years	111
McLean	2018	Australia	Behavioral (internalizing behavior [maternal and third-party observer], anxiety symptoms [maternal])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	4 years	115
McLean	2019	Australia	Socio-emotional (temperament: negative reactivity, shy-inhibition (approach-withdrawal), attentional control (persistence) [maternal])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	16 months	104
McLean	2020	Australia	Physiological (cortisol [medical])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	16 months	111
Moss	2017	Australia	Cognitive (cognitive development); motor (fine and gross motor development [third-party observer])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	16 months	145
Moss	2018	Australia	Cognitive (cognitive development [third-party observer]); motor (fine and gross motor development [third-party observer])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	30 months	150
Nguyen	2018	Canada	Physiological (testosterone [medical], cortisol [medical]); behavioral (aggressive behavior [maternal])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological	Preconception included (3 months)	11 ½ years	59
Pomer	2018	Vanuatu	Birth (birth weight [medical])	2015 Cyclone Pam	Objective; psychological; diet	Preconception included (3 months)	Birth	70
Sanguanklin	2014	Thailand	Birth (gestational age [medical])	2011 Thailand Flood	Objective	No preconception (third trimester only)	Birth	175
Simcock	2016	Australia	Motor (fine and gross motor development [maternal])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	2 months; 6 months; 16 months	2 months (106); 6 months (115); 16 months (130)
Simcock	2017a	Australia	Socio-emotional (personal-social skills [maternal]); cognitive	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	6 months	115

			(communication; problem-solving skills [maternal])					
Simcock	2017b	Australia	Socio-emotional (temperament: approach, rhythmicity, cooperation-manageability, activity-reactivity, irritability [maternal])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	6 months	121
Simcock	2018	Australia	Motor (fine and gross motor development [maternal])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	2 ½ and 4 years	2 ½ years (124) and 4 years (113)
Simcock	2019	Australia	Behavioral (sleep problems, attention problems, anxious/depressed symptoms [maternal])	2011 Queensland Flood	Objective; psychological; cognitive appraisal	No preconception	2 ½ and 4 years	2 ½ (134); 4 (118)
Strahm	2020	United States	Physiological (cortisol [medical])	2009 Red River Flood	Objective; maternal cortisol	No preconception	9 years	56
Veru	2015	Canada	Physiological (lymphocytes, cytokines [medical])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological	Preconception included (3 months)	13 years	37
Walder	2014	Canada	Behavioral (autistic traits [maternal])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological	No preconception	6 ½ years	89
Yong Ping	2015	United States	Physiological (cortisol [medical])	2008 Iowa Flood	Objective; psychological	No preconception	2 ½ years	94
Yong Ping	2020	Canada	Behavioral (internalizing and externalizing behavior [maternal]); physiological (cortisol [medical])	1998 Quebec Ice Storm	Objective; psychological	No preconception	13 years	45

## Child Development Outcomes

### *Birth Outcomes*

This category included the following outcomes: birth weight, birth length, head circumference, ponderal index, and gestational age. For birth outcomes, a correlation greater than zero suggests that greater PNMS levels were associated with a larger newborn. Twenty-five effect sizes extracted from five different studies were included in this analysis (Figure 2). Overall, there was a significant positive association between PNMS and birth outcomes ( $r = 0.0547$  (95% CI = [0.0256; 0.0836];  $Z = 3.69$ ;  $p = 0.0002$ )), such that greater PNMS levels were associated with larger newborns. Due to its large sample size ( $n = 857$ ), one effect size associated with a single study (Harville & Do, 2016) accounted for 18.8% of the total weight. However, the sensitivity analysis revealed that the overall effect remained significant when rerunning the analysis after removing this effect or removing any other single effect. We found low heterogeneity between the studies ( $I^2 = 0.0\%$  [0.0%; 36.0%]). We performed a trim and fill procedure (Duval & Tweedie,

2000) and found that three positive correlations would be required to adjust for publication bias; thus, three positive effect sizes were added and are represented by red triangles in Figure 3, which were the inverse of 3 negative effect sizes already in the analysis. After the addition of these three effect sizes, the association between PNMS and birth outcomes was even more significant ( $r = 0.0640$  (95% CI = [0.0343; 0.0937];  $Z = 4.21$ ;  $p < 0.0001$ )). We still found low heterogeneity between the studies after this procedure ( $I^2 = 7.6\%$  [0.0%; 39.5%]).

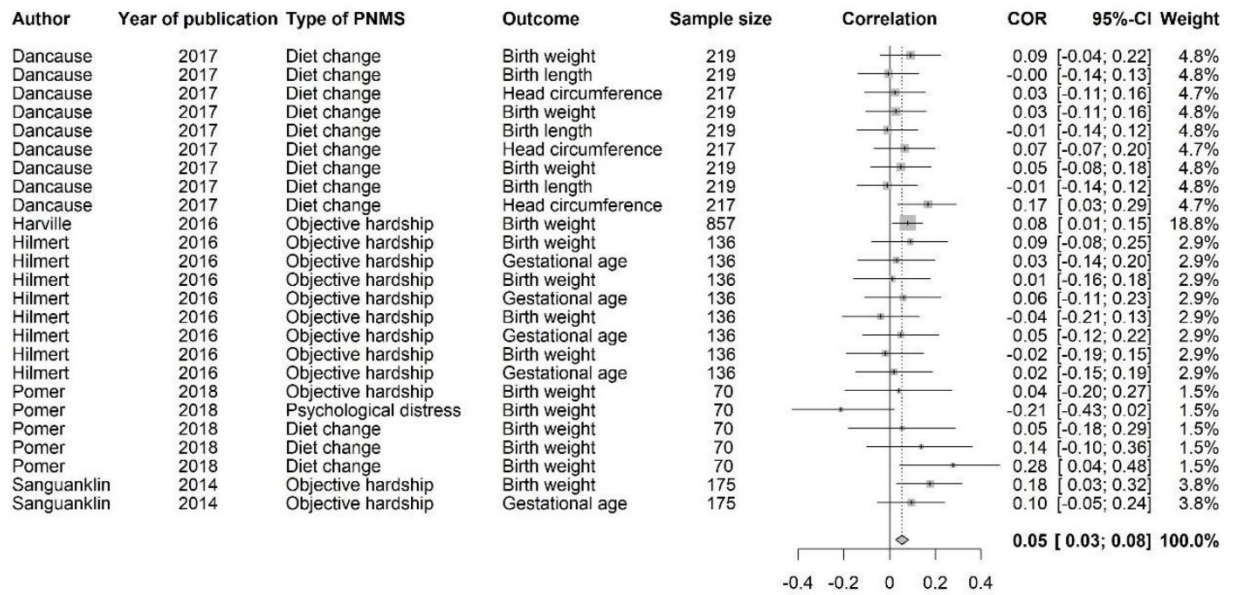


Figure 2. Birth Outcomes Forest Plot.

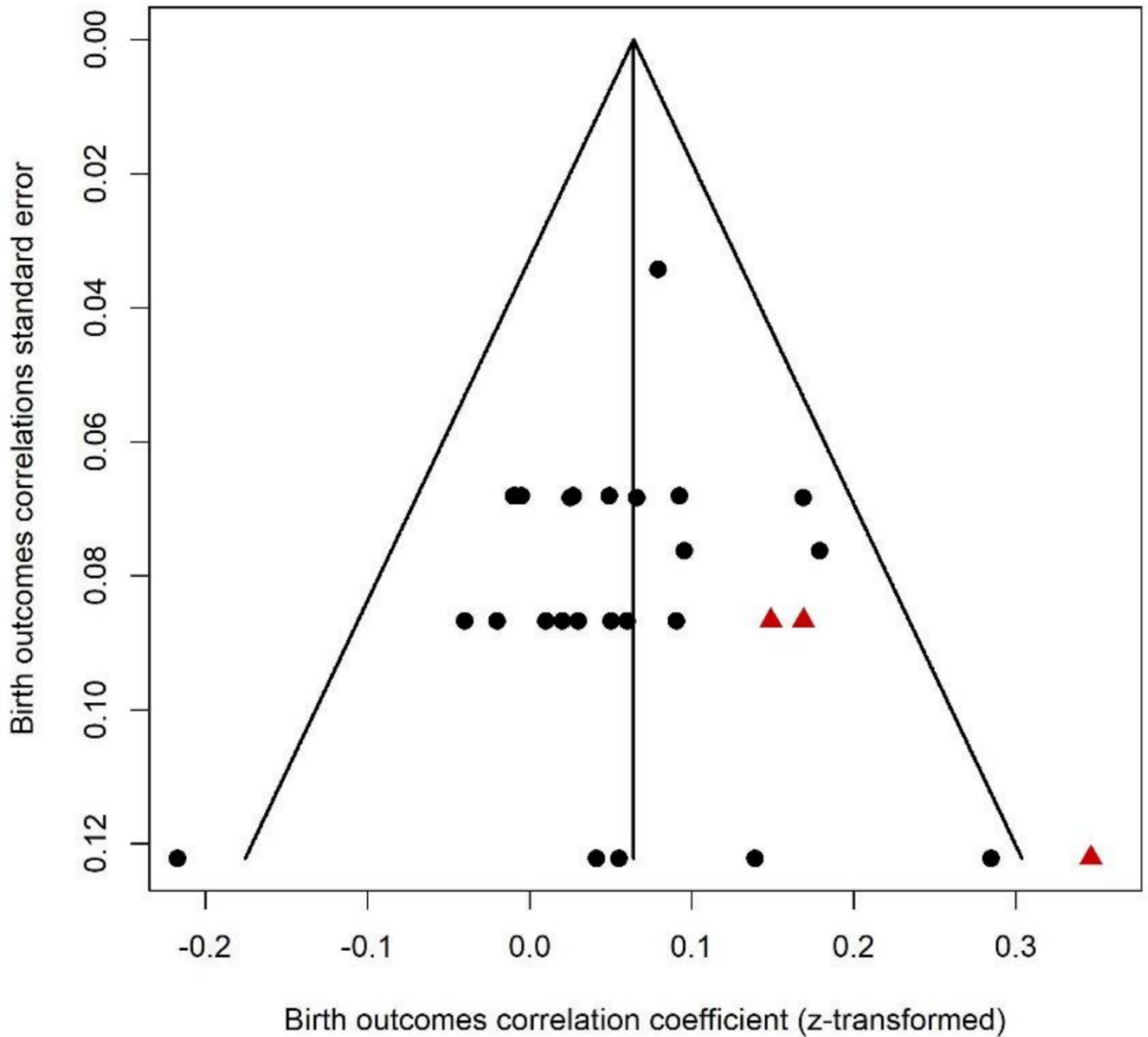


Figure 3. Birth Outcomes Funnel Plot. Three positive effect sizes were added and represented by red triangles.

We ran meta-regressions to test how different factors might explain the differences in the associations between PNMS and birth outcomes. First, we tested the effect of the different types of PNMS on birth outcomes: objective hardship (12 effect sizes); psychological distress (1 effect size); cognitive appraisal (0 effect size); and diet change (12 effect sizes). Only objective hardship and diet change were included in the analysis since the other factors did not meet the criterion of at least five cases per category. There was a significant positive overall correlation between the

birth outcomes and both objective hardship ( $r = 0.0618$ ;  $SE = 0.0207$ ;  $p = 0.0028$ ) and diet change ( $r = 0.0555$ ;  $SE = 0.0216$ ;  $p = 0.0102$ ) such that both higher objective hardship and diet change were associated with larger newborns (Figure 4). The summary effects of objective hardship and diet change on the birth outcomes did not differ significantly ( $p = 0.8335$ ).

Next, we ran a meta-regression to test the effect of including, or not including, the preconception cases. Nineteen effect sizes did not include preconception cases in their sample, while six did. We found a significant positive overall correlation between size at birth and PNMS in both no-preconception-included effect sizes ( $r = 0.0480$ ;  $SE = 0.0173$ ;  $p = 0.0055$ ) and preconception-included effect sizes ( $r = 0.0737$ ;  $SE = 0.029$ ;  $p = 0.0110$ ) (Figure 4). Including or not including preconception cases in the analyses did not make a difference in the association between PNMS and birth outcomes ( $p = 0.4457$ ).

We could not run meta-regressions for birth outcomes to test the age effect (all outcomes taken at birth), the natural disaster effect (only floods/cyclones apart from one earthquake) nor the report effect (only medical reports).

The Fisher's test revealed no significant dependence among the factors tested in the meta-regressions indicating that the results were not confounded, and that we can assume that the effect found with one factor is not attributable to another factor.

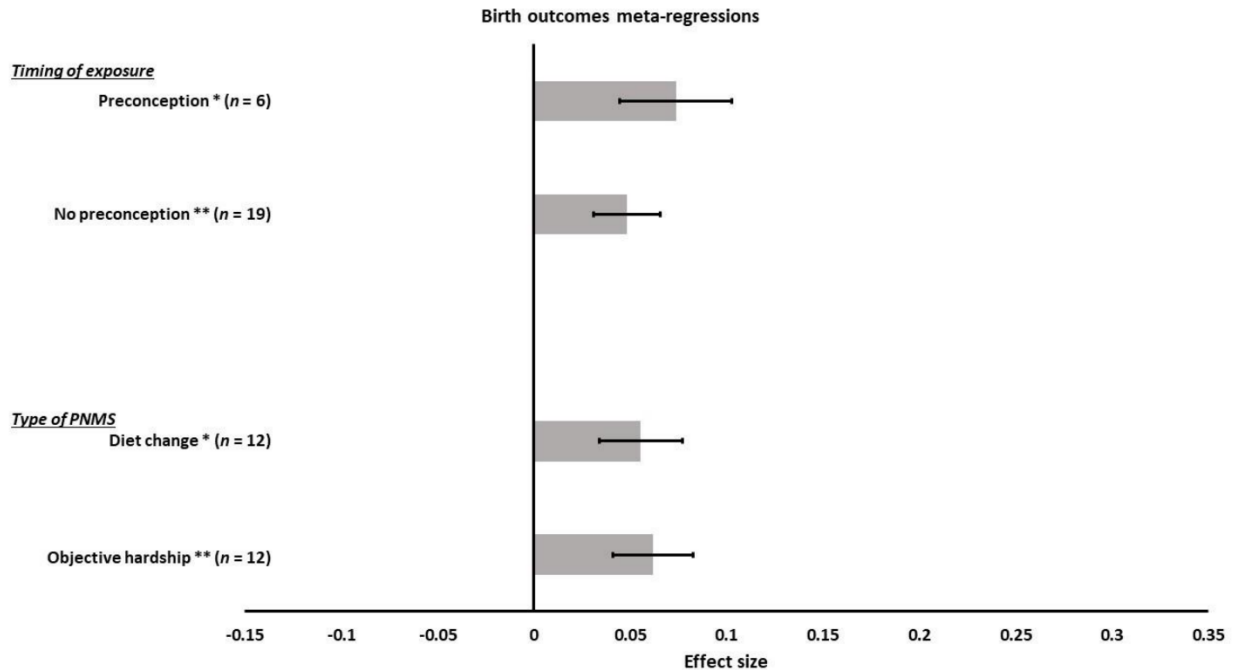


Figure 4. Birth outcomes meta-regressions. Type of PNMS effect (diet change; objective hardship) on birth outcomes and timing of exposure effect (no preconception; preconception) on the association between PNMS levels and birth outcomes. Note: \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ .

### ***Cognitive Outcomes***

This category included the following outcomes: developmental quotient, Mental Development Index (mental scale of the Bayley Scales of Infant Development), IQ (Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence), production and receptive language abilities (MacArthur-Bates Communicative Development Inventories), and play style. For this category of outcomes, a correlation above zero means that greater PNMS levels were associated with worse cognitive outcomes. We retrieved 58 effect sizes extracted from nine studies (Figure 5). Their combination resulted in a significant positive association between PNMS levels and the cognitive development of the child ( $r = 0.1206$  (95% CI = [0.0710; 0.1696];  $Z = 4.75$ ;  $p < 0.0001$ ): greater PNMS levels were associated with worse cognitive development in children. We performed a sensitivity analysis and we found that the overall effect remained significant no matter which effect



size was removed. We found moderate heterogeneity between the studies ( $I^2 = 72.6\%$  [64.5%; 78.9%]). We performed a trim and fill procedure (Duval & Tweedie, 2000) and found that no supplemental effect size would be required to adjust for publication bias (Figure 6).

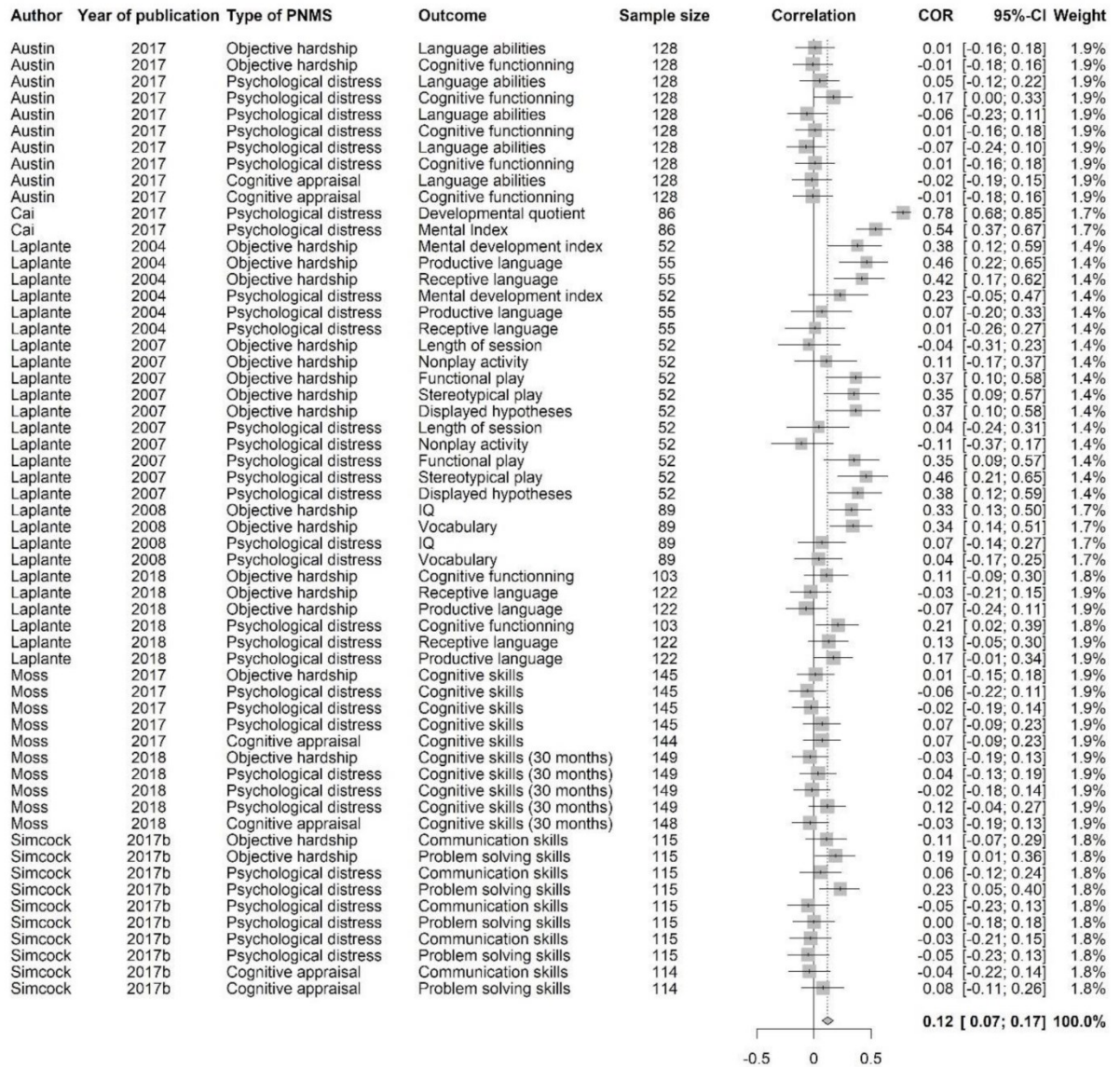


Figure 5. Cognitive outcomes forest plot.

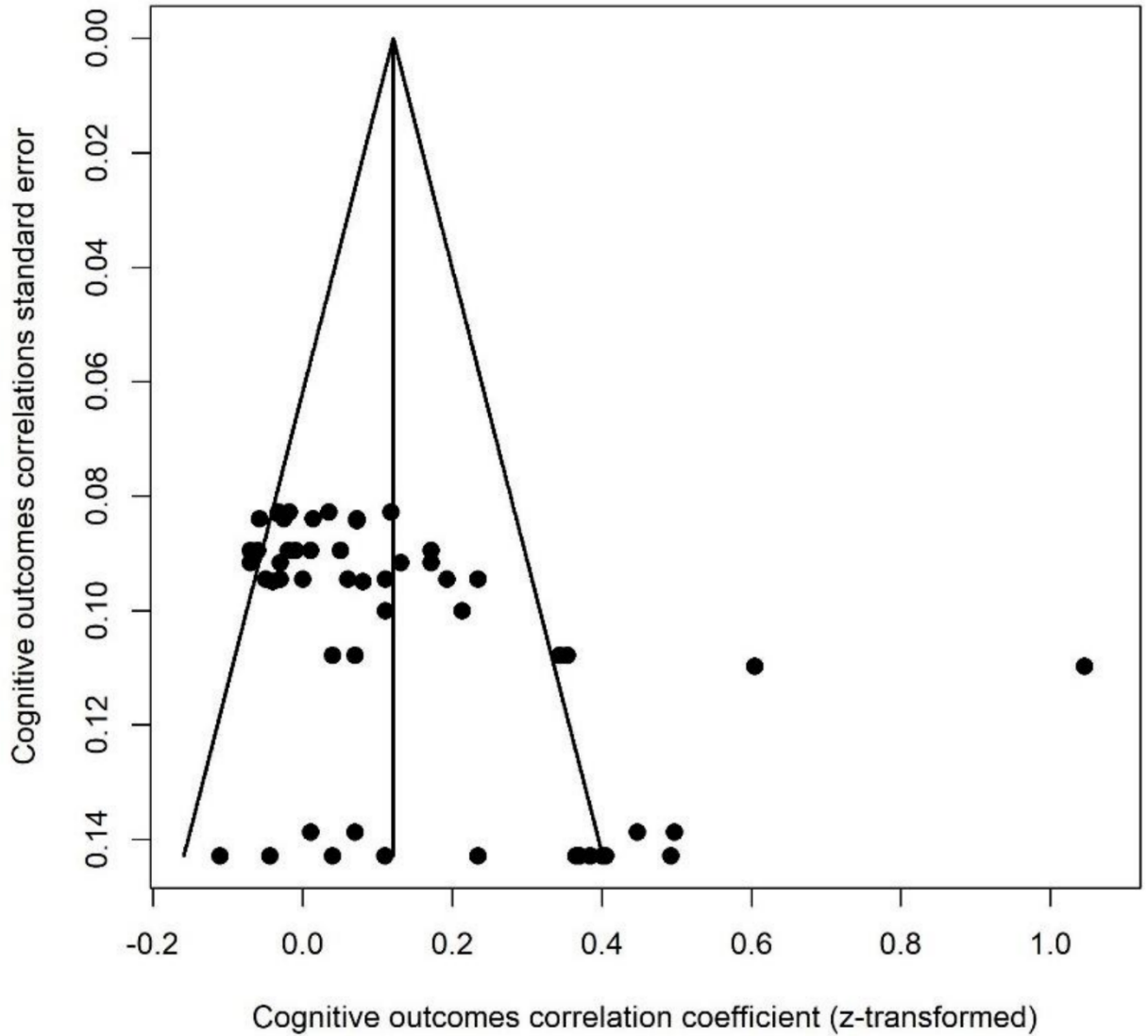


Figure 6. Cognitive outcomes funnel plot.

We tested the effect of the different types of PNMS on the cognitive outcomes: objective hardship (19 effect sizes); psychological distress (33 effect sizes); cognitive appraisal (6 effect sizes); and diet change (0 effect size). We found a significant positive overall correlation between the cognitive outcomes and both objective hardship ( $r = 0.1682$ ;  $SE = 0.0456$ ;  $p = 0.0002$ ) and psychological distress ( $r = 0.1178$ ;  $SE = 0.0337$ ;  $p = 0.0005$ ) such that higher objective or psychological PNMS levels were associated with worse cognitive development (Figure 7). The

association between cognitive appraisal and cognitive outcomes was not significant ( $r = 0.0082$ ;  $SE = 0.0760$ ;  $p = 0.9145$ ). There was no significant difference between the summary effects of objective hardship and psychological distress ( $p = 0.3748$ ), nor between objective hardship and cognitive appraisal ( $p = 0.0712$ ), nor between psychological distress and cognitive appraisal ( $p = 0.1875$ ).

We ran another meta-regression to test the effect of the type of natural disaster on the relationship between PNMS and cognitive development. The effect sizes were related to different natural disasters: 36 were related to a flood, 20 to an ice storm, and only two to an earthquake, which we did not include in the analysis. We found a significant positive overall correlation between cognitive outcomes and PNMS in the ice-storm-related effect sizes ( $r = 0.2389$ ;  $SE = 0.0322$ ;  $p < 0.0001$ ); however, the overall correlation between PNMS and cognitive outcomes was not significant in the flood-related effect sizes ( $r = 0.0329$ ;  $SE = 0.0176$ ;  $p = 0.0617$ ) (Figure 7). There was a significantly higher summary effect in the group of ice storm studies than in the flood group ( $p < 0.0001$ ).

Next, we tested the effect of the type of report on the association between PNMS and cognitive development. This analysis included 23 effect sizes for which the outcome had been reported by the mother, 35 that had been reported by a third-party observer, and 0 that had been obtained from medical reports. The association between PNMS levels and cognitive development was significantly positive for third-party observer-reported effect sizes ( $r = 0.1607$ ;  $SE = 0.0328$ ;  $p < 0.0001$ ) but was not significant for the mother-reported effect sizes ( $r = 0.0633$ ;  $SE = 0.0395$ ;  $p = 0.1091$ ) (Figure 7). The comparison between the effect of the two types of report suggested no significant difference ( $p = 0.0579$ ).

According to the Fisher's test, there was a significant association between the type of report and the type of disaster ( $p = 0.0237$ ). Most effect sizes from the ice storm study were reported by a third-party observer. It was then impossible to distinguish the effect of both these factors.

Finally, we could not run meta-regressions to test the timing of exposure effect (only two effect sizes including preconception cases) and the age effect (all effect sizes under age 10).

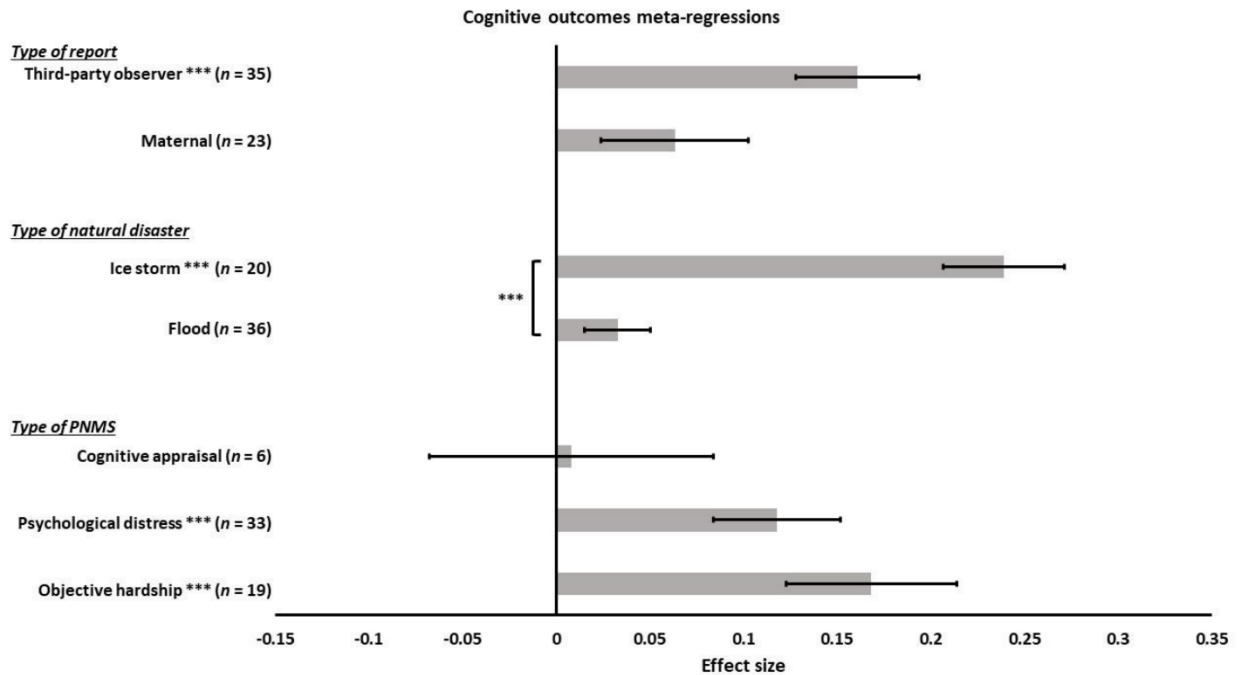


Figure 7. Cognitive outcomes meta-regressions. Type of PNMS effect (objective hardship; psychological distress; cognitive appraisal) on cognitive outcomes, type of natural disaster (flood; ice storm), and type of report (maternal; third-party observer) on the association between PNMS levels and cognitive outcomes. Note: \*\*\*  $p < 0.001$ .

### ***Motor Outcomes***

This category included the following outcomes: fine and gross motor functioning, balance (postural control), bilateral coordination, and visual-motor integration. For the motor outcomes, a positive correlation suggested that greater PNMS levels were associated with worse motor outcomes. Sixty-eight effect sizes extracted from five studies (Figure 8) were combined and

resulted in a positive significant association between PNMS levels and motor outcomes ( $r = 0.0829$  (95% CI = [0.0534; 0.1122];  $Z = 5.50$ ;  $p < 0.0001$ )), meaning that greater PNMS levels were associated with worse motor development. The sensitivity analysis suggested that none of the effect sizes included in the analysis was solely responsible for the correlation. We found low heterogeneity between the studies ( $I^2 = 45.8\%$  [27.8%; 59.3%]). We performed a trim and fill procedure (Duval & Tweedie, 2000) and found that 15 negative correlations would be required to adjust for publication bias. We added 15 negative effect sizes (red triangles in Figure 9), which were the inverse of 15 positive effect sizes already in the analysis. Even after the addition of these 15 effect sizes, the association between PNMS and motor outcomes was still significant ( $r = 0.0371$  (95% CI = [0.0041; 0.0700];  $Z = 2.20$ ;  $p = 0.0275$ )). Heterogeneity between the studies was then moderate ( $I^2 = 63.7\%$  [54.2%; 71.3%]).

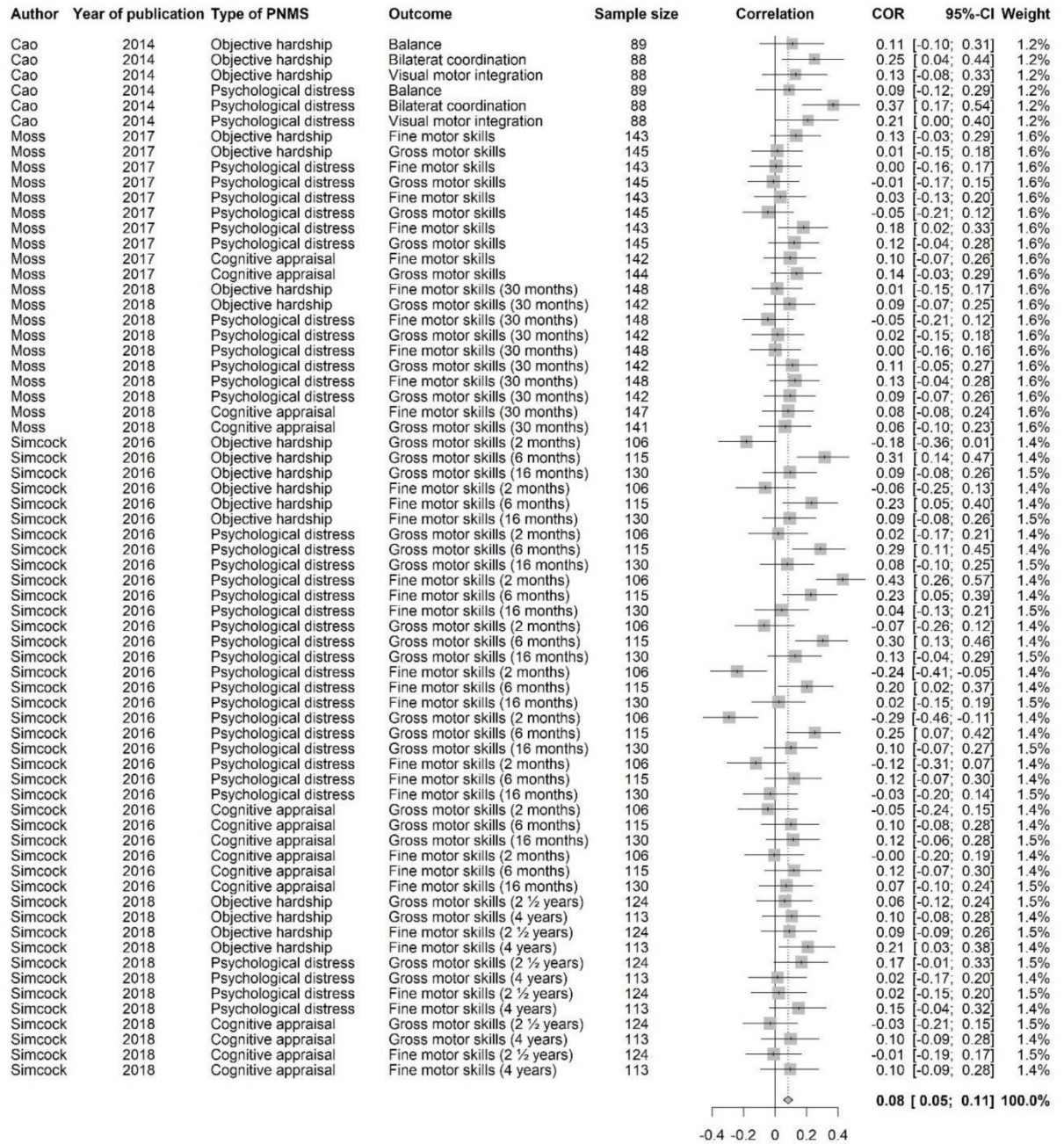


Figure 8. Motor outcomes forest plot.

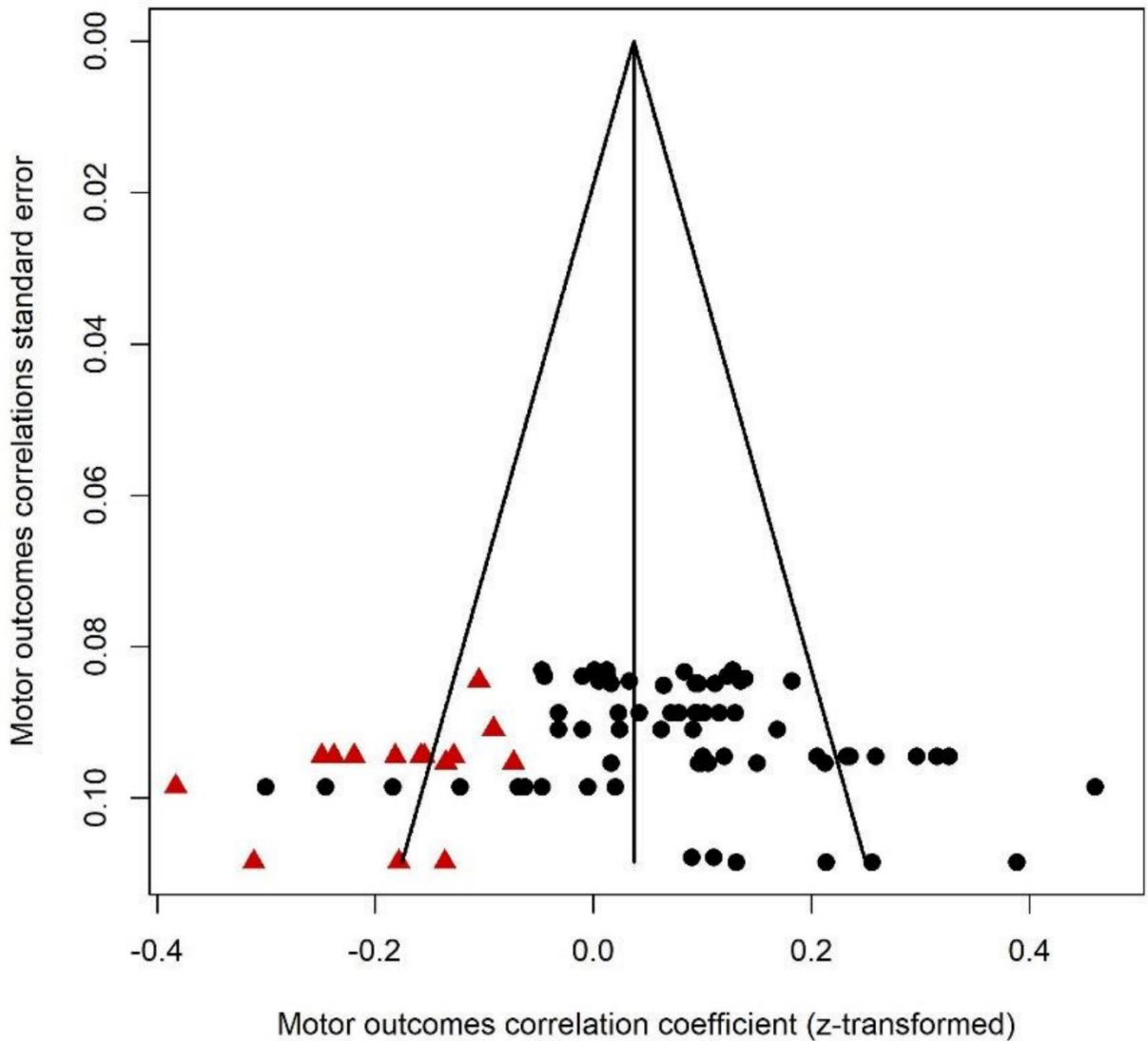


Figure 9. Motor outcomes funnel plot. Fifteen positive effect sizes were added and represented by red triangles.

We performed a meta-regression to determine the effect of the types of PNMS on the motor outcomes: objective hardship (17 effect sizes); psychological distress (37 effect sizes); cognitive appraisal (14 effect sizes); and diet change (0 effect size). There was a significant positive overall correlation between the motor outcomes and both objective hardship ( $r = 0.0994$ ;  $SE = 0.0308$ ;  $p = 0.0013$ ) and the psychological measures ( $r = 0.0827$ ;  $SE = 0.0207$ ;  $p < 0.0001$ ): higher objective

hardship or psychological distress levels were associated with worse motor outcomes (Figure 10). However, the overall correlation between cognitive appraisal and motor development was not significant ( $r = 0.0650$ ;  $SE = 0.0334$ ;  $p = 0.0518$ ). The summary effect of the three types of PNMS measures on motor outcomes did not differ significantly (objective hardship vs. psychological distress ( $p = 0.6512$ ); objective hardship vs. cognitive appraisal ( $p = 0.4492$ ); psychological distress vs. cognitive appraisal ( $p = 0.6535$ )).

We then ran a meta-regression to test the effect of the type of natural disaster on the association between PNMS levels and motor outcomes. We retrieved 62 effect sizes related to a flood, six related to an ice storm, and none related to an earthquake. We found a significant positive overall correlation between motor outcomes and PNMS in both flood related effect sizes ( $r = 0.0741$ ;  $SE = 0.0153$ ;  $p < 0.0001$ ) and ice storm related effect sizes ( $r = 0.1978$ ;  $SE = 0.0548$ ;  $p = 0.0003$ ) (Figure 10). The summary effect found in the ice storm group was significantly higher than in the flood group ( $p = 0.0297$ ).

Lastly, we tested the effect of the type of report for the outcome on the association between PNMS levels and motor development. The analysis included 42 maternally reported effect sizes, 26 effect sizes reported by a third-party observer; no effect sizes were associated with a medical report. There was a significant positive overall correlation between PNMS levels and motor development when the outcome was either reported by the mother ( $r = 0.0809$ ;  $SE = 0.0195$ ;  $p < 0.0001$ ) or a third-party observer ( $r = 0.0865$ ;  $SE = 0.0242$ ;  $p = 0.0004$ ) (Figure 10). We did not find a significant difference between the summary effect of these two types of reports ( $p = 0.8581$ ).

Due to a failure to meet the pre-established criterion to perform our meta-regressions, we could not test the age effect (all effect sizes were for children under age 10) or the timing of exposure effect (no preconception-included effect sizes).



The Fisher's test revealed a significant association between the type of report and the type of disaster ( $p = 0.0021$ ). For this category of outcomes, effect sizes extracted from ice storm studies were only reported by a third-party observer, while effect sizes extracted from flood studies were mostly reported by the mother. This made it impossible for us to conclude whether the effect observed with these two factors was due to one factor or the other.

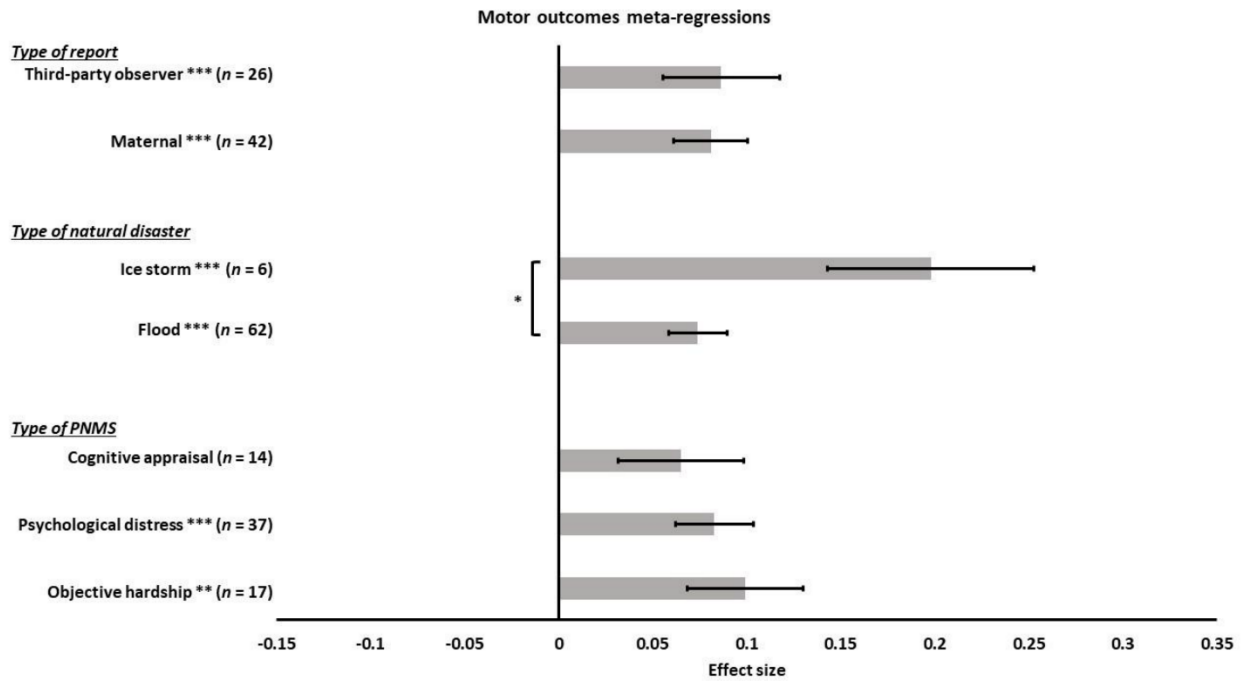


Figure 10. Motor outcomes meta-regressions. Type of PNMS effect (objective hardship; psychological distress; cognitive appraisal) on motor outcomes, type of natural disaster effect (flood; ice storm) and type of report (maternal; third-party observer) on the association between PNMS levels and motor outcomes. Note: \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ .

### Physical Outcomes

Since this category included outcomes such as body mass index and adiposity, a correlation higher than zero suggested that greater PNMS levels were associated with children who are heavier relative to their height. Forty-two effect sizes extracted from three studies (Figure 11) were

combined and resulted in a significantly positive association between PNMS levels and physical outcomes ( $r = 0.1040$  (95% CI = [0.0585; 0.1490];  $Z = 4.47$ ;  $p < 0.0001$ )), such that greater PNMS levels were associated with children who are heavier relative to their height. The sensitivity analysis suggested that the overall effect remained significant no matter which effect size was removed. We found low heterogeneity between the studies ( $I^2 = 39.7\%$  [12.4%; 58.4%]). The trim and fill procedure (Duval & Tweedie, 2000) revealed that two negative correlations would be required to adjust for publication bias. After the addition of two negative effect sizes (red triangles in Figure 12), the association between PNMS and physical outcomes remained significant ( $r = 0.0925$  (95% CI = [0.0454; 0.1391];  $Z = 3.84$ ;  $p = 0.0001$ )). Heterogeneity between the studies was low after this procedure ( $I^2 = 45.2\%$  [21.7%; 61.6%]).

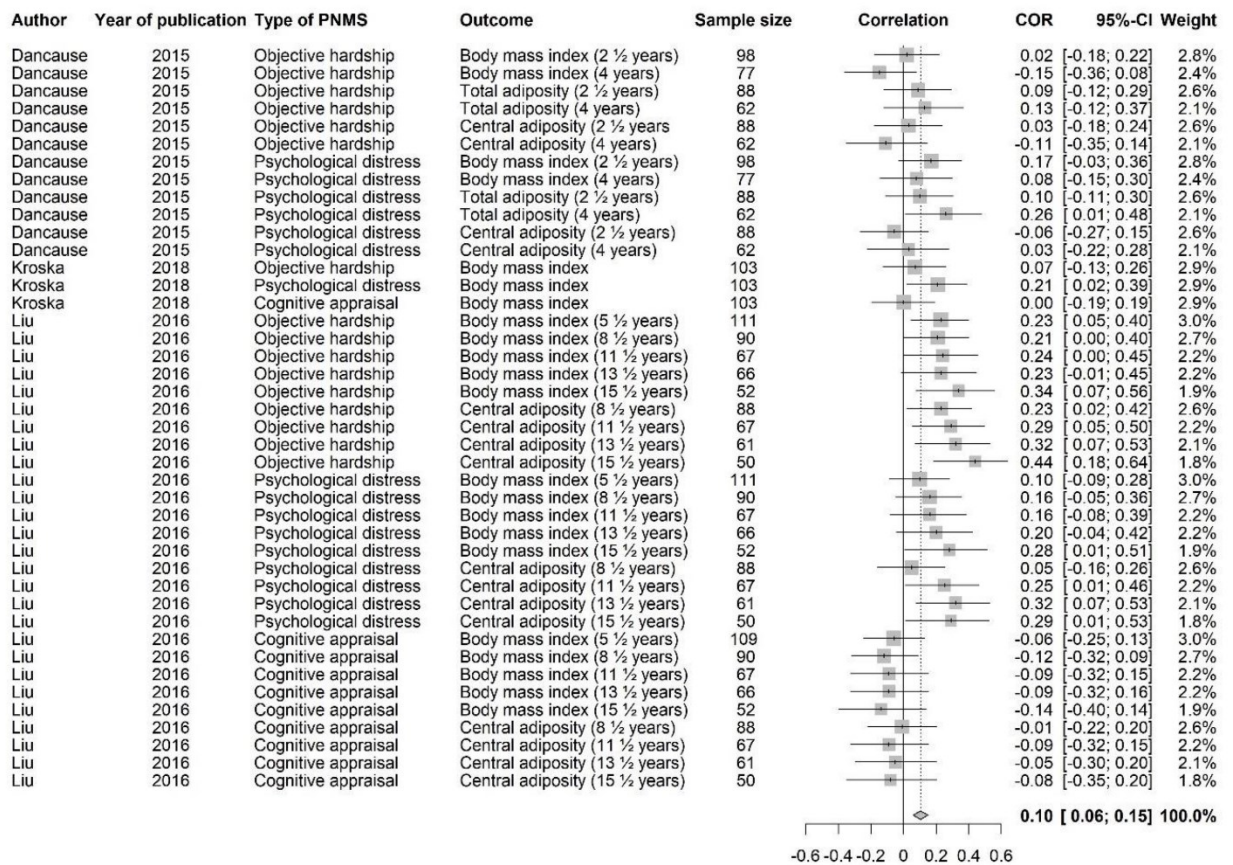
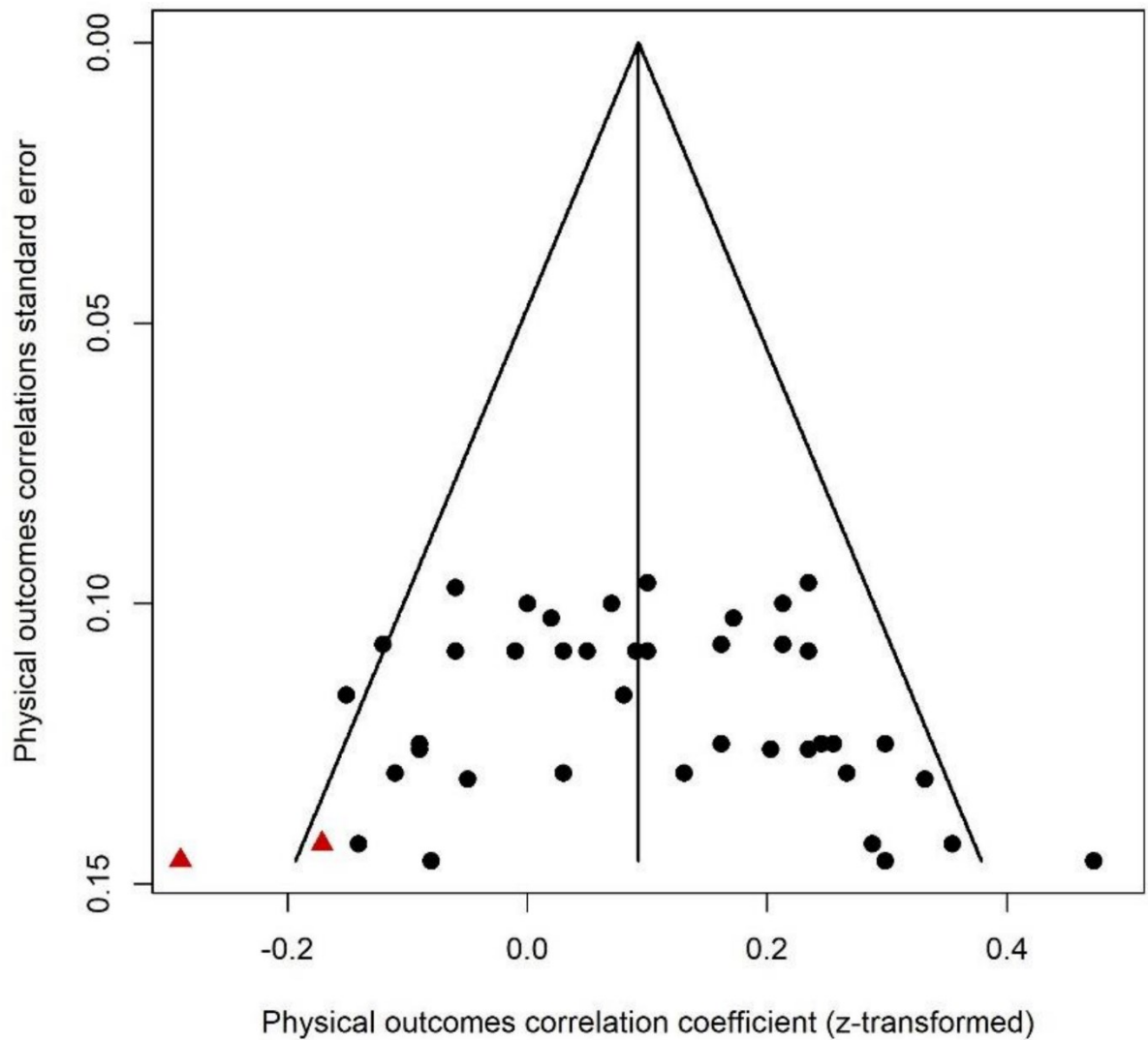


Figure 11. Physical outcomes forest plot.



*Figure 12.* Physical outcomes funnel plot. Two negative effect sizes were added and are represented by red triangles.

We performed meta-regressions to test the effect of the different types of PNMS on the physical outcomes. PNMS measures were distributed as follows: objective hardship (16 effect sizes); psychological distress (16 effect sizes); cognitive appraisal (10 effect sizes); and diet change (0 effect sizes). In the case of maternal cortisol, because the significance of its directionality is not yet established, and because different cortisol measures may have different meanings, which prevented their grouping for analyses, we did not include this indicator of stress in our analyses.

There was a significant positive overall correlation between the physical outcomes and both objective hardship ( $r = 0.1539$ ;  $SE = 0.0299$ ;  $p < 0.0001$ ) and psychological distress ( $r = 0.1532$ ;  $SE = 0.0299$ ;  $p < 0.0001$ ) such that higher objective hardship or psychological distress levels were associated with children who are heavier relative to their height (Figure 13). However, a non-significant overall correlation between negative cognitive appraisal levels and physical outcomes was observed ( $r = -0.0674$ ;  $SE = 0.0383$ ;  $p = 0.0780$ ), with the negative direction of the effect indicating a tendency for a negative maternal cognitive appraisal to be associated with lower adiposity. Given that the direction of the association between cognitive appraisal and physical outcomes differed from those observed for objective hardship and subjective distress, there was a significant difference between the summary effect of cognitive appraisal on physical outcomes and that of both objective ( $p < 0.0001$ ) and psychological measures ( $p < 0.0001$ ). There was no significant difference between the summary effect of the objective and psychological measures ( $p = 0.9866$ ).

We then performed a meta-regression to determine the effect of the type of natural disaster on the relationship between PNMS and physical development. We found 15 effect sizes related to a flood and 27 related to an ice storm. The overall correlation between PNMS levels and physical development was significantly positive when the disaster experienced by the mother was an ice storm ( $r = 0.1316$ ;  $SE = 0.0293$ ;  $p < 0.0001$ ), but not when it was a flood ( $r = 0.0597$ ;  $SE = 0.0374$ ;  $p = 0.1105$ ) (Figure 13). The difference between the summary effect of the two types of natural disasters was, however, not significant ( $p = 0.1299$ ).

Furthermore, we ran a meta-regression to test the effect of preconception. Fifteen effect sizes did not include preconception cases in their sample, whereas 27 effect sizes included children exposed to a disaster in the preconception period. There was a significant positive overall

correlation between PNMS levels and physical outcomes in preconception-included effect sizes ( $r = 0.1316$ ;  $SE = 0.0293$ ;  $p < 0.0001$ ) (Figure 13), while the overall correlation was not significant in the no-preconception-included effect sizes ( $r = 0.0597$ ;  $SE = 0.0374$ ;  $p = 0.1105$ ). Including preconception cases in the sample or not did not make a significant difference in the overall association between PNMS and physical development ( $p = 0.1299$ ).

Next, we tested the effect of child age on the association between PNMS and physical development. We retrieved 24 effect sizes in children under 10 years of age and 18 in children aged 10 years or older. There was a significant positive overall correlation between PNMS and physical development in both children under 10 years of age ( $r = 0.0715$ ;  $SE = 0.0286$ ;  $p = 0.0124$ ) and children aged 10 years or older ( $r = 0.1600$ ;  $SE = 0.0375$ ;  $p < 0.0001$ ) (Figure 13). The comparison of the summary effects between the two age categories revealed no significant difference ( $p = 0.0604$ ).

Finally, we could not run meta-regressions to test the type of report effect since all outcomes were reported by a third-party observer.

The Fisher's test showed that there was a significant association between the child age and the timing of exposure effects ( $p < 0.0001$ ): effect sizes collected in children aged 10 or older all included preconception cases while most effect sizes collected in children under the age of 10 did not include preconception cases. There was also a significant association between the age and the type of disaster effects ( $p < 0.0001$ ): effect sizes extracted from flood studies were all collected in children aged under 10, while most effect sizes extracted from ice storm studies were collected in children aged 10 or older. The timing of exposure and the type of disaster effects were also significantly associated ( $p < 0.0001$ ): all effect sizes extracted from ice storm studies included

preconception cases while none of the effect sizes extracted from flood studies did. We were therefore unable to distinguish the effect of these factors from one another.

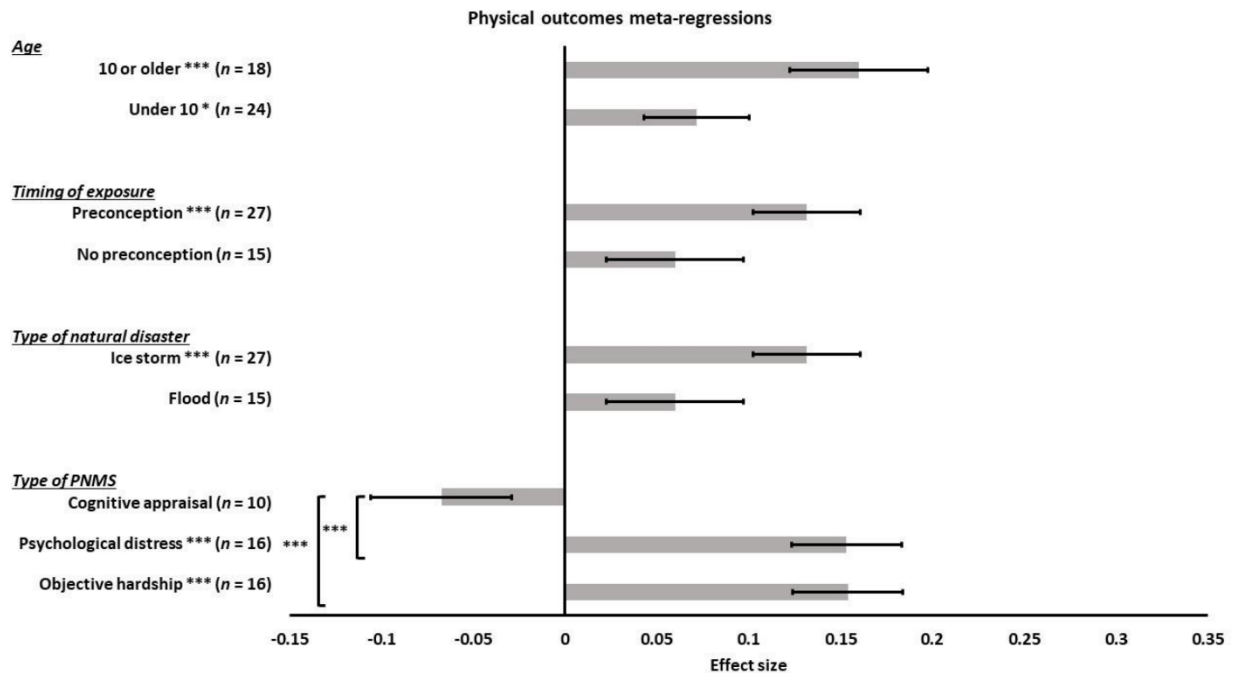


Figure 13. Physical outcomes meta-regressions. Type of PNMS effect (objective hardship; psychological distress; cognitive appraisal) on physical outcomes, type of natural disaster effect (flood; ice storm), timing of exposure effect (no preconception; preconception) and age effect (under 10 or 10 or older) on the association between PNMS levels and physical outcomes. Note: \*  $p < 0.05$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ .

### Socio-Emotional Outcomes

This category of outcomes included: temperament (fussy/difficult, unadaptable, dull, needs attention, negative reactivity, shy-inhibition (approach-withdrawal), attentional control (persistence), approach, rhythmicity, cooperation-manageability, activity-reactivity, irritability) and socio-emotional functioning (socio-emotional problems and competence, personal-social skills). A correlation above zero suggested that greater PNMS levels were associated with worse socio-emotional outcomes. A total of 57 effect sizes extracted from 5 different studies were

included in this analysis (see Figure 14). Overall, there was a significant positive association between PNMS and socio-emotional outcomes ( $r = 0.0588$  (95% CI = [0.0304; 0.0871];  $Z = 4.06$ ;  $p < 0.0001$ ), such that greater PNMS levels were associated with worse socio-emotional outcomes. The sensitivity analysis revealed that the overall effect remained significant no matter which effect size was removed. We found low heterogeneity between the studies ( $I^2 = 25.4\%$  [0.0%; 46.6%]). We performed the trim and fill procedure (Duval & Tweedie, 2000) and found that no supplemental study would be required to adjust for publication bias (Figure 15).

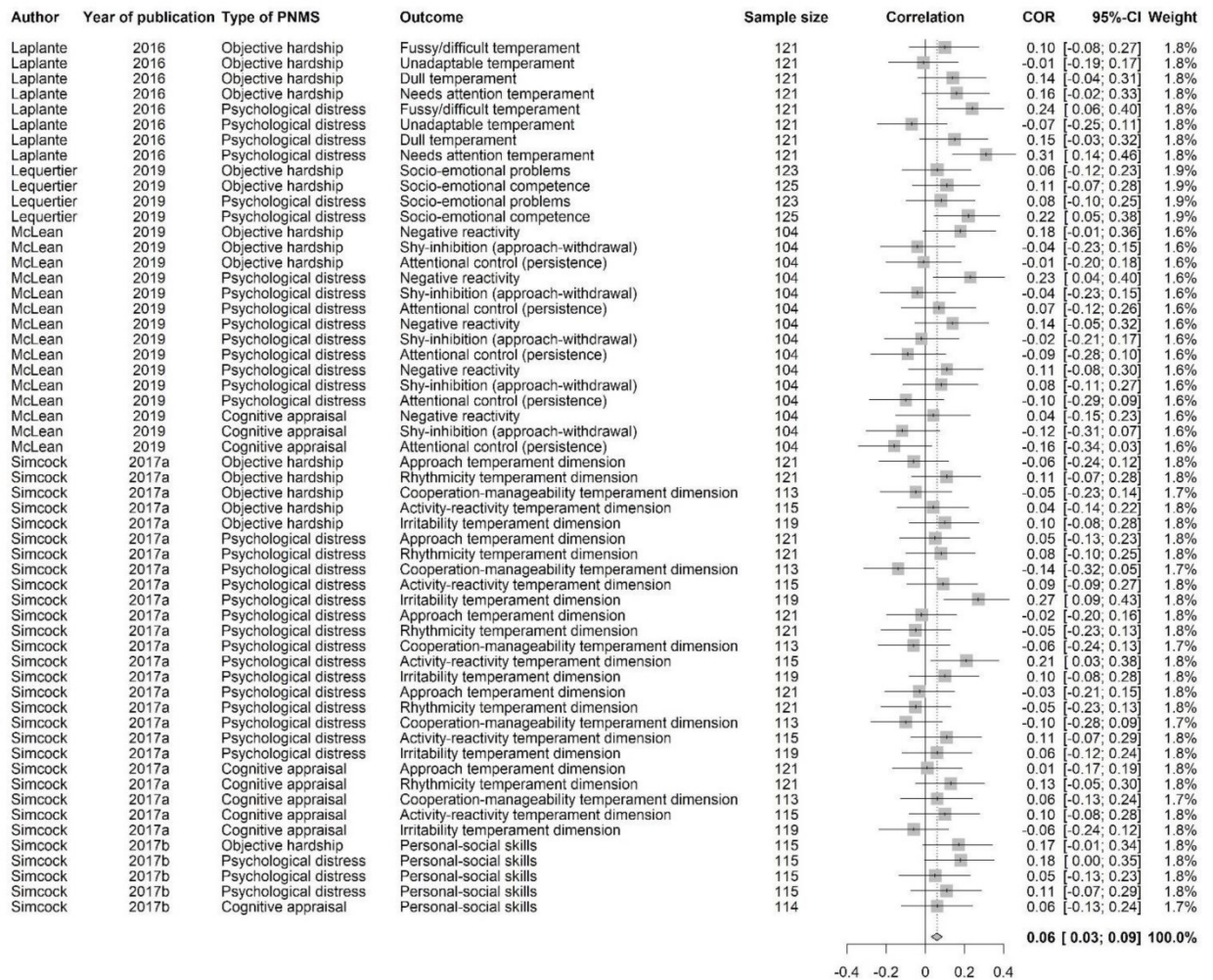


Figure 14. Socio-emotional outcomes forest plot.

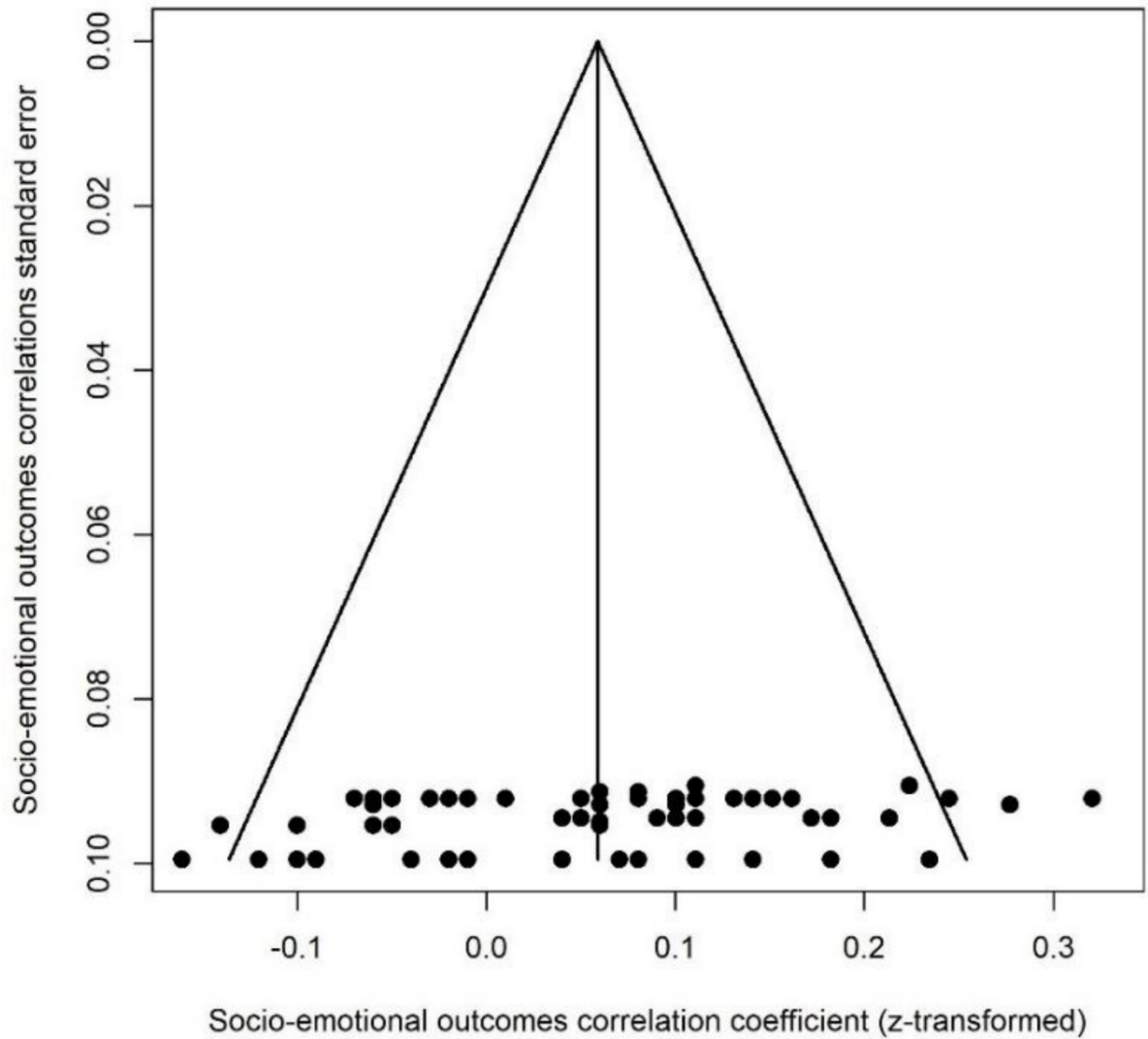


Figure 15. Socio-emotional outcomes funnel plot.

We performed a meta-regression to determine the effect of the type of PNMS measures on the socio-emotional outcomes: objective hardship (15 effect sizes); psychological distress (33 effect sizes); cognitive appraisal (9 effect sizes); and diet change (0 effect size). There was a significant positive overall correlation between the socio-emotional outcomes and both objective hardship ( $r = 0.0679$ ;  $SE = 0.0281$ ;  $p = 0.0156$ ) and psychological distress ( $r = 0.0681$ ;  $SE = 0.0191$ ;  $p = 0.0004$ ) such that both objective hardship and psychological distress levels were associated with worse socio-emotional outcomes (Figure 16). The overall correlation between



cognitive appraisal and socio-emotional outcomes was, however, not significant ( $r = 0.0091$ ;  $SE = 0.0367$ ;  $p = 0.8053$ ). The summary effect of the three types of PNMS measures on the socio-emotional outcomes did not significantly differ (objective hardship vs. psychological distress ( $p = 0.9968$ ); objective hardship vs. cognitive appraisal ( $p = 0.2027$ ); psychological distress vs. cognitive appraisal ( $p = 0.1537$ )).

Next, we tested the effect of the type of natural disaster on the relationship between PNMS levels and socio-emotional outcomes. A total of 49 effect sizes were related to a flood, while eight were related to an ice storm, and none were related to an earthquake. There was a significant positive overall correlation between PNMS and socio-emotional outcomes in both flood related effect sizes ( $r = 0.0467$ ;  $SE = 0.0153$ ;  $p = 0.0022$ ) and ice storm related effect sizes ( $r = 0.1299$ ;  $SE = 0.0368$ ;  $p = 0.0004$ ) (Figure 16), and the overall correlation found in the ice storm effect sizes was significantly higher than in the flood effect sizes ( $p = 0.0370$ ).

We could not run meta-regressions to test the type of report effect (only maternal reports), the timing of exposure effect (no preconception-included effect sizes), nor the age effect (all effect sizes in children under 10 years of age).

According to the Fisher's test, the factors tested in the meta-regressions were not significantly dependant, meaning that the effect found with a given factor does not seem to be attributable to any of the other factors that we tested.

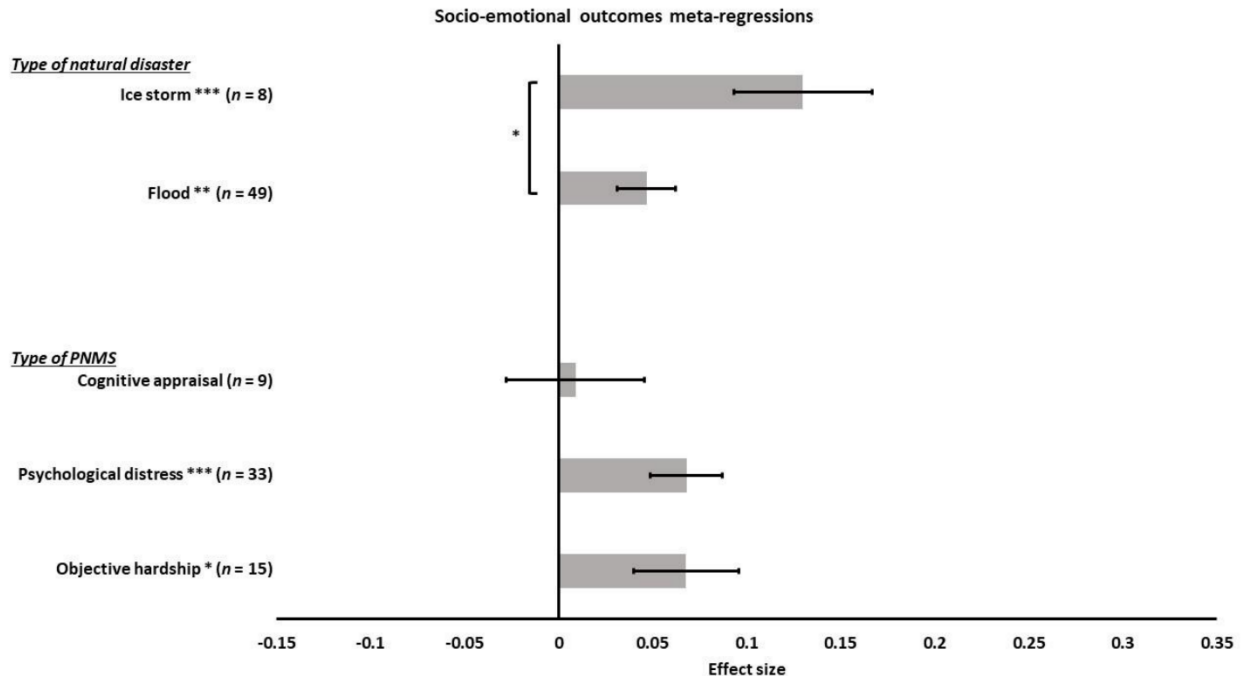


Figure 16. Socio-emotional outcomes meta-regressions. Type of PNMS effect (objective hardship; psychological distress; cognitive appraisal) on socio-emotional outcomes and type of natural disaster (flood; ice storm) on the association between PNMS levels and physical outcomes. Note: \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ .

### ***Behavioral Outcomes***

This category of outcomes included the following: internalizing (e.g., anxiety, depression) and externalizing (e.g., aggression) behaviors, attention, sleep problems, and autistic-like symptoms or traits. A positive correlation meant that greater PNMS levels were associated with worse behavioral outcomes. We retrieved 46 effect sizes extracted from six studies (Figure 17). Their combination resulted in a significant positive association between PNMS levels and behavioral outcomes in children ( $r = 0.0959$  (95% CI = [0.0606; 0.1310];  $Z = 5.30$ ;  $p < 0.0001$ )), such that greater PNMS levels were associated with worse behavioral development in children. The sensitivity analysis suggested that no specific effect size included in the analysis was pulling the correlation. According to the trim and fill procedure (Duval & Tweedie, 2000) we performed,

no supplemental study would be required to adjust for publication bias (Figure 18). We found low heterogeneity between the studies ( $I^2 = 34.6\%$  [6.0%; 54.5%]).

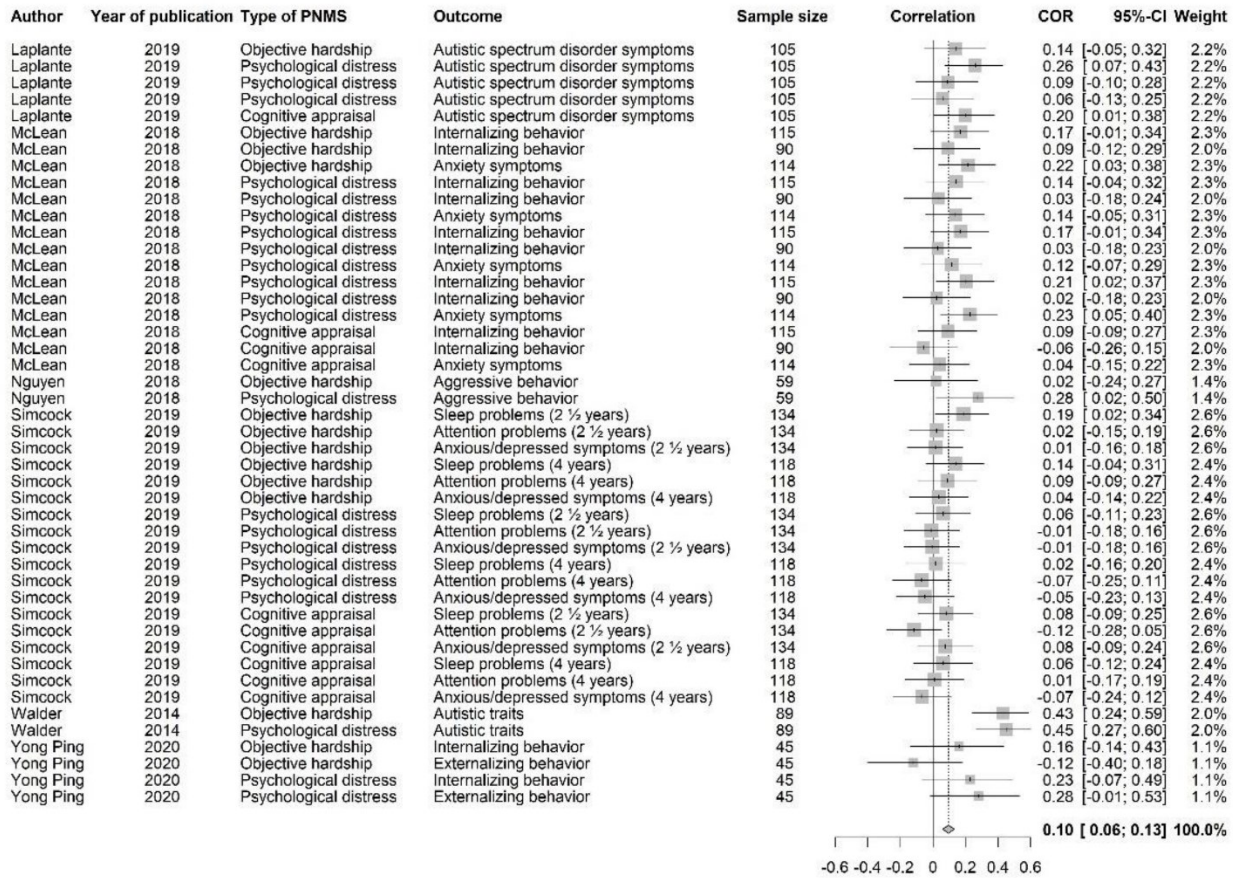


Figure 17. Behavioral outcomes forest plot.

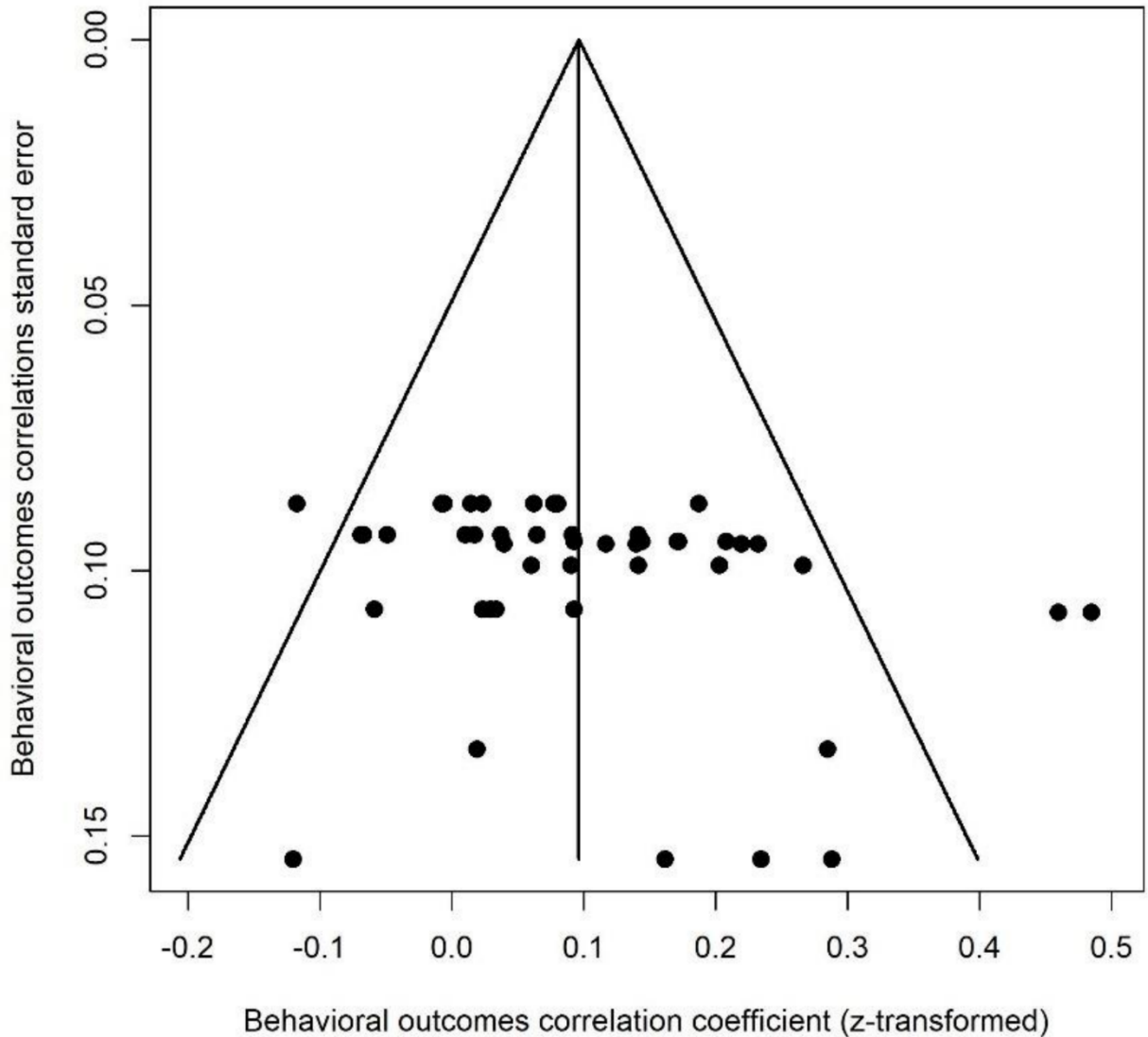


Figure 18. Behavioral outcomes funnel plot.

We ran meta-regressions to determine the effect of the type of PNMS measures on behavioral development: objective hardship (14 effect sizes); psychological distress (22 effect sizes); cognitive appraisal (10 effect sizes); and diet change (0 effect size). There was a significantly positive overall correlation between behavioral outcomes and both objective hardship ( $r = 0.1225$ ;  $SE = 0.0327$ ;  $p = 0.0002$ ) and psychological distress ( $r = 0.1118$ ;  $SE = 0.0259$ ;  $p < 0.0001$ ) such that higher objective hardship or psychological distress levels were associated with worse behavioral outcomes (Figure 19). However, the overall correlation between cognitive

appraisal and behavioral outcomes was not significant ( $r = 0.0318$ ;  $SE = 0.0364$ ;  $p = 0.3816$ ). The summary effect of the three types of PNMS measures on behavioral outcomes did not differ significantly (objective hardship vs. psychological distress ( $p = 0.7978$ ); objective hardship vs. cognitive appraisal ( $p = 0.0640$ ); psychological distress vs. cognitive appraisal ( $p = 0.0733$ )).

We then tested the effect of the type of natural disaster on the association between PNMS levels and behavioral outcomes using a meta-regression. There were 38 effect sizes related to a flood, 8 related to an ice storm, and none related to an earthquake. We found a significant positive overall correlation between PNMS and behavioral outcomes in both flood-related effect sizes ( $r = 0.0752$ ;  $SE = 0.0170$ ;  $p < 0.0001$ ) and ice-storm-related effect sizes ( $r = 0.2643$ ;  $SE = 0.0499$ ;  $p < 0.0001$ ) (Figure 19). The summary effect found in the ice storm group was significantly higher than in the flood group ( $p = 0.0003$ ).

We tested the effect of the type of report on the relationship between PNMS and behavioral outcomes. We retrieved 41 effect sizes for which the outcome has been reported by the mother and 5 that have been reported by a third-party observer. No effect sizes were reported in medical reports. The association between PNMS levels and behavioral outcomes was significantly positive for maternal report ( $r = 0.1040$ ;  $SE = 0.0190$ ;  $p < 0.0001$ ) but was not significant for the third-party observer report ( $r = 0.0236$ ;  $SE = 0.0574$ ;  $p = 0.6802$ ) (Figure 19). The effect of the two types of report did not significantly differ ( $p = 0.1833$ ).

Furthermore, we performed a meta-regression to test the effect of age on the association between PNMS and behavioral outcomes. This analysis included 40 effect sizes in children under 10 years of age and 6 in children aged 10 years or older. There was a significant positive overall correlation between PNMS and behavioral outcomes in both children under 10 years of age ( $r = 0.0923$ ;  $SE = 0.0189$ ;  $p < 0.0001$ ) and aged 10 years or older ( $r = 0.1449$ ;  $SE = 0.0668$ ;  $p = 0.0300$ )

(Figure 19). The comparison between the effect of the two age groups suggested no significant difference ( $p = 0.4485$ ).

We could not run meta-regressions to test the timing of exposure effect because only two effect sizes included preconception cases.

According to Fisher’s test, there was a significant association between child age and type of disaster ( $p < 0.0001$ ). All effect sizes extracted from flood studies were collected in children aged under 10 while effect sizes extracted from ice storm studies were mostly collected in child aged 10 or older. It was therefore impossible for us to distinguish the effect of these factors from one another in the meta-regression in which they were involved.

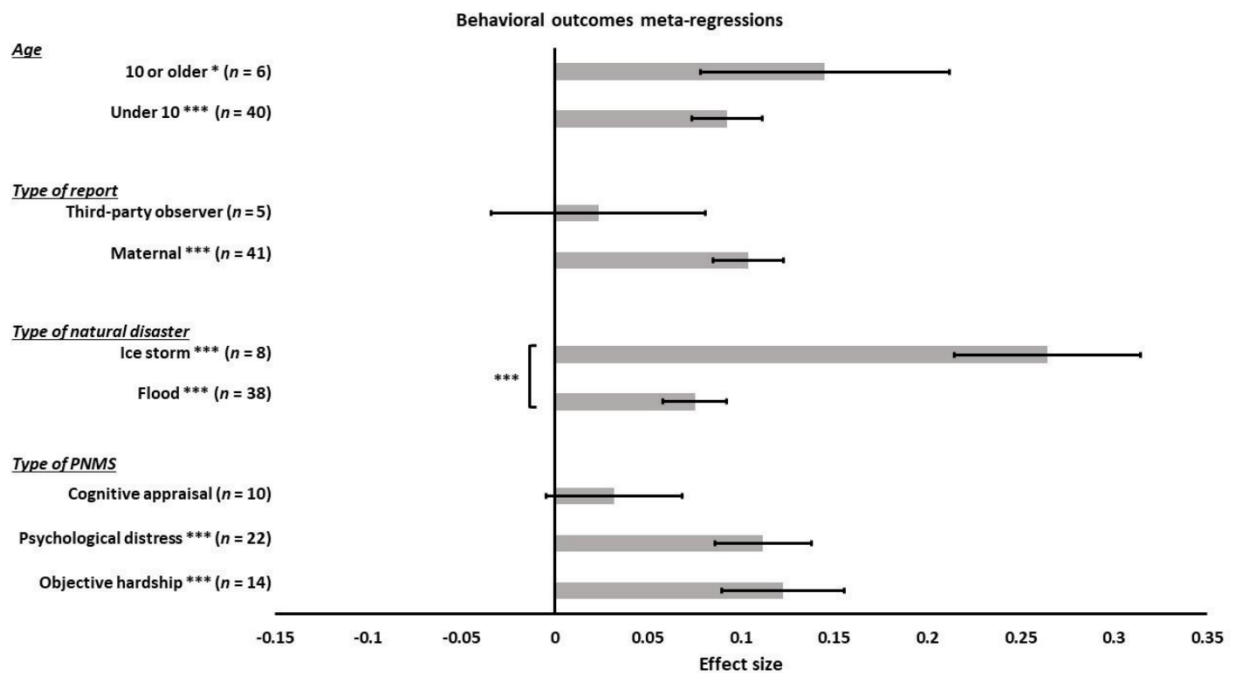


Figure 19. Behavioral outcomes meta-regressions. Type of PNMS effect (objective hardship; psychological distress; cognitive appraisal) on behavioral outcomes, type of natural disaster effect (flood; ice storm), type of report effect (maternal; third-party observer), and age effect (under 10 or 10 or older) on the association between PNMS levels and physical outcomes.

Note: \*  $p < 0.05$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ .

## Discussion

To our knowledge, this is the first meta-analytic review quantifying the effect of natural disaster-related PNMS on child/adolescent development from multiple studies. The main analyses revealed that PNMS has a significant effect on all spheres of development: birth outcomes, and cognitive, motor, physical, socio-emotional, and behavioral development. More precisely, we found that higher PNMS levels were associated with larger birth weights and head circumference and longer gestational age, and with greater BMI and total/central adiposity across childhood and adolescence. The surprising result with respect to birth outcomes is echoed in recent studies that have found that the COVID-19 pandemic decreased the incidence of preterm birth (Been et al., 2020; Berghella, Boelig, Roman, Burd, & Anderson, 2020). Higher PNMS was also consistently associated with worse cognitive, motor, socio-emotional, and behavioral outcomes. The secondary analyses uncovered the effect of different factors in these associations: type of PNMS (objective hardship, psychological distress, cognitive appraisal and diet change), type of natural disaster (ice storm, flood/cyclone or earthquake), type of report (medical report, maternal report, third-party observation), timing of exposure in pregnancy, and age of the child at assessment.

The type of PNMS had a significant effect on all the outcomes tested: birth outcomes and cognitive, motor, physical, socio-emotional and behavioral outcomes (Table 2). Measures of objective stress had a significant effect on all measured outcomes. We found a significant effect of psychological distress on all child development outcomes except for the birth outcomes for which we could not test the meta-regression with this category of PNMS due to too few cases. For the types of outcomes for which we were able to include a cognitive appraisal in our meta-regression analyses (cognitive, motor, physical, socio-emotional and behavioral), we found no significant relationship between this type of PNMS and the development of the child. Recent

reports [55,61,64,71] suggest that the mother's cognitive appraisal of the disaster has a stronger moderating effect than main effect, which would be consistent with the stress model of Lazarus and Folkman (Lazarus & Folkman, 1984). The moderating effect of cognitive appraisal has been reported in studies of maternal mental health during COVID (Khoury, Atkinson, Bennett, Jack, & Gonzalez, 2021; Wang et al., 2021). For diet change, we were only able to test the effect with one type of outcome (birth outcomes) and that effect was significant.

The type of natural disaster had a significant effect on all outcomes except for the birth outcomes in which the meta-regression could not be run. Although both ice storm and flood effects were significant, the ice storm effect was significantly larger than that observed for the floods on all outcomes tested, except for physical outcomes. This difference might be explained in terms of differences in the characteristics of these disasters. First, ice storms are exclusively cold-weather/winter disasters whereas floods typically occur during warmer conditions (e.g., spring, summer, tropical climates). In terms of the studies included in this review, the 1998 Quebec ice storm resulted in loss of electricity for up to 44 days for the participating women during the coldest months of the year. As such, these women, in addition to the many hardships that were measured, could also have been exposed to extreme or sustained cold (not measured), which might have impacted their unborn children to a greater degree than for women who were exposed to power loss during summer in the two flood studies (2008 Iowa Flood Study and the 2011 Queensland Flood Study) which accounted for most of the flood-related outcomes reported in this review. Secondly, the 1998 Quebec ice storm impacted a larger geographical area than did the two floods from which most of the flood-related outcomes were obtained. As such, the 1998 Quebec ice storm was much more likely to have caused greater daily hardships (electrical loss, loss of income, damage to residents, daily threats to wellbeing) for a larger percentage of the general population



than did the floods, for which the effects were limited to fairly circumscribed geographical areas. Unfortunately, we were unable to include the earthquake studies in these analyses, for which large geographical areas are also affected, to confirm if the magnitude of the disaster on the population differentially affects the objective hardship levels of pregnant women.

For cognitive, motor, and behavioral child outcomes, results using at least two types of reports were available, so the effect of type of report on the association between PNMS and these outcomes could be tested. However, the effect of type of report could not be tested for birth, physical, and socio-emotional outcomes, since all birth outcomes were medically reported, all physical outcomes were reported by a third-party observer, and all socio-emotional outcomes were reported by the mother. For future research, it would be interesting to ask more than one observer to cross-check the observations and ensure better reliability of the results, but also to check whether differences in perception can influence the results. Significant associations were observed between PNMS and cognitive, motor, and behavioral child outcomes reported by a third-party observer. For maternal reports, significant relationships between the PNMS and the behavioral and motor child outcomes were observed, but not with the cognitive outcomes. It is possible that mothers underestimate the cognitive difficulties of their children, such as their productive and receptive language. It is also possible that mothers adapt to their children's mode of communication, which could make it difficult for them to take a step back and assess their children's language abilities relative to their peers. Finally, although one would have thought that the type of report might have made a difference in the magnitude of the association between PNMS and child development, our results do not suggest that this makes a significant difference.

For the outcomes where the effects of timing of exposure could be assessed (birth and physical outcomes), we found that for studies that included preconception-exposed children,

PNMS was associated with less-than-optimal birth and physical outcomes. When studies were restricted to in utero-exposed children only, PNMS was associated only with worse birth outcomes. This suggests that birth outcomes (which can be seen as proxy measures of fetal growth, particularly birth weight and length, and ponderal index) can be influenced by alterations in the uterine environment at any time during pregnancy, while later physical development might require that the uterine environment be altered prior to conception and implantation. However, this speculative interpretation warrants further investigation.

We observed a significant association between PNMS and child development in physical and behavioral outcomes in the child aged under 10 years, but also aged 10 or older, however we did not detect a significant difference between the two age categories. We could not test this effect in the other child outcomes. Still, available data suggest that the effects of PNMS on behavioral and physical difficulties in childhood also persist into adolescence, highlighting the importance of early prevention and/or treatment programs.

The results of Fisher's tests indicate, however, that some effects still must be distinguished from each other due to the design of the studies that we included in our meta-analyses. For both the cognitive and the motor outcomes, we found that the effects of both type of report and the type of disaster were significantly associated. For the cognitive outcomes, most effect sizes from the ice storm study were for outcomes reported by a third-party observer. The association was stronger in the motor outcomes since all the effect sizes extracted from the 1998 ice storm study were for outcomes reported by third-party observers, while effect sizes extracted from flood studies were mostly for outcomes reported by mothers. For both the physical and the behavioral outcomes, we found a significant association between child age and the type of disaster such that all the effect sizes extracted from the flood studies were for outcomes assessed in children under age 10 while

most of the effect sizes extracted from the 1998 Quebec Ice Storm Study were for outcomes assessed in children aged 10 or older. For the physical outcomes only, we also found that all the effect sizes extracted from the 1998 Quebec Ice Storm Study included preconception cases in their samples, while the effect sizes extracted from flood studies did not. Additionally, the distribution of child age categories was not independent of the distribution of timing of exposure and type of natural disaster categories. These patterns made it impossible to distinguish the effect of the type of natural disaster, the timing of exposure and the child age. To summarize, the relative importance of the predictors of the effect sizes in this review is difficult to determine given the confounding nature of those variables.

Table 2

Effects of factors on the association between PNMS and child development outcomes.

Factors / Type of outcomes	Birth	Cognitive	Motor	Physical	Socio-emotional	Behavioral
<i>Type of PNMS</i>						
Objective hardship	0.0618**	0.1682***	0.0994**	0.1539***	0.0679*	0.1225***
Psychological distress		0.1178***	0.0827***	0.1532***	0.0681***	0.1118***
Cognitive appraisal		0.0082	0.0650	-0.0674	0.0091	0.0318
Diet	0.0555*					
<i>Type of natural disaster</i>						
Ice storm		0.2389***	0.1978***	0.1316***	0.1299***	0.2643***
Flood		0.0329	0.0741***	0.0597	0.0467**	0.0752***
<i>Type of report</i>						
Maternal		0.0633	0.0809***			0.1040***
Third-party observer		0.1607***	0.0865***			0.0236
<i>Timing of exposure</i>						
No preconception	0.0480**			0.0597		
With preconception	0.0737*			0.1316***		
<i>Age</i>						
Under 10				0.0715*		0.0923***
10 or older				0.1600***		0.1449*

*Note.* Numbers represent the PNMS effect for the factor category. Grey: not tested; Green: not significant; Yellow \*:  $p < 0.05$ ; Orange \*\*:  $p < 0.01$ ; Red \*\*\*:  $p < 0.001$ .

Many cases of mediations and moderations are not reflected in this meta-analytic review. For example, among the studies included, some tested interactions between PNMS and sex of the child, between PNMS and timing of exposure, or between the PNMS measures (Laplante et al., 2018). Others tested mediations through other PNMS measures (e.g., diet change (Dancause et al.,

2017)) or predictive characteristics of the child (e.g., birth weight (Kroska et al., 2018)). Meta-analyses that include findings from mediation and moderations analyses are required to better understand the effects of disaster-related PNMS on child development. Thus, the magnitude of the influence of disaster-related PNMS might be higher than that observed in the present study in which only PNMS main-effects were studied.

Quality assessment of studies that are not randomized controlled trials is still challenging since the tools available to assess the risk of bias in observational studies of exposures are not yet well developed (Bero et al., 2018). There is also clearly an issue concerning the tools currently used in the literature to measure some types of PNMS. There are published reliability and validity data for all instruments used to measure psychological distress (e.g., PTSD Checklist Civilian Version (PCL-C) (Xiaoyun, Hongai, & Qifa, 2007); PTSD-like Symptoms (Impact of Event Scale-Revised (IES-R)) (Weiss, 2007); peritraumatic distress (Peritraumatic Distress Inventory (PDI)) (Brunet et al., 2001); and peritraumatic dissociation (Peritraumatic Dissociative Experiences Questionnaire (PDEQ)) (Marmar et al., 2007). In some cases, a composite score or a translation/adaptation of these scales was used (Pomer et al., 2018). However, none of the instruments used to measure objective hardship (e.g., Storm32; Iowa Flood 100 (IF100); Queensland Flood Objective Stress Scale (QFOSS); Financial, Evacuation and Physical Strain Indexes) or cognitive appraisal have been validated by conventional means. One instrument related to diet change was based on a previously validated measure (Pomer et al., 2018), but none of the other instruments related to food and water intake have psychometric data. The non-validated instruments were developed by the study authors to assess specific characteristics of the catastrophic situation experienced by the participants. Sharing these instruments could facilitate their validation with various populations.

## **Limitations**

First, this meta-analytic review only included studies in which disaster-related PNMS could be directly linked to pregnant women themselves (i.e., direct measures of PNMS reported by individual pregnant women were required for inclusion). As such, we excluded the large literature comprising many large-scale epidemiological or population-based studies assessing the effects of natural disasters on child outcomes, in particular birth outcomes; for those studies, PNMS was assessed by including exposure or non-exposure categories according to whether pregnant women were believed to be residing within a specific geographical area at the time of the disaster. Even though individual-level assessments of disaster-related PNMS could be more reliable, the sample characteristics can be problematic; the cohorts of the included studies are relatively small compared to population-based studies and they are comprised primarily of well-educated white females, which limits the generalizability of the results. Second, since this review only includes correlational studies, causal conclusions about the influence of PNMS on child development cannot be drawn, although the quasi-experimental design of disaster studies approaches true experiments and, thus, can support dose–response associations. Third, most studies included in this meta-analytic review were conducted in industrialized countries (Australia, Canada, and United States of America). This could explain the publication bias we detected in the funnel plots. The lack of resources faced by women in more disadvantaged regions of the world (e.g., Central America) makes them more vulnerable economically, socially, politically, physically, and psychologically (Bradshaw, 2004). It would, therefore, be important to determine whether disaster-related PNMS effects reported here can be replicated in low- and middle-income countries. Additionally, 25 of the 30 studies reported here come from the same research group (SPIRAL), which used very similar methods; this can be seen as a weakness in that this limits the

independence of the investigations while, on the other hand, it can be seen as a strength by limiting the diversity in the methods used. Nonetheless, the sensitivity analysis revealed that none of the results we obtained were pulled by an artifact. We also performed the trim and fill procedure to check if the results would remain significant when accounting for this risk, and they have indeed remained significant in all cases. An additional limitation from the numerous effect sizes per study is the interdependence of the effect sizes included in each meta-analysis. Multiple approaches were explored to address this issue, including multivariate analysis (Cheung, 2019), cross-classified random-effects models (CCREM) (Fernández-Castilla et al., 2019), and robust variance estimation (Hedges, Tipton, & Johnson, 2010). However, we concluded that the data in our meta-analyses do not lend themselves to any of these approaches for a variety of reasons, the main one being the small number of individual projects. Since we could not account for the dependence of the effect sizes in each meta-analysis, the results of this review should be interpreted cautiously. Future findings in the field may allow for new methods that account for dependence among studies to be used. Finally, although the effect sizes reported in these meta-analyses often explains less than 3% of the variance in the outcomes, and may not seem “clinically meaningful” at an individual level, small increases in the prevalence of chronic health problems, such as obesity, in a population could have a large economic burden on that population and should be considered by public health agencies (Janssen, 2011).

### **Strengths**

This meta-analytic review is unique in making the distinctions between different categories of PNMS, namely, objective hardship, psychological distress, cognitive appraisal, and diet change. PNMS was defined to ensure that the women included in the analyses actually experienced the disaster. The timing of exposure was also defined in a way that made it possible to circumscribe

the effect of preconception cases in the association between PNMS and child development. Additionally, since the SPIRAL studies used identical or very similar methods and measurement instruments, the variation among the methods is reduced, and comparisons between PNMS types are more valid. Finally, this meta-analytic review included a total of 296 effect sizes extracted from 30 studies (seven different natural disasters).

## **Conclusions**

The results of this meta-analytic review demonstrate that natural disaster-related PNMS significantly influences child development in multiple spheres: birth outcomes and cognitive, motor, physical, socio-emotional, and behavioral development. PNMS is often a catch-all concept. This study disentangles the effects of multiple factors that could be confused in their relative roles in the association between PNMS and child development. It is now clear that the type of PNMS and the type of natural disaster influence this association. For the type of PNMS, effect sizes for objective hardship were almost consistently the highest, despite low absolute magnitude. More severe psychological distress, but not a negative cognitive appraisal of the disasters, was also an important predictor of subsequent child outcomes. Diet change was also found to be an important predictor of birth outcomes. As for the type of natural disaster, the PNMS effect on child development was often greater for the sample exposed to an ice storm than for those exposed to floods. As such, disasters of greater duration and wider distribution in the population may be those for which first responder and public health agencies should apply greater protections for pregnant women and their unborn children in order to reduce downstream challenges to children's health, development, and wellbeing.

## **Author Contributions**

Conceptualization, S.L. (Sandra Lafortune), D.P.L., S.K., C.D., and G.E.; methodology, S.L. (Sandra Lafortune), G.E., D.P.L., and X.L.; analysis, S.L. (Sandra Lafortune) and G.E.; data curation, S.L. (Sandra Lafortune), D.P.L., S.L. (Stéphanie Lebel), and G.E.; writing—original draft preparation, S.L. (Sandra Lafortune); writing—review and editing, S.L. (Sandra Lafortune), D.P.L., S.K., G.E., C.D., X.L., and S.L. (Stéphanie Lebel); supervision of the graduate student (S.L. (Sandra Lafortune)), S.K. and C.D. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

## **Funding**

G.E. was supported by a grant from the Canadian Institutes of Health (CIHR PJT-148903) awarded to S.K. and colleagues. We would also like to thank the Douglas Research Center and the Canadian Institutes of Health Research (CIHR) for their financial support granted (Frederick Banting and Charles Best Canada Graduate Scholarships) to the first author (S.L. (Sandra Lafortune)) of this article during her academic training.

## **Institutional Review Board Statement**

Not applicable.

## **Informed Consent Statement**

Not applicable.

## **Data Availability Statement**

No new data were created or analyzed in this study. Data sharing is not applicable to this article.



## Acknowledgments

Our team would like to thank Natalie Clairoux, librarian (biochemistry and molecular medicine, dentistry, neuroscience) for her services. Clairoux supported us in the development of the database search strategy.

## Conflicts of Interest

Of the 37 separate PNMS studies included in this review, 31 of them were conducted as part of the SPIRAL group, which is led by co-authors King and Laplante. All attempts were made to avoid bias in selecting the effect sizes to include and in the reporting of the results.

## Supplementary Materials

### Appendix A

Table A1: Search Strategies

Database	All Ovid MEDLINE(R) 1946 to Present
Line	Strategy
1	Exp Natural Disasters/ OR exp Cold Temperature/ OR exp Hot Temperature/ OR Volcanic Eruptions/ OR Snow/
2	(natural disaster* OR natural catastrophe* OR natural hazard* OR avalanche* OR landslide* OR mudslide* OR rockslide* OR earthquake* OR sinkhole* OR volcanic eruption* OR volcano* OR flood* OR tsunami* OR tidal wave* OR ocean tide* OR earth tide* OR hurricane* OR typhoon* OR limnic eruption* OR cyclone* OR cyclonic storm* OR blizzard* OR ice storm* OR tropical storm* OR hailstorm* OR hail storm* OR cold wave* OR heat wave* OR drought* OR thunderstorm* OR tornado* OR wildfire* OR forest fire* OR wild fire* OR bush fire* OR bushfire* OR brush fire* OR brushfire* OR peat fire* OR vegetation fire*).ti,ab.
3	1 OR 2
4	Embryonic structures/ OR Fetus/ OR Pregnant Women/ OR exp Pregnancy/ OR Maternal Exposure/ OR "Prenatal Exposure Delayed Effects"/
5	(embryo* OR fetus* OR foetus* OR fetal* OR foetal* OR transplacenta* OR pregnan* OR trans-placenta* OR utero* OR intrauterine OR intra-uterine OR antenatal* OR ante-natal* OR antepartum OR ante-partum OR prenatal* OR pre-natal* OR intrapartum OR intra-partum OR perinatal* OR peri-natal* OR neonatal* OR neo-natal*).ti,ab.
6	4 OR 5
7	exp infant/ OR exp child/ OR adolescent/

8	(baby OR babies OR neonate* OR neo-nate* OR newborn* OR new-born* OR infant* OR child* OR boy* OR girl* OR kid* OR pubescent* OR prepubescent* OR preteen* OR progen* OR juvenile* OR toddler* OR youth* OR offspring OR youngster* OR adolescen* OR teen*).ti,ab.
9	7 OR 8
10	3 AND 6 AND 9
11	limit 10 to ((chinese or english or french) and humans)

Database	Embase 1974 to 2019
Line	Strategy
1	Natural Disaster/ or avalanche/ or hurricane/ or drought/ or earthquake/ or flooding/ or landslide/ or tsunami/ or tornado/ or exp wildfire/
2	(natural disaster* OR natural catastrophe* OR natural hazard* OR avalanche* OR landslide* OR mudslide* OR rockslide* OR earthquake* OR sinkhole* OR volcanic eruption* OR volcano* OR flood* OR tsunami* OR tidal wave* OR ocean tide* OR earth tide* OR hurricane* OR typhoon* OR limnic eruption* OR cyclone* OR cyclonic storm* OR blizzard* OR ice storm* OR tropical storm* OR hailstorm* OR hail storm* OR cold wave* OR heat wave* OR drought* OR thunderstorm* OR tornado* OR wildfire* OR forest fire* OR wild fire* OR bush fire* OR bushfire* OR brush fire* OR brushfire* OR peat fire* OR vegetation fire*).ti,ab.
3	1 OR 2
4	Embryo/ OR Fetus/ OR Pregnant Woman/ OR exp Pregnancy/ OR Maternal Exposure/ OR Prenatal Exposure/
5	(embryo* OR fetus* OR foetus* OR fetal* OR foetal* OR transplacenta* OR pregnan* OR trans-placenta* OR utero* OR intrauterine OR intra-uterine OR antenatal* OR ante-natal* OR antepartum OR ante-partum OR prenatal* OR pre-natal* OR intrapartum OR intra-partum OR perinatal* OR peri-natal* OR neonatal* OR neo-natal*).ti,ab.
6	4 OR 5
7	exp child/ OR adolescent/ OR exp adolescence/ OR exp childhood/
8	(baby OR babies OR neonate* OR neo-nate* OR newborn* OR new-born* OR infant* OR child* OR boy* OR girl* OR kid* OR pubescent* OR prepubescent* OR preteen* OR progen* OR juvenile* OR toddler* OR youth* OR offspring OR youngster* OR adolescen* OR teen*).ti,ab.
9	7 OR 8
10	3 AND 6 AND 9
11	limit 10 to ((chinese or english or french) and humans)

Database	Web of Science Indexes=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Timespan=All years
Line	Strategy
1	TS=("natural disaster*" OR "natural catastrophe*" OR "natural hazard*" OR avalanche* OR landslide* OR mudslide* OR rockslide* OR earthquake* OR

	sinkhole* OR "volcanic eruption*" OR volcano* OR flood* OR tsunami* OR "tidal wave*" OR "ocean tide*" OR "earth tide*" OR hurricane* OR typhoon* OR "limnic eruption*" OR cyclone* OR "cyclonic storm*" OR blizzard* OR "ice storm*" OR "tropical storm*" OR hailstorm* OR "hail storm*" OR "cold wave*" OR "heat wave*" OR drought* OR thunderstorm* OR tornado* OR wildfire* OR "forest fire*" OR "wild fire*" OR "bush fire*" OR bushfire* OR "brush fire*" OR brushfire* OR "peat fire*" OR "vegetation fire*")
2	TS=(embryo* OR fetus* OR foetus* OR fetal* OR foetal* OR transplacenta* OR pregnan* OR trans-placenta* OR utero* OR intrauterine OR intra-uterine OR antenatal* OR ante-natal* OR antepartum OR ante-partum OR prenatal* OR pre-natal* OR intrapartum OR intra-partum OR perinatal* OR peri-natal* OR neonatal* OR neo-natal*)
3	TS=(baby OR babies OR neonate* OR neo-nate* OR newborn* OR new-born* OR infant* OR child* OR boy* OR girl* OR kid* OR pubescent* OR prepubescent* OR preteen* OR progen* OR juvenile* OR toddler* OR youth* OR offspring OR youngster* OR adolescen* OR teen*)
4	#3 AND #2 AND #1
5	(#4) AND LANGUAGE: (English OR Chinese OR French)

Database	CINAHL Plus with Full Text
Line	Strategy
S1	(MH "Natural Disasters") OR (MH "Temperature+") OR (MH "Snow") OR (MH "Wildfires")
S2	TI ( ("natural disaster*" OR "natural catastrophe*" OR "natural hazard*" OR avalanche* OR landslide* OR mudslide* OR rockslide* OR earthquake* OR sinkhole* OR "volcanic eruption*" OR volcano* OR flood* OR tsunami* OR "tidal wave*" OR "ocean tide*" OR "earth tide*" OR hurricane* OR typhoon* OR "limnic eruption*" OR cyclone* OR "cyclonic storm*" OR blizzard* OR "ice storm*" OR "tropical storm*" OR hailstorm* OR "hail storm*" OR "cold wave*" OR "heat wave*" OR drought* OR thunderstorm* OR tornado* OR wildfire* OR "forest fire*" OR "wild fire*" OR "bush fire*" OR bushfire* OR "brush fire*" OR brushfire* OR "peat fire*" OR "vegetation fire*") ) OR AB ( ("natural disaster*" OR "natural catastrophe*" OR "natural hazard*" OR avalanche* OR landslide* OR mudslide* OR rockslide* OR earthquake* OR sinkhole* OR "volcanic eruption*" OR volcano* OR flood* OR tsunami* OR "tidal wave*" OR "ocean tide*" OR "earth tide*" OR hurricane* OR typhoon* OR "limnic eruption*" OR cyclone* OR "cyclonic storm*" OR blizzard* OR "ice storm*" OR "tropical storm*" OR hailstorm* OR "hail storm*" OR "cold wave*" OR "heat wave*" OR drought* OR thunderstorm* OR tornado* OR wildfire* OR "forest fire*" OR "wild fire*" OR "bush fire*" OR bushfire* OR "brush fire*" OR brushfire* OR "peat fire*" OR "vegetation fire*") )
S3	S1 OR S2
S4	(MH "Embryo+") OR (MH "Fetus+") OR (MH "Expectant Mothers") OR (MH "Pregnancy") OR (MH "Maternal Exposure") OR (MH "Prenatal Exposure Delayed Effects")

S5	TI ( (embryo* OR fetus* OR foetus* OR fetal* OR foetal* OR transplacenta* OR pregnan* OR trans-placenta* OR utero* OR intrauterine OR intra-uterine OR antenatal* OR ante-natal* OR antepartum OR ante-partum OR prenatal* OR pre-natal* OR intrapartum OR intra-partum OR perinatal* OR peri-natal* OR neonatal* OR neo-natal*) ) OR AB ( (embryo* OR fetus* OR foetus* OR fetal* OR foetal* OR transplacenta* OR pregnan* OR trans-placenta* OR utero* OR intrauterine OR intra-uterine OR antenatal* OR ante-natal* OR antepartum OR ante-partum OR prenatal* OR pre-natal* OR intrapartum OR intra-partum OR perinatal* OR peri-natal* OR neonatal* OR neo-natal*) ) )
S6	S4 OR S5
S7	(MH "Child+") OR (MH "Adolescence+")
S8	TI ( (baby OR babies OR neonate* OR neo-nate* OR newborn* OR new-born* OR infant* OR child* OR boy* OR girl* OR kid* OR pubescent* OR prepubescent* OR preteen* OR progen* OR juvenile* OR toddler* OR youth* OR offspring OR youngster* OR adolescen* OR teen*) ) OR AB ( (baby OR babies OR neonate* OR neo-nate* OR newborn* OR new-born* OR infant* OR child* OR boy* OR girl* OR kid* OR pubescent* OR prepubescent* OR preteen* OR progen* OR juvenile* OR toddler* OR youth* OR offspring OR youngster* OR adolescen* OR teen*) ) )
S9	S7 OR S8
S10	S3 AND S6 AND S9
S11	S10 limit to (chinese or english or french)

Database	APA PsycNet (includes PsycInfo)
Line	Strategy
1	{Natural Disasters} OR {Temperature Effects}
2	(Title: "natural disaster*" OR Title: "natural catastrophe*" OR Title: "natural hazard*" OR Title: avalanche* OR Title: landslide* OR Title: mudslide* OR Title: rockslide* OR Title: earthquake* OR Title: sinkhole* OR Title: "volcanic eruption*" OR Title: volcano* OR Title: flood* OR Title: tsunami* OR Title: "tidal wave*" OR Title: "ocean tide*" OR Title: "earth tide*" OR Title: hurricane* OR Title: typhoon* OR Title: "limnic eruption*" OR Title: cyclone* OR Title: "cyclonic storm*" OR Title: blizzard* OR Title: "ice storm*" OR Title: "tropical storm*" OR Title: hailstorm* OR Title: "hail storm*" OR Title: "cold wave*" OR Title: "heat wave*" OR Title: drought* OR Title: thunderstorm* OR Title: tornado* OR Title: wildfire* OR Title: "forest fire*" OR Title: "wild fire*" OR Title: "bush fire*" OR Title: bushfire* OR Title: "brush fire*" OR Title: brushfire* OR Title: "peat fire*" OR Title: "vegetation fire*") OR (Abstract: "natural disaster*" OR Abstract: "natural catastrophe*" OR Abstract: "natural hazard*" OR Abstract: avalanche* OR Abstract: landslide* OR Abstract: mudslide* OR Abstract: rockslide* OR Abstract: earthquake* OR Abstract: sinkhole* OR Abstract: "volcanic eruption*" OR Abstract: volcano* OR Abstract: flood* OR Abstract: tsunami* OR Abstract: "tidal wave*" OR Abstract: "ocean tide*" OR Abstract: "earth tide*" OR Abstract: hurricane* OR Abstract: typhoon* OR Abstract: "limnic eruption*" OR Abstract: cyclone* OR Abstract: "cyclonic

	storm*" OR Abstract: blizzard* OR Abstract: "ice storm*" OR Abstract: "tropical storm*" OR Abstract: hailstorm* OR Abstract: "hail storm*" OR Abstract: "cold wave*" OR Abstract: "heat wave*" OR Abstract: drought* OR Abstract: thunderstorm* OR Abstract: tornado* OR Abstract: wildfire* OR Abstract: "forest fire*" OR Abstract: "wild fire*" OR Abstract: "bush fire*" OR Abstract: bushfire* OR Abstract: "brush fire*" OR Abstract: brushfire* OR Abstract: "peat fire*" OR Abstract: "vegetation fire*")
3	1 OR 2
4	{Prenatal Development} OR {Antepartum Period} OR {Prenatal Developmental Stages} OR {Embryo} OR {Fetus} OR {Prenatal Exposure} OR {Pregnancy} OR {Pregnancy Outcomes}
5	(Title: embryo* OR Title: fetus* OR Title: foetus* OR Title: fetal* OR Title: foetal* OR Title: transplacenta* OR Title: pregnan* OR Title: trans-placenta* OR Title: utero* OR Title: intrauterine OR Title: intra-uterine OR Title: antenatal* OR Title: ante-natal* OR Title: antepartum OR Title: ante-partum OR Title: prenatal* OR Title: pre-natal* OR Title: intrapartum OR Title: intra-partum OR Title: perinatal* OR Title: peri-natal* OR Title: neonatal* OR Title: neo-natal*) OR (Abstract: embryo* OR Abstract: fetus* OR Abstract: foetus* OR Abstract: fetal* OR Abstract: foetal* OR Abstract: transplacenta* OR Abstract: pregnan* OR Abstract: trans-placenta* OR Abstract: utero* OR Abstract: intrauterine OR Abstract: intra-uterine OR Abstract: antenatal* OR Abstract: ante-natal* OR Abstract: antepartum OR Abstract: ante-partum OR Abstract: prenatal* OR Abstract: pre-natal* OR Abstract: intrapartum OR Abstract: intra-partum OR Abstract: perinatal* OR Abstract: peri-natal* OR Abstract: neonatal* OR Abstract: neo-natal*)
6	4 OR 5
7	3 AND 6
8	7 with Childhood filter
9	7 with Adolescence filter
10	(Title: baby OR Title: babies OR Title: neonate* OR Title: neo-nate* OR Title: newborn* OR Title: new-born* OR Title: infant* OR Title: child* OR Title: boy* OR Title: girl* OR Title: kid* OR Title: pubescent* OR Title: prepubescent* OR Title: preteen* OR Title: progen* OR Title: juvenile* OR Title: toddler* OR Title: youth* OR Title: offspring OR Title: youngster* OR Title: adolescen* OR Title: teen*) OR (Abstract: baby OR Abstract: babies OR Abstract: neonate* OR Abstract: neo-nate* OR Abstract: newborn* OR Abstract: new-born* OR Abstract: infant* OR Abstract: child* OR Abstract: boy* OR Abstract: girl* OR Abstract: kid* OR Abstract: pubescent* OR Abstract: prepubescent* OR Abstract: preteen* OR Abstract: progen* OR Abstract: juvenile* OR Abstract: toddler* OR Abstract: youth* OR Abstract: offspring OR Abstract: youngster* OR Abstract: adolescen* OR Abstract: teen*)
11	7 AND 10
12	8 OR 9 OR 11
13	(((((((title: (embryo*)))))) OR (((title: (fetus*)))) OR (((title: (foetus*)))) OR (((title: (fetal*)))) OR (((title: (foetal*)))) OR (((title: (transplacenta*)))) OR (((title: (pregnan*)))) OR (((title: (trans-placenta*)))) OR (((title: (utero*)))) OR (((title:

(intrauterine))) OR (((title: (intra-uterine)))) OR (((title: (antenatal\*)))) OR (((title: (ante-natal\*)))) OR (((title: (antepartum)))) OR (((title: (ante-partum)))) OR (((title: (prenatal\*)))) OR (((title: (pre-natal\*)))) OR (((title: (intrapartum)))) OR (((title: (intra-partum)))) OR (((title: (perinatal\*)))) OR (((title: (peri-natal\*)))) OR (((title: (neonatal\*)))) OR (((title: (neo-natal\*)))) OR (((abstract: (embryo\*)))) OR (((abstract: (fetus\*)))) OR (((abstract: (foetus\*)))) OR (((abstract: (fetal\*)))) OR (((abstract: (foetal\*)))) OR (((abstract: (transplacenta\*)))) OR (((abstract: (pregnan\*)))) OR (((abstract: (trans-placenta\*)))) OR (((abstract: (utero\*)))) OR (((abstract: (intrauterine)))) OR (((abstract: (intra-uterine)))) OR (((abstract: (antenatal\*)))) OR (((abstract: (ante-natal\*)))) OR (((abstract: (antepartum)))) OR (((abstract: (ante-partum)))) OR (((abstract: (prenatal\*)))) OR (((abstract: (pre-natal\*)))) OR (((abstract: (intrapartum)))) OR (((abstract: (intra-partum)))) OR (((abstract: (perinatal\*)))) OR (((abstract: (peri-natal\*)))) OR (((abstract: (neonatal\*)))) OR (((abstract: (neo-natal\*)))) OR (((IndexTermsFilt: ("Prenatal Development")))) OR (((IndexTermsFilt: ("Antepartum Period")))) OR (((IndexTermsFilt: ("Prenatal Developmental Stages")))) OR (((IndexTermsFilt: ("Embryo")))) OR (((IndexTermsFilt: ("Fetus")))) OR (((IndexTermsFilt: ("Prenatal Exposure")))) OR (((IndexTermsFilt: ("Pregnancy")))) OR (((IndexTermsFilt: ("Pregnancy Outcomes")))) AND (((title: ("natural disaster\*")))) OR (((title: ("natural catastrophe\*")))) OR (((title: ("natural hazard\*")))) OR (((title: (avalanche\*)))) OR (((title: (landslide\*)))) OR (((title: (mudslide\*)))) OR (((title: (rockslide\*)))) OR (((title: (earthquake\*)))) OR (((title: (sinkhole\*)))) OR (((title: ("volcanic eruption\*")))) OR (((title: (volcano\*)))) OR (((title: (flood\*)))) OR (((title: (tsunami\*)))) OR (((title: ("tidal wave\*")))) OR (((title: ("ocean tide\*")))) OR (((title: ("earth tide\*")))) OR (((title: (hurricane\*)))) OR (((title: (typhoon\*)))) OR (((title: ("limnic eruption\*")))) OR (((title: (cyclone\*)))) OR (((title: ("cyclonic storm\*")))) OR (((title: (blizzard\*)))) OR (((title: ("ice storm\*")))) OR (((title: ("tropical storm\*")))) OR (((title: (hailstorm\*)))) OR (((title: ("hail storm\*")))) OR (((title: ("cold wave\*")))) OR (((title: ("heat wave\*")))) OR (((title: (drought\*)))) OR (((title: (thunderstorm\*)))) OR (((title: (tornado\*)))) OR (((title: (wildfire\*)))) OR (((title: ("forest fire\*")))) OR (((title: ("wild fire\*")))) OR (((title: ("bush fire\*")))) OR (((title: (bushfire\*)))) OR (((title: ("brush fire\*")))) OR (((title: (brushfire\*)))) OR (((title: ("peat fire\*")))) OR (((title: ("vegetation fire\*")))) OR (((abstract: ("natural disaster\*")))) OR (((abstract: ("natural catastrophe\*")))) OR (((abstract: ("natural hazard\*")))) OR (((abstract: (avalanche\*)))) OR (((abstract: (landslide\*)))) OR (((abstract: (mudslide\*)))) OR (((abstract: (rockslide\*)))) OR (((abstract: (earthquake\*)))) OR (((abstract: (sinkhole\*)))) OR (((abstract: ("volcanic eruption\*")))) OR (((abstract: (volcano\*)))) OR (((abstract: (flood\*)))) OR (((abstract: (tsunami\*)))) OR (((abstract: ("tidal wave\*")))) OR (((abstract: ("ocean tide\*")))) OR (((abstract: ("earth tide\*")))) OR (((abstract: (hurricane\*)))) OR (((abstract: (typhoon\*)))) OR (((abstract: ("limnic eruption\*")))) OR (((abstract: (cyclone\*)))) OR (((abstract: ("cyclonic storm\*")))) OR (((abstract: (blizzard\*)))) OR (((abstract: ice storm\*)))) OR (((abstract: ("tropical storm\*")))) OR (((abstract: (hailstorm\*)))) OR (((abstract: ("hail storm\*")))) OR (((abstract: ("cold wave\*")))) OR (((abstract: ("heat wave\*")))) OR (((abstract: (drought\*)))) OR

(((abstract: (thunderstorm\*))) OR (((abstract: (tornado\*))) OR (((abstract: (wildfire\*))) OR (((abstract: ("forest fire\*")))) OR (((abstract: ("wild fire\*")))) OR (((abstract: ("bush fire\*")))) OR (((abstract: (bushfire\*))) OR (((abstract: ("brush fire\*")))) OR (((abstract: (brushfire\*))) OR (((abstract: ("peat fire\*")))) OR (((abstract: ("vegetation fire\*")))) OR (((IndexTermsFilt: ("Natural Disasters")))) OR (((IndexTermsFilt: ("Temperature Effects"))))))) AND (((title: (baby)) OR (title: (babies)) OR (title: (neonate\*)) OR (title: (neo-nate\*)) OR (title: (newborn\*)) OR (title: (new-born\*)) OR (title: (infant\*)) OR (title: (child\*)) OR (title: (boy\*)) OR (title: (girl\*)) OR (title: (kid\*)) OR (title: (pubescent\*)) OR (title: (prepubescent\*)) OR (title: (preteen\*)) OR (title: (progen\*)) OR (title: (juvenile\*)) OR (title: (toddler\*)) OR (title: (youth\*)) OR (title: (offspring)) OR (title: (youngster\*)) OR (title: (adolescen\*)) OR (title: (teen\*))) OR ((abstract: (baby)) OR (abstract: (babies)) OR (abstract: (neonate\*)) OR (abstract: (neo-nate\*)) OR (abstract: (newborn\*)) OR (abstract: (new-born\*)) OR (abstract: (infant\*)) OR (abstract: (child\*)) OR (abstract: (boy\*)) OR (abstract: (girl\*)) OR (abstract: (kid\*)) OR (abstract: (pubescent\*)) OR (abstract: (prepubescent\*)) OR (abstract: (preteen\*)) OR (abstract: (progen\*)) OR (abstract: (juvenile\*)) OR (abstract: (toddler\*)) OR (abstract: (youth\*)) OR (abstract: (offspring)) OR (abstract: (youngster\*)) OR (abstract: (adolescen\*)) OR (abstract: (teen\*)))) OR (((((((title: (embryo\*)) OR ((title: (fetus\*)) OR ((title: (foetus\*)) OR ((title: (fetal\*)) OR ((title: (foetal\*)) OR ((title: (transplacenta\*)) OR ((title: (pregnan\*)) OR ((title: (trans-placenta\*)) OR ((title: (utero\*)) OR ((title: (intrauterine)) OR ((title: (intra-uterine)) OR ((title: (antenatal\*)) OR ((title: (ante-natal\*)) OR ((title: (antepartum)) OR ((title: (ante-partum)) OR ((title: (prenatal\*)) OR ((title: (pre-natal\*)) OR ((title: (intrapartum)) OR ((title: (intra-partum)) OR ((title: (perinatal\*)) OR ((title: (peri-natal\*)) OR ((title: (neonatal\*)) OR ((title: (neo-natal\*)))) OR (((abstract: (embryo\*)) OR ((abstract: (fetus\*)) OR ((abstract: (foetus\*)) OR ((abstract: (fetal\*)) OR ((abstract: (foetal\*)) OR ((abstract: (transplacenta\*)) OR ((abstract: (pregnan\*)) OR ((abstract: (trans-placenta\*)) OR ((abstract: (utero\*)) OR ((abstract: (intrauterine)) OR ((abstract: (intra-uterine)) OR ((abstract: (antenatal\*)) OR ((abstract: (ante-natal\*)) OR ((abstract: (antepartum)) OR ((abstract: (ante-partum)) OR ((abstract: (prenatal\*)) OR ((abstract: (pre-natal\*)) OR ((abstract: (intrapartum)) OR ((abstract: (intra-partum)) OR ((abstract: (perinatal\*)) OR ((abstract: (peri-natal\*)) OR ((abstract: (neonatal\*)) OR ((abstract: (neo-natal\*)))) OR (((IndexTermsFilt: ("Prenatal Development")))) OR ((IndexTermsFilt: ("Antepartum Period")))) OR ((IndexTermsFilt: ("Prenatal Developmental Stages")))) OR ((IndexTermsFilt: ("Embryo")))) OR ((IndexTermsFilt: ("Fetus")))) OR ((IndexTermsFilt: ("Prenatal Exposure")))) OR ((IndexTermsFilt: ("Pregnancy")))) OR ((IndexTermsFilt: ("Pregnancy Outcomes"))))))) AND (((title: ("natural disaster\*")) OR ((title: ("natural catastrophe\*")) OR ((title: ("natural hazard\*")) OR ((title: (avalanche\*)) OR ((title: (landslide\*)) OR ((title: (mudslide\*)) OR ((title: (rockslide\*)) OR ((title: (earthquake\*)) OR ((title: (sinkhole\*)) OR ((title: ("volcanic eruption\*")) OR (title: (volcano\*)) OR ((title: (flood\*)) OR ((title: (tsunami\*)) OR ((title: ("tidal wave\*")) OR ((title: ("ocean tide\*")) OR ((title: ("earth tide\*")) OR ((title:

(hurricane\*)) OR ((title: (typhoon\*)) OR ((title: ("limnic eruption\*"))) OR ((title: (cyclone\*)) OR ((title: ("cyclonic storm\*"))) OR ((title: (blizzard\*)) OR ((title: ("ice storm\*"))) OR ((title: ("tropical storm\*"))) OR ((title: (hailstorm\*)) OR ((title: ("hail storm\*"))) OR ((title: ("cold wave\*"))) OR ((title: ("heat wave\*"))) OR ((title: (drought\*)) OR ((title: (thunderstorm\*)) OR ((title: (tornado\*)) OR ((title: (wildfire\*)) OR ((title: ("forest fire\*"))) OR ((title: ("wild fire\*"))) OR ((title: ("bush fire\*"))) OR ((title: (bushfire\*)) OR ((title: ("brush fire\*"))) OR ((title: (brushfire\*)) OR ((title: ("peat fire\*"))) OR ((title: ("vegetation fire\*"))) OR (((abstract: ("natural disaster\*"))) OR ((abstract: ("natural catastrophe\*"))) OR ((abstract: ("natural hazard\*"))) OR ((abstract: (avalanche\*)) OR ((abstract: (landslide\*)) OR ((abstract: (mudslide\*)) OR ((abstract: (rockslide\*)) OR ((abstract: (earthquake\*)) OR ((abstract: (sinkhole\*)) OR ((abstract: ("volcanic eruption\*"))) OR ((abstract: (volcano\*)) OR ((abstract: (flood\*)) OR ((abstract: (tsunami\*)) OR ((abstract: ("tidal wave\*"))) OR ((abstract: ("ocean tide\*"))) OR ((abstract: ("earth tide\*"))) OR ((abstract: (hurricane\*)) OR ((abstract: (typhoon\*)) OR ((abstract: ("limnic eruption\*"))) OR ((abstract: (cyclone\*)) OR ((abstract: ("cyclonic storm\*"))) OR ((abstract: (blizzard\*)) OR ((abstract: ("ice storm\*"))) OR ((abstract: ("tropical storm\*"))) OR ((abstract: (hailstorm\*)) OR ((abstract: ("hail storm\*"))) OR ((abstract: ("cold wave\*"))) OR ((abstract: ("heat wave\*"))) OR ((abstract: (drought\*)) OR ((abstract: (thunderstorm\*)) OR ((abstract: (tornado\*)) OR ((abstract: (wildfire\*)) OR ((abstract: ("forest fire\*"))) OR ((abstract: ("wild fire\*"))) OR ((abstract: ("bush fire\*"))) OR ((abstract: (bushfire\*)) OR ((abstract: ("brush fire\*"))) OR ((abstract: (brushfire\*)) OR ((abstract: ("peat fire\*"))) OR ((abstract: ("vegetation fire\*")))) OR (((IndexTermsFilt: ("Natural Disasters")) OR ((IndexTermsFilt: ("Temperature Effects")))) AND ((AgeGroupFilt: "Childhood (birth-12 yrs)")) OR ((((((title: (embryo\*)) OR ((title: (fetus\*)) OR ((title: (foetus\*)) OR ((title: (fetal\*)) OR ((title: (foetal\*)) OR ((title: (transplacenta\*)) OR ((title: (pregnan\*)) OR ((title: (trans-placenta\*)) OR ((title: (utero\*)) OR ((title: (intrauterine)) OR ((title: (intra-uterine)) OR ((title: (antenatal\*)) OR ((title: (ante-natal\*)) OR ((title: (antepartum)) OR ((title: (ante-partum)) OR ((title: (prenatal\*)) OR ((title: (pre-natal\*)) OR ((title: (intrapartum)) OR ((title: (intra-partum)) OR ((title: (perinatal\*)) OR ((title: (peri-natal\*)) OR ((title: (neonatal\*)) OR ((title: (neo-natal\*))) OR (((abstract: (embryo\*)) OR ((abstract: (fetus\*)) OR ((abstract: (foetus\*)) OR ((abstract: (fetal\*)) OR ((abstract: (foetal\*)) OR ((abstract: (transplacenta\*)) OR ((abstract: (pregnan\*)) OR ((abstract: (trans-placenta\*)) OR ((abstract: (utero\*)) OR ((abstract: (intrauterine)) OR ((abstract: (intra-uterine)) OR ((abstract: (antenatal\*)) OR ((abstract: (ante-natal\*)) OR ((abstract: (antepartum)) OR ((abstract: (ante-partum)) OR ((abstract: (prenatal\*)) OR ((abstract: (pre-natal\*)) OR ((abstract: (intrapartum)) OR ((abstract: (intra-partum)) OR ((abstract: (perinatal\*)) OR ((abstract: (peri-natal\*)) OR ((abstract: (neonatal\*)) OR ((abstract: (neo-natal\*)))))) OR (((IndexTermsFilt: ("Prenatal Development")) OR ((IndexTermsFilt: ("Antepartum Period")) OR ((IndexTermsFilt: ("Prenatal Developmental Stages")) OR ((IndexTermsFilt: ("Embryo")) OR ((IndexTermsFilt: ("Fetus")) OR ((IndexTermsFilt: ("Prenatal Exposure")) OR ((IndexTermsFilt: ("Pregnancy")) OR ((IndexTermsFilt:



	<p>("Pregnancy Outcomes")) AND ((((((title: ("natural disaster*")) OR ((title: ("natural catastrophe*")) OR ((title: ("natural hazard*")) OR ((title: (avalanche*)) OR ((title: (landslide*)) OR ((title: (mudslide*)) OR ((title: (rockslide*)) OR ((title: (earthquake*)) OR ((title: (sinkhole*)) OR ((title: ("volcanic eruption*")) OR ((title: (volcano*)) OR ((title: (flood*)) OR ((title: (tsunami*)) OR ((title: ("tidal wave*")) OR ((title: ("ocean tide*")) OR ((title: ("earth tide*")) OR ((title: (hurricane*)) OR ((title: (typhoon*)) OR ((title: ("limnic eruption*")) OR ((title: (cyclone*)) OR ((title: ("cyclonic storm*")) OR ((title: (blizzard*)) OR ((title: ("ice storm*")) OR ((title: ("tropical storm*")) OR ((title: (hailstorm*)) OR ((title: ("hail storm*")) OR ((title: ("cold wave*")) OR ((title: ("heat wave*")) OR ((title: (drought*)) OR ((title: (thunderstorm*)) OR ((title: (tornado*)) OR ((title: (wildfire*)) OR ((title: ("forest fire*")) OR ((title: ("wild fire*")) OR ((title: ("bush fire*")) OR ((title: (bushfire*)) OR ((title: ("brush fire*")) OR ((title: (brushfire*)) OR ((title: ("peat fire*")) OR ((title: ("vegetation fire*")))) OR (((abstract: ("natural disaster*")) OR ((abstract: ("natural catastrophe*")) OR ((abstract: ("natural hazard*")) OR ((abstract: (avalanche*)) OR ((abstract: (landslide*)) OR ((abstract: (mudslide*)) OR ((abstract: (rockslide*)) OR ((abstract: (earthquake*)) OR ((abstract: (sinkhole*)) OR ((abstract: ("volcanic eruption*")) OR ((abstract: (volcano*)) OR ((abstract: (flood*)) OR ((abstract: (tsunami*)) OR ((abstract: ("tidal wave*")) OR ((abstract: ("ocean tide*")) OR ((abstract: ("earth tide*")) OR ((abstract: (hurricane*)) OR ((abstract: (typhoon*)) OR ((abstract: ("limnic eruption*")) OR ((abstract: (cyclone*)) OR ((abstract: ("cyclonic storm*")) OR ((abstract: (blizzard*)) OR ((abstract: ("ice storm*")) OR ((abstract: ("tropical storm*")) OR ((abstract: (hailstorm*)) OR ((abstract: ("hail storm*")) OR ((abstract: ("cold wave*")) OR ((abstract: ("heat wave*")) OR ((abstract: (drought*)) OR ((abstract: (thunderstorm*)) OR ((abstract: (tornado*)) OR ((abstract: (wildfire*)) OR ((abstract: ("forest fire*")) OR ((abstract: ("wild fire*")) OR ((abstract: ("bush fire*")) OR ((abstract: (bushfire*)) OR ((abstract: ("brush fire*")) OR ((abstract: (brushfire*)) OR ((abstract: ("peat fire*")) OR ((abstract: ("vegetation fire*")))))))) OR (((IndexTermsFilt: ("Natural Disasters")) OR ((IndexTermsFilt: ("Temperature Effects")))))))) AND ((AgeGroupFilt: "Adolescence (13-17 yrs)"))</p>
14	limit 13 to humans

## References

- Alexander, D. (2018). *Natural disasters*: Routledge.
- Assar, M. (1971). Guide to sanitation in natural disasters.
- Austin, M. P., Christl, B., McMahon, C., Kildea, S., Reilly, N., Yin, C., . . . King, S. (2017). Moderating effects of maternal emotional availability on language and cognitive development in toddlers of mothers exposed to a natural disaster in pregnancy: The QF2011 Queensland Flood Study. *Infant Behav Dev*, 49, 296-309. doi:10.1016/j.infbeh.2017.10.005
- Bateson, P., Gluckman, P., & Hanson, M. (2014). The biology of developmental plasticity and the Predictive Adaptive Response hypothesis. *J Physiol*, 592(11), 2357-2368. doi:10.1113/jphysiol.2014.271460
- Been, J. V., Ochoa, L. B., Bertens, L. C., Schoenmakers, S., Steegers, E. A., & Reiss, I. K. (2020). Impact of COVID-19 mitigation measures on the incidence of preterm birth: a national quasi-experimental study. *Lancet Public Health*, 5(11), e604-e611. doi:10.1016/S2468-2667(20)30223-1
- Berghella, V., Boelig, R., Roman, A., Burd, J., & Anderson, K. (2020). Decreased incidence of preterm birth during coronavirus disease 2019 pandemic. *Am J Obstet Gynecol MFM*, 2(4), 100258. doi:10.1016/j.ajogmf.2020.100258
- Bero, L., Chartres, N., Diong, J., Fabbri, A., Ghersi, D., Lam, J., . . . Woodruff, T. J. (2018). The risk of bias in observational studies of exposures (ROBINS-E) tool: concerns arising from application to observational studies of exposures. *Syst Rev*, 7(1). doi:10.1186/s13643-018-0915-2
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2011). *Introduction to meta-analysis*: John Wiley & Sons.
- Bradshaw, S. (2004). *Socio-economic impacts of natural disasters: a gender analysis*: ECLAC.
- Brunet, A., Weiss, D. S., Metzler, T. J., Best, S. R., Neylan, T. C., Rogers, C., . . . Marmar, C. R. (2001). The Peritraumatic Distress Inventory: a proposed measure of PTSD criterion A2. *Am J Psychiatry*, 158(9), 1480-1485. doi:10.1176/appi.ajp.158.9.1480
- Cai, D., Zhu, Z., Sun, H., Qi, Y., Xing, L., Zhao, X., . . . Li, H. (2017). Maternal PTSD following exposure to the Wenchuan earthquake is associated with impaired mental development of children. *PLoS One*, 12(4), e0168747. doi:10.1371/journal.pone.0168747
- Camacho, A. (2008). Stress and birth weight: evidence from terrorist attacks. *Am Econ Rev*, 98(2), 511-515. doi:10.1257/aer.98.2.511
- Cao-Lei, L., Dancause, K. N., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Szyf, M., & King, S. (2018). DNA methylation mediates the effect of maternal cognitive appraisal of a disaster in pregnancy on the child's C-peptide secretion in adolescence: Project Ice Storm. *PLoS One*, 13(2), e0192199. doi:10.1371/journal.pone.0192199
- Cao-Lei, L., Elgbeili, G., Massart, R., Laplante, D. P., Szyf, M., & King, S. (2015). Pregnant women's cognitive appraisal of a natural disaster affects DNA methylation in their children 13 years later: Project Ice Storm. *Transl Psychiatry*, 5(2), e515-e515. doi:10.1038/tp.2015.13
- Cao, X., Laplante, D. P., Brunet, A., Ciampi, A., & King, S. (2014). Prenatal maternal stress affects motor function in 5(1/2)-year-old children: project ice storm. *Dev Psychobiol*, 56(1), 117-125. doi:10.1002/dev.21085

- Charil, A., Laplante, D. P., Vaillancourt, C., & King, S. (2010). Prenatal stress and brain development. *Brain Res Rev*, *65*(1), 56-79. doi:10.1016/j.brainresrev.2010.06.002
- Cheung, M. W.-L. (2019). A guide to conducting a meta-analysis with non-independent effect sizes. *Neuropsychol Rev*, *29*(4), 387-396. doi:10.1007/s11065-019-09415-6
- 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. *J Obes*, *2015*. doi:10.1155/2015/570541
- Dancause, K. N., Mutran, D., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Kildea, S., Stapleton, H., . . . King, S. (2017). Dietary change mediates relationships between stress during pregnancy and infant head circumference measures: the QF2011 study. *Matern Child Nutr*, *13*(3), e12359. doi:10.1111/mcn.12359
- Dancause, K. N., Veru, F., Andersen, R. E., Laplante, D. P., & King, S. (2013). Prenatal stress due to a natural disaster predicts insulin secretion in adolescence. *Early Hum Dev*, *89*(9), 773-776. doi:10.1016/j.earlhumdev.2013.06.006
- Deeks, J. J., Higgins, J. P., Altman, D. G., & Group, C. S. M. (2019). Analysing data and undertaking meta-analyses. In J. P. T. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. J. Page, & V. A. Welch (Eds.), *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (pp. 241-284).
- Doocy, S., Daniels, A., Dick, A., & Kirsch, T. D. (2013). The human impact of tsunamis: a historical review of events 1900-2009 and systematic literature review. *PLoS Curr*, *5*. doi:10.1371/currents.dis.841859091a706efebf8a30f4ed7a1901
- Doocy, S., Daniels, A., Dooling, S., & Gorokhovich, Y. (2013). The human impact of volcanoes: a historical review of events 1900-2009 and systematic literature review. *PLoS Curr*, *5*. doi:10.1371/currents.dis.841859091a706efebf8a30f4ed7a1901
- Doocy, S., Daniels, A., Murray, S., & Kirsch, T. D. (2013). The human impact of floods: a historical review of events 1980-2009 and systematic literature review. *PLoS Curr*, *5*. doi:10.1371/currents.dis.f4deb457904936b07c09daa98ee8171a
- Doocy, S., Daniels, A., Packer, C., Dick, A., & Kirsch, T. D. (2013). The human impact of earthquakes: a historical review of events 1980-2009 and systematic literature review. *PLoS Curr*, *5*. doi:10.1371/currents.dis.67bd14fe457f1db0b5433a8ee20fb833
- Doocy, S., Dick, A., Daniels, A., & Kirsch, T. D. (2013). The human impact of tropical cyclones: a historical review of events 1980-2009 and systematic literature review. *PLoS Curr*, *5*(APR 2013). doi:10.1371/currents.dis.2664354a5571512063ed29d25ffbce74
- Duval, S., & Tweedie, R. (2000). Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. *Biometrics*, *56*(2), 455-463. doi:10.1111/j.0006-341X.2000.00455.x
- Fernández-Castilla, B., Maes, M., Declercq, L., Jamshidi, L., Beretvas, S. N., Onghena, P., & Van den Noortgate, W. (2019). A demonstration and evaluation of the use of cross-classified random-effects models for meta-analysis. *Behav Res Methods*, *51*(3), 1286-1304. doi:10.3758/s13428-018-1063-2
- Glover, V., & Hill, J. (2012). Sex differences in the programming effects of prenatal stress on psychopathology and stress responses: an evolutionary perspective. *Physiol Behav*, *106*(5), 736-740. doi:10.1016/j.physbeh.2012.02.011
- Gluckman, P. D., & Hanson, M. A. (2006). The developmental origins of health and disease. In *Early life origins of health and disease* (pp. 1-7): Springer.

- Harville, E. W., & Do, M. (2016). Reproductive and birth outcomes in Haiti before and after the 2010 earthquake. *Disaster Med Public Health Prep*, 10(1), 59-66. doi:10.1017/dmp.2015.69
- Hedges, L. V., Tipton, E., & Johnson, M. C. (2010). Robust variance estimation in meta-regression with dependent effect size estimates. *Res Synth Methods*, 1(1), 39-65. doi:10.1002/jrsm.5
- Higgins, J. P., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 327(7414), 557-560. doi:10.1136/bmj.327.7414.557
- Hilmert, C. J., Kvasnicka-Gates, L., Teoh, A. N., Bresin, K., & Fiebiger, S. (2016). Major flood related strains and pregnancy outcomes. *Health Psychol*, 35(11), 1189-1196. doi:10.1037/hea0000386
- Janssen, I. (2011). *Unpublished manuscript for the Public Health Agency of Canada; based on analysis of the 1994/95 and 1996/97 National Population Health Surveys; 2000/01, 2003, 2004, 2005, 2007 and 2008 Canadian Community Health Surveys (Statistics Canada); and Economic Burden of Illness 2000 Database.*
- Jones, S. L., Dufoix, R., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Patel, R., Chakravarty, M. M., . . . Pruessner, J. C. (2019). Larger amygdala volume mediates the association between prenatal maternal stress and higher levels of externalizing behaviors: sex specific effects in project ice storm. *Front Hum Neurosci*, 13, 144. doi:10.3389/fnhum.2019.00144
- Khoury, J. E., Atkinson, L., Bennett, T., Jack, S. M., & Gonzalez, A. (2021). COVID-19 and mental health during pregnancy: The importance of cognitive appraisal and social support. *J Affect Disord*, 282, 1161-1169. doi:10.1016/j.jad.2021.01.027
- King, S., Mancini-Marie, A., Brunet, A., Walker, E., Meaney, M. J., & Laplante, D. P. (2009). Prenatal maternal stress from a natural disaster predicts dermatoglyphic asymmetry in humans. *Dev Psychopathol*, 21(2), 343-353. doi:10.1017/S0954579409000364
- 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. *Arch Womens Ment Health*, 21(2), 225-233. doi:10.1007/s00737-017-0786-x
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Laplante, D. P., Barr, R. G., Brunet, A., Galbaud du Fort, G., Meaney, M. L., Saucier, J.-F., . . . King, S. (2004). Stress during pregnancy affects general intellectual and language functioning in human toddlers. *Pediatr Res*, 56(3), 400-410. doi:10.1203/01.PDR.0000136281.34035.44
- Laplante, D. P., Brunet, A., & King, S. (2016). The effects of maternal stress and illness during pregnancy on infant temperament: Project Ice Storm. *Pediatr Res*, 79(1-1), 107-113. doi:10.1038/pr.2015.177
- 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. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 47(9), 1063-1072. doi:10.1097/CHI.0b013e31817eec80
- Laplante, D. P., Hart, K. J., O'Hara, M. W., Brunet, A., & King, S. (2018). Prenatal maternal stress is associated with toddler cognitive functioning: The Iowa Flood Study. *Early Hum Dev*, 116, 84. doi:10.1016/j.earlhumdev.2017.11.012
- Laplante, D. P., Simcock, G., Cao-Lei, L., Moullem, M., Elgbeili, G., Brunet, A., . . . King, S. (2019). The 5-HTTLPR polymorphism of the serotonin transporter gene and child's sex moderate the relationship between disaster-related prenatal maternal stress and autism

- spectrum disorder traits: The QF2011 Queensland flood study. *Dev Psychopathol*, 31(4), 1395-1409. doi:10.1017/S0954579418000871
- Laplante, D. P., Zelazo, P. R., Brunet, A., & King, S. (2007). Functional play at 2 years of age: effects of prenatal maternal stress. *Infancy*, 12(1), 69-93. doi:10.1111/j.1532-7078.2007.tb00234.x
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*: Springer Publishing Company.
- Lequertier, B., Simcock, G., Cobham, V. E., Kildea, S., & King, S. (2019). Infant behavior and competence following prenatal exposure to a natural disaster: the QF 2011 Queensland Flood Study. *Infancy*, 24(3), 411-432. doi:10.1111/infa.12286
- 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. *Environ Res*, 150, 1-7. doi:10.1016/j.envres.2016.04.039
- Madigan, S., Oatley, H., Racine, N., Fearon, R. P., Schumacher, L., Akbari, E., . . . Tarabulsky, G. M. (2018). A meta-analysis of maternal prenatal depression and anxiety on child socioemotional development. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 57(9), 645-657. e648. doi:10.1016/j.jaac.2018.06.012
- Marmar, C. R., Metzler, T. J., Otte, C., McCaslin, S., Inslicht, S., & Haase, C. H. (2007). The Peritraumatic Dissociative Experiences Questionnaire: an international perspective. In J. P. Wilson & C. S.-k. Tang (Eds.), *Cross-Cultural Assessment of Psychological Trauma and PTSD* (pp. 197-217). Boston, MA: Springer US.
- McLean, M. A., Cobham, V. E., Simcock, G., Elgbeili, G., Kildea, S., & King, S. (2018). The role of prenatal maternal stress in the development of childhood anxiety symptomatology: The QF2011 Queensland Flood Study. *Dev Psychopathol*, 30(3), 995-1007. doi:10.1017/S0954579418000408
- McLean, M. A., Cobham, V. E., Simcock, G., Kildea, S., & King, S. (2019). Toddler Temperament Mediates the Effect of Prenatal Maternal Stress on Childhood Anxiety Symptomatology: The QF2011 Queensland Flood Study. *Int J Environ Res Public Health*, 16(11), 1998. doi:10.3390/ijerph16111998
- McLean, M. A., Simcock, G., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Kildea, S., Hurrion, E., . . . King, S. (2020). Disaster-related prenatal maternal stress, and childhood HPA-axis regulation and anxiety: The QF2011 Queensland Flood Study. *Psychoneuroendocrinology*, 118, 104716. doi:10.1016/j.psyneuen.2020.104716
- Moss, K. M., Simcock, G., Cobham, V., Kildea, S., Elgbeili, G., Laplante, D. P., & King, S. (2017). A potential psychological mechanism linking disaster-related prenatal maternal stress with child cognitive and motor development at 16 months: The QF2011 Queensland Flood Study. *Dev Psychol*, 53(4), 629. doi:10.1037/dev0000272
- Moss, K. M., Simcock, G., Cobham, V. E., Kildea, S., Laplante, D. P., & King, S. (2018). Continuous, emerging, and dissipating associations between prenatal maternal stress and child cognitive and motor development: the QF2011 Queensland Flood Study. *Early Hum Dev*, 119, 29-37. doi:10.1016/j.earlhumdev.2018.02.022
- Neumayer, E., & Plümper, T. (2007). The gendered nature of natural disasters: The impact of catastrophic events on the gender gap in life expectancy, 1981–2002. *Ann Am Assoc Geogr*, 97(3), 551-566. doi:10.1111/j.1467-8306.2007.00563.x

- Nguyen, T. V., Jones, S. L., Elgbeili, G., Monnier, P., Yu, C., Laplante, D. P., & King, S. (2018). Testosterone-cortisol dissociation in children exposed to prenatal maternal stress, and relationship with aggression: Project Ice Storm. *Dev Psychopathol*, 30(3), 981-994. doi:10.1017/S0954579418000652
- Patz, J. A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., & Foley, J. A. (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 438(7066), 310-317. doi:10.1038/nature04188
- 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. *Ann Hum Biol*, 45(3), 220-228. doi:10.1080/03014460.2018.1459837
- Ritchie, H., & Roser, M. (2014). Natural Disasters. *Our World in Data*. Retrieved from <https://ourworldindata.org/natural-disasters>
- Sanguanklin, N., McFarlin, B. L., Park, C. G., Giurgescu, C., Finnegan, L., White-Traut, R., & Engstrom, J. L. (2014). Effects of the 2011 flood in Thailand on birth outcomes and perceived social support. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs*, 43(4), 435-444. doi:10.1111/1552-6909.12466
- Simcock, G., Cobham, V. E., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Gruber, R., Kildea, S., & King, S. (2019). A cross-lagged panel analysis of children's sleep, attention, and mood in a prenatally stressed cohort: the QF2011 Queensland Flood Study. *J Affect Disord*, 255, 96-104. doi:10.1016/j.jad.2019.05.041
- Simcock, G., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Kildea, S., Cobham, V., Stapleton, H., . . . King, S. (2017). The effects of prenatal maternal stress on early temperament: the 2011 Queensland Flood Study. *J Dev Behav Pediatr*, 38(5), 310-321. doi:10.1097/DBP.0000000000000444
- Simcock, G., Kildea, S., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Stapleton, H., Cobham, V., & King, S. (2016). Age-related changes in the effects of stress in pregnancy on infant motor development by maternal report: the Queensland Flood Study. *Dev Psychobiol*, 58(5), 640-659. doi:10.1002/dev.21407
- Simcock, G., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Kildea, S., Cobham, V., Stapleton, H., & King, S. (2017). Infant neurodevelopment is affected by prenatal maternal stress: the QF 2011 Queensland Flood Study. *Infancy*, 22(3), 282-302. doi:10.1111/infa.12166
- Simcock, G., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Kildea, S., & King, S. (2018). A trajectory analysis of childhood motor development following stress in pregnancy: The QF2011 Flood Study. *Dev Psychobiol*, 60(7), 836-848. doi:10.1002/dev.21767
- Strahm, A. M., Bagne, A. G., Rued, H. A., Larson, K. J., Roemmich, J. N., & Hilmert, C. J. (2020). Prenatal traumatic stress and offspring hair cortisol concentration: A nine year follow up to the Red River flood pregnancy study. *Psychoneuroendocrinology*, 113, 104579. doi:10.1016/j.psyneuen.2019.104579
- Thurston, A. M., Stöckl, H., & Ranganathan, M. (2021). Natural hazards, disasters and violence against women and girls: a global mixed-methods systematic review. *BMJ Global Health*, 6(4), e004377. doi:10.1136/bmjgh-2020-004377
- Unicef. (2011). *The state of the world's children 2011-executive summary: Adolescence an age of opportunity*: Unicef.
- Van Aalst, M. K. (2006). The impacts of climate change on the risk of natural disasters. *Disasters*, 30(1), 5-18. doi:10.1111/j.1467-9523.2006.00303.x
- Van den Bergh, B. R., van den Heuvel, M. I., Lahti, M., Braeken, M., de Rooij, S. R., Entringer, S., . . . King, S. (2020). Prenatal developmental origins of behavior and mental health: The

- influence of maternal stress in pregnancy. *Neurosci Biobehav Rev*, *117*, 26-64. doi:10.1016/j.neubiorev.2017.07.003
- Van Os, J., & Reininghaus, U. (2016). Psychosis as a transdiagnostic and extended phenotype in the general population. *World Psychiatry*, *15*(2), 118-124. doi:10.1002/wps.20310
- Veru, F., Dancause, K. N., Laplante, D. P., King, S., & Luheshi, G. (2015). Prenatal maternal stress predicts reductions in CD4+ lymphocytes, increases in innate-derived cytokines, and a Th2 shift in adolescents: project ice storm. *Physiol Behav*, *144*, 137-145. doi:10.1016/j.physbeh.2015.03.016
- Veru, F., Laplante, D. P., Luheshi, G., & King, S. (2014). Prenatal maternal stress exposure and immune function in the offspring. *Stress*, *17*(2), 133-148. doi:10.3109/10253890.2013.876404
- Walder, D. J., Laplante, D. P., Sousa-Pires, A., Veru, F., Brunet, A., & King, S. (2014). Prenatal maternal stress predicts autism traits in 6½ year-old children: Project Ice Storm. *Psychiatry Res*, *219*(2), 353-360. doi:10.1016/j.psychres.2014.04.034
- Wang, H., Zhou, X., Jia, X., Song, C., Luo, X., Zhang, H., . . . Ye, J. (2021). Emotional exhaustion in front-line healthcare workers during the COVID-19 pandemic in Wuhan, China: the effects of time pressure, social sharing and cognitive appraisal. *BMC Public Health*, *21*(1), 1-10. doi:10.1186/s12889-021-10891-w
- Weiss, D. S. (2007). The impact of event scale: revised. In *Cross-cultural assessment of psychological trauma and PTSD* (pp. 219-238): Springer.
- Xiaoyun, Y., Hongai, Y., & Qifa, L. (2007). The research on the reliability and validity of PCL-C and influence factors. *China J Health Psychol*, *15*(1), 6-9.
- Yong Ping, E., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Hillerer, K. M., Brunet, A., O'Hara, M. W., & King, S. (2015). Prenatal maternal stress predicts stress reactivity at 2½ years of age: the Iowa Flood Study. *Psychoneuroendocrinology*, *56*, 62-78. doi:10.1016/j.psyneuen.2015.02.015
- Yong Ping, E., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Jones, S. L., Brunet, A., & King, S. (2020). Disaster-related prenatal maternal stress predicts HPA reactivity and psychopathology in adolescent offspring: Project Ice Storm. *Psychoneuroendocrinology*, 104697. doi:10.1016/j.psyneuen.2020.104697

**Article 2: If only I could have known more: an assessment of mothers' information needs to increase awareness about stress in pregnancy**

Sandra Lafortune, BSc<sup>1</sup>, Christian Dagenais, PhD<sup>1</sup>, David P. Laplante, PhD<sup>2</sup>, Guillaume Elgbeili, MSc<sup>3</sup>, David M. Olson, PhD<sup>4</sup> and Suzanne King, PhD<sup>3,5</sup>.

<sup>1</sup>Université de Montréal, Montreal, Canada.

<sup>2</sup>Lady Davis Institute, Jewish General Hospital, Montreal, Canada.

<sup>3</sup>Douglas Hospital Research Centre, Montreal, Canada.

<sup>4</sup>University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.

<sup>5</sup>McGill University, Montreal, Canada.

**STATUT: ARTICLE PRÊT À SOUMETTRE**

**Revue ciblée: Women and Birth**



## Abstract

**Background:** Natural disaster-related prenatal maternal stress (PNMS) is associated with suboptimal child development; however, it is unknown how aware pregnant women are of these facts. **Aim:** We aimed to improve understanding about women's knowledge concerning, and interest in, the consequences of PNMS. **Methods:** Our first cohort (n=97) was pregnant during the 2016 Fort McMurray wildfire in Alberta, Canada who had participated in our PNMS study assessing stress levels in the months after the disaster. The second cohort (n=234) included Montreal mothers who were not exposed to a natural disaster in pregnancy. Both cohorts completed our questionnaire to assess their agreement with statements about the PNMS literature. Women were also asked whether, during their last pregnancy, they would have liked to have known more about this subject. **Findings:** Although the cohorts differed significantly on income, education, and language, there was no difference between the two groups with respect to their interest in receiving information about PNMS: most of the women would have liked to have known more about this topic during their last pregnancy (63.9% in Fort McMurray and 67.9% in Montreal). In the exposed cohort, higher disaster-related PNMS levels (Peritraumatic Dissociative Experience Questionnaire: PDEQ) were associated with better PNMS knowledge ( $r=0.260$ ;  $p=0.010$ ). Among exposed women, for those who were younger, had lower social support or were hesitant to receive information about PNMS, the lower the peritraumatic reactions, the lower the knowledge, such that when PNMS levels were low, these women had significantly less knowledge. **Conclusion:** We found in women from diverse backgrounds a generalized interest in knowing more about the potential effects of PNMS on their children. Pregnant women who are younger, have less social support, or are more hesitant about receiving information about PNMS should be targeted as those requiring greater awareness on this topic.

**Keywords**

Needs assessment; prenatal maternal stress; natural disasters.

**Statement of significance****Problem or issue**

Natural disaster-related prenatal maternal stress influences the unborn child's health and development, but we do not know the extent to which pregnant women are aware of this and whether they would appreciate knowing more about what research says on this subject.

**What is already known**

There is a lack of knowledge in mothers about controllable risk factors during pregnancy. Sociodemographic characteristics have been associated with their level of knowledge about these risks.

**What this paper adds**

We demonstrate for the first time that mothers do not have optimal knowledge about the effects of stress during pregnancy and report that they would have liked to have known more about it during their last pregnancy. Women who are younger, more isolated, or more uncertain about wanting to receive information about a risk factor may be those in whom we should raise greater awareness about this subject.

## **Introduction**

The first week of May 2016 was a waking nightmare for the 88,000 residents of Fort McMurray, Alberta, Canada. Tuesday May 3<sup>rd</sup> started out like every other school day in this small city, but by afternoon forest fires forced the abrupt and rapid evacuation of the entire city. With everyone forced to take the only highway out of the city, lines of cars, often with flames closing in on both sides, slowly left the city and the fire behind. These evacuees included hundreds of pregnant women, many who would be separated from their partners and families for more than 24 hours. Others saw their homes reduced to ashes. Although the entire city was evacuated without a single loss of life to the fire, no one escaped the stress and trauma of this disaster.

The reflex for some of the pregnant women was to ask themselves, “What is the effect of this stress on my unborn baby?” Some did not think at all about any possible risk that the event could represent for their unborn child, while others considered that the stress might result in a preterm birth. Yet, decades of research shows that the stress from a disaster during pregnancy has significant effects on the child’s physical, cognitive, behavioral and motor development that can endure for years (Lafortune et al., 2021). How, then, can we inform pregnant women who are facing population-level, or even an individual-level, trauma about the effects of stress during pregnancy without stressing them further? We can also question the willingness of women to receive information about the consequences of a natural disaster on their child, given that it is an uncontrollable, and sometimes unpredictable event.

Aside from natural disasters, women can face a myriad of other stressors while pregnant. Some are avoidable life changes (e.g., moving house) or taking on stressful tasks (e.g., working overtime to finish a report). By being informed of the consequences of stress on the development of her child, she can inform those around her (e.g., partner, employer), encouraging them to put in

place the necessary measures for her well-being. Given that prenatal stress could put the pregnancy and unborn child at risk, it would be harmful to increase the knowledge of women about stress if doing so would impose on them a feeling of helplessness or guilt about the situation. Therefore, research is needed to build on the experience of mothers to determine how best to inform future mothers about the risks associated with prenatal stress.

Since the seminal work of researchers during World War II (Sontag, 1944), prenatal maternal stress (PNMS) has been shown to have consequences for the unborn child's health and development (McLean et al., 2020). More recently, the Stress in Pregnancy International Research Alliance (SPIRAL; [www.mcgill.ca/spiral](http://www.mcgill.ca/spiral)) has studied the effects of PNMS associated with natural disasters on child health and development. Disasters are typically acute in nature, have an onset that can be well-defined and are quasi-randomly distributed in the population in terms of the pregnant woman's personal characteristics (e.g., socioeconomic level, personality, susceptibility to psychopathology). The SPIRAL research program focuses on three components of the women's disaster experiences that have been shown to affect the development of children exposed to the stress *in utero*: objective hardship (i.e., events experienced by the woman during the disaster), subjective distress (the woman's psychological reaction to the disaster) and her cognitive appraisal of the event (whether it had positive or negative consequences on her and her family) (Lazarus & Folkman, 1984). The impacts of these three stress components have been associated with the child's cognitive, behavioral, physical and motor development (King, Dancause, Turcotte-Tremblay, Veru, & Laplante, 2012; Lafortune et al., 2021). The literature also suggests that timing of exposure to the disaster (preconception, 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> trimester) (Moss et al., 2017) and sex of the child (Dancause et al., 2011) moderate the association between PNMS from disasters and child outcomes (King, Matvienko-Sikar, & Laplante, 2021).

If pregnant women were aware of the consequences of PNMS on the health and development of their unborn children, they could make informed decisions to avoid or manage the stress that they encounter during their pregnancy. Although it would, therefore, be important to transfer the research knowledge to its potential beneficiaries, pregnant women, there is very little data about women's current state of knowledge about this topic, and whether they would like to know more about it. Having experienced a natural disaster in the past could also influence the willingness of women to learn about the consequences of stress during pregnancy. However, knowing the risks could actually increase anxiety in some people, while reducing it for others (Miller & Mangan, 1983).

Research has reported a lack of knowledge in mothers about the potential negative effects that other pregnancy risk factors, such as non-steroidal anti-inflammatory drugs, can have (Damase-Michel, Christaud, Berrebi, Lacroix, & Montastruc, 2009; Hassoun-Barhamji, Barjat, & Chauleur, 2015). In general, younger (Damase-Michel et al., 2009), less educated (Damase-Michel et al., 2009; Ho & Loke, 2003; Sinikovic, Yeatman, Cameron, & Meyer, 2009) and lower-income women (Sinikovic et al., 2009) tend to be less well informed. Interestingly, the number of previous pregnancies has not been associated with women's levels of concern about risk factors during pregnancy (Sinikovic et al., 2009). Women who are married or in a committed relationship (versus single) and who feel loved and valued tend to seek more information (Guillory et al., 2014). This could suggest a potential association between social support and knowledge. Finally, it has been suggested that women who are more informed are more likely to report lower levels of concern about controllable risk factors in pregnancy which could then lead to lower interest in gaining additional knowledge about the matter. For example, greater knowledge about risks associated with fish consumption in pregnancy, a controllable risk factor, has been associated with lower

concerns about this matter (Sinikovic et al., 2009). Since disaster exposure is not a controllable risk factor, the uncertainty and the unpredictability of natural disasters could require a different knowledge transfer approach for women, such that some might prefer not to receive information about a stressor they could not avoid in the future, while others might wish to get as much information as possible in order to prepare themselves for the eventuality of a major stressor during their pregnancy.

### **Study Aims**

In order to obtain information that may increase knowledge about how best to raise awareness in pregnant women about the consequences of PNMS without stressing them further, we surveyed two cohorts of women: one cohort had been pregnant, or were about to become pregnant, during the 2016 Fort McMurray, Alberta wildfires in Canada; and a second cohort, residing in Montreal, Quebec, that did not experience a disaster during pregnancy. The study was designed to address three objectives: (1) to determine the current state of knowledge about PNMS among childbearing women, and their desire to have known more about this topic during their previous pregnancy, in both a general population cohort and in one that had experienced a natural disaster; (2) to determine the extent to which the PNMS knowledge of women is associated with their desire to have known more about PNMS, and with their sociodemographic characteristics (age, income, education, number of pregnancies and social support) and, in the disaster-exposed cohort, with their PNMS levels; and (3) to determine, in the disaster-exposed cohort, the extent to which the association between their stress levels and their PNMS knowledge is moderated by their sociodemographic characteristics (age, income, education, number of pregnancies and social support) and by their desire to have known more about PNMS.

## **Participants, Ethics and Methods**

### **Sample and Participant Selection**

#### ***Fort McMurray cohort (FMM).***

The Fort McMurray cohort was part of a larger study: the Mommy Baby Study (Hyde et al., 2021; Olson et al., 2019). To be included in this cohort, the participants of the larger study had to satisfy the following criteria: (1) being able to understand and write in English and (2) to have been evacuated because of the wildfire up to six months before becoming pregnant or to have been in their 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> trimester of pregnancy when the disaster occurred. The Mommy Baby Study was approved by the University of Alberta Research Ethics Office. Recruitment ran from November 2016 to April 2018. A total of 237 participants were recruited of whom 204 completed the initial questionnaires.

For the current study, no supplemental eligibility criteria were added. The present study was approved by the University of Alberta Research Ethics Office. In August 2018, email invitations were sent to all eligible women who remained active in the larger study (n=197). A reminder email was sent every week until September 2018 to maximize the participation rate. Recruitment ended in October 2018. For all the responses received (n=100), all items in the questionnaires were completed. From this number, three cases were removed: one participant gave birth to twins, another conceived out of the targeted range of dates, and a last one because she had a miscarriage before recruitment into the current study. Details of the sample of 97 participants are presented in Tables 1 and 2. The 100 participants who did not participate in the present study had a lower level of education and experienced higher subjective stress due to fires (composite score using IES-R, PDI, and PDEQ) compared to the 97 current participants.

***Montreal cohort (MTL).***

The second cohort was composed of newly recruited women who had given birth in Montreal between May 2016 (when the Fort McMurray wildfire occurred 3500 km west of Montreal) and October 2019. Details of the sample are presented in Tables 1 and 2. This second cohort was created to determine the extent to which women from a general population were informed of the consequences of exposure to a natural disaster during pregnancy when they would not have experienced one during their pregnancy.

In March 2019, we obtained approval from the Sainte-Justine University Hospital's Research Ethics Board to recruit women through social media, daycare centers (private or subsidized by the Quebec Family Ministry, called "Centres de la petite enfance" – CPE – in the province) and community centers. Since this was a multicentre project, authorization was also obtained from the regional health board (the CIUSSS de l'Ouest-de-l'île-de-Montréal) in June 2019 to conduct our research in their network. Social media teams from the Sainte-Justine University Hospital and from the University of Montreal broadcasted the recruitment advertisement. CPE, daycare centers and community centers posted the advertisement on their bulletin boards and, in some cases, even sent emails to their parents in an appeal for them to be part of the study. A total of 248 women were recruited. From this number, fourteen women were excluded: five never had a child, two were under 18 years old at the time they gave birth, and seven had experienced a natural disaster since the conception of their last child. Our final sample was composed of 234 women.



## **Materials**

### ***Knowledge assessment.***

To assess mothers' PNMS knowledge, our team developed the Stress in Pregnancy Assessment of Related Knowledge – SPARK – (see Supplementary materials; Appendix A). All 13 items were statements that were supported by the PNMS literature, by globally stating that PNMS has an influence on the child's health and development. The senior author, Suzanne King, assured content and construct validities of the questionnaire.

The SPARK covers different topics based on the disaster-related PNMS literature: components of stress (objective hardship, subjective distress and cognitive appraisal), the timing in pregnancy of the onset of stress (from preconception to the 3<sup>rd</sup> trimester), the child's sex (which was removed from the analysis since an error in the formulation of the question was discovered, leaving 12 items), and the consequences of stress during pregnancy on the child (cognitive, behavioral, physical and motor). The mothers answered each question on a scale ranging from -2 (strongly disagree) to +2 (strongly agree). Participants also had the option to check “I don't know” and “I prefer not to answer” which were scored as missing for the purpose of calculating the knowledge score. The mean score, which was called knowledge score, was calculated for each participant and represented the level of agreement of the mother with the literature about disaster-related PNMS, ranging from -2 to +2. Scores for two participants could not be calculated due to excess missing data. Mean scores for three subscales were computed to explore potential differences between categories: components of stress (4 items), timing of onset of stress in pregnancy (4 items), and the consequences of stress during pregnancy on the unborn child (4 items).

The SPARK was pre-tested in March 2018 with 18 mothers from Montreal and demonstrated that the SPARK was of adequate length, the vocabulary used was appropriate, and that there was sufficient variance within the mothers' responses. We used Classical Test Theory for the development and analysis of the questionnaire because this model does not require large sample sizes for the analyses as would be required when applying Item Response Theory (Columbia University Mailman School of Public Health, 2019).

For the complete scale, reliability analyses indicated excellent internal consistency (Cronbach's alpha in combined sample, Fort McMurray sample only, and Montreal sample only: 0.92, 0.90, 0.91, respectively). For the subscales, reliability analyses indicated good internal consistency for the components of stress scale (Cronbach's alpha in combined sample, Fort McMurray sample only and Montreal sample only: 0.84, 0.83, 0.82 respectively) ; an acceptable internal consistency for the timing of onset of stress scale (Cronbach's alpha in the combined sample, the Fort McMurray sample only and the Montreal sample only: 0.77, 0.78, 0.73 respectively) and good internal consistency for the consequences of stress scale (Cronbach's alpha in the combined sample, the Fort McMurray sample only and the Montreal sample only: 0.87, 0.83, 0.86 respectively).

To assess the mothers' level of interest about PNMS, they were asked if, during their previous pregnancy, they would have liked to have known more about what research says about disaster-related PNMS. The response options for this item were "Yes", "No", "I don't know" and "I prefer not to answer".

An uncertainty score was computed as the total number of times the participants answered "I don't know" to the 12 items of the SPARK. Thus, scores could range from 0 to 12.

*Sociodemographic variables.*

The following sociodemographic variables were collected in both cohorts: native language, age, income, educational attainment, number of pregnancies (including live births, miscarriages, stillbirths and abortions) and number of biological children. Social support was measured in the Fort McMurray cohort at recruitment and at four and 12 months using the Social Support Questionnaire (Short Form) (SSQ) (Sarason, Sarason, Shearin, & Pierce, 1987). This six-item instrument seeks the number of relationships the women could rely on in general, and their satisfaction towards these on a 6-point Likert scale.

*PNMS levels measures.*

Disaster-related PNMS levels were only measured in the Fort McMurray cohort since the Montreal cohort never experienced a natural disaster. Objective hardship (i.e., events the women experienced during the disaster) was measured using the McMurray Objective Maternal Stress Scale (MOMSS200; see Supplementary materials; Appendix B). The MOMSS includes a broad range of items related to the women's experiences of Threat, Loss, Scope and Change due to the disaster, with each scale having a possible maximum score of 50 points. A supplementary objective hardship subscale was included, termed Thwart and worth a maximum of 50 points, which assessed obstacles the women faced trying to leave the city during the evacuation, but was not included in the global MOMSS200 score.

In the same questionnaire, cognitive appraisal was assessed using the following question: "Taking into account all of the effects of the Fort McMurray and Alberta wildfires on you and your family, what would you say have been the overall consequences of the event?". The women rated their appraisal on a 5-point Likert scale: very negative (1), negative (2), neutral (there were

no consequences at all) (3), positive (4) or very positive (5). All of the women answered this questionnaire over a period of less than four months.

At recruitment, subjective distress (i.e., the women's psychological reaction to the disaster) was measured using three scales. Two scales ask about emotional responses at the time of the disaster: the Peritraumatic Distress Inventory (PDI (Brunet et al., 2001)) and the Peritraumatic Dissociative Experiences Questionnaire (PDEQ (Marmar et al., 1994)). The third scale assesses the severity of post-traumatic stress symptoms at the time of recruitment: the Impact of Event Scale – Revised (IES-R (Weiss, 2007)).

### **Analyses**

Extreme scores on the SPARK knowledge (n=2 (FMM = 2; MTL = 0)) and uncertainty (n=6 (FMM = 3; MTL = 3)), as defined by being at least three standard deviations above the mean, were winsorized in an effort to reduce their statistical leverage, that is, were lowered to be equal to a value three standard deviations above the mean (Tabachnick & Fidell, 2007). We compared the two cohorts on their knowledge score, their desire to have known more, and their sociodemographic characteristics using t-tests, Fisher's exact test and chi-square tests. All additional analyses were conducted on Fort McMurray and Montreal cohorts separately. To address our first objective about the current state of PNMS knowledge and uncertainty and their desire to have known more, we used descriptive statistics. We ran correlations and ANOVAs to address the second objective concerning the extent to which PNMS knowledge is associated with sociodemographic characteristics, with the desire to have known more about PNMS, and, in the disaster-exposed cohort, with PNMS levels. The associations of interest were among three distinct groups of variables: the PNMS variables (subjective distress (IES-R, PDI and PDEQ), objective hardship (MOMSS200 and Thwart50) and cognitive appraisal), the sociodemographic variables

(income, number of pregnancies, number of biological children, education, language, age, and social support (the number of people the mother can rely on in general and her satisfaction towards it) and age) and the SPARK outcomes (knowledge and uncertainty scores). Because our main outcome, knowledge score, was not normally distributed for either the Fort McMurray (Shapiro-Wilk  $p=0.003$ ) or Montreal (Shapiro-Wilk  $p<0.001$ ) cohorts, we performed Spearman correlations.

In the Fort McMurray cohort only, moderation analyses were used to examine our third objective, which was to determine the extent to which the association between the PNMS levels and PNMS knowledge is moderated by the sociodemographic characteristics and by the desire to have known more about PNMS. As the question to assess the desire to have known more about PNMS was asked in retrospect, it was situated chronologically as a moderator to predict the current level of knowledge. Asking the question in the present tense could have induced social desirability. Hierarchical regressions were used to investigate the amount of variance explained by the entry of each variable into the model. Any significant moderations were then probed using the PROCESS macro version 3.3 for SPSS (Hayes, 2017).

All analyses were conducted using SPSS version 26 (IBM Corp, 2019).

## **Results**

### **Cohort comparison**

We performed two-sided Fisher's tests to compare the responses of the Fort McMurray and Montreal cohorts. Even though both cohorts were similar in their desire to have known more about PNMS during their previous pregnancy ( $p=0.624$ ), age ( $p=0.079$ ), and number of pregnancies ( $p=0.271$ ), they did differ on PNMS knowledge ( $p<0.001$ ), income ( $p<0.001$ ), number of biological children ( $p=0.034$ ), education ( $p<0.001$ ) and language ( $p<0.001$ ). More specifically, the Fort McMurray cohort was less knowledgeable about PNMS, and less educated,

but were wealthier and had more biological children. These differences made combining their data inappropriate.

Table 1

Descriptives – Categorical variables

Variable	Categories	FMM (n (%))	MTL (n (%))	Fisher's test p-value
Income	< 10 000	0 (0)	3 (1.282)	<0.001
	10 000 – 25 000	1 (1.031)	6 (2.564)	
	25 000 – 50 000	1 (1.031)	19 (8.120)	
	50 000 – 75 000	4 (4.124)	37 (15.812)	
	75 000 – 100 000	8 (8.247)	54 (23.077)	
	100 000 – 125 000	7 (7.216)	33 (14.103)	
	125 000 – 150 000	10 (10.309)	30 (12.821)	
	150 000 – 175 000	9 (9.278)	17 (7.265)	
	> 175 000	57 (58.763)	23 (9.829)	
	Missing	0 (0)	12 (5.128)	
Total		97 (100)	234 (100)	
Number of pregnancies	1	28 (28.866)	90 (38.462)	0.271
	2	36 (37.113)	70 (29.915)	
	3	15 (15.464)	42 (17.949)	
	4 or more	17 (17.526)	30 (12.821)	
	Missing	1 (1.031)	2 (0.855)	
	Total	97 (100)	234 (100)	
Number of biological children	1	46 (47.423)	135 (57.692)	0.034
	2	32 (32.990)	76 (32.479)	
	3	16 (16.495)	15 (6.410)	
	4 or more	3 (3.093)	8 (3.419)	
	Missing	0 (0)	0 (0)	
	Total	97 (100)	234 (100)	

Education	Did not complete high school	0 (0)	0 (0)	<0.001
	GED	1 (1.031)	0 (0)	
	High School Diploma	8 (8.247)	2 (0.855)	
	Vocational Technical, Associate's	10 (10.309)	4 (1.709)	
	Some college	23 (23.711)	19 (8.120)	
	Bachelor's	41 (42.268)	89 (38.034)	
	Master's	13 (13.402)	86 (36.752)	
	Doctorate	1 (1.031)	0 (0)	
	Missing	0 (0)	0 (0)	
Total	97 (100)	234 (100)		
Language	English	93 (95.876)	29 (12.393)	<0.001
	French	3 (3.093)	179 (76.496)	
	Other	1 (1.031)	26 (11.111)	
	Missing	0 (0)	0 (0)	
	Total	97 (100)	234 (100)	
Timing of onset of stress in pregnancy	1 <sup>st</sup> trimester	18 (18.557)	-	
	2 <sup>nd</sup> trimester	19 (19.588)	-	
	3 <sup>rd</sup> trimester	22 (22.680)	-	
	Preconception (up to 6 months after the disaster)	36 (37.113)	-	
	Missing	2 (0.021)		
	Total	97 (100)	-	
SPARK – Wish to have known more about PNMS	Yes, I would have liked to have known more	62 (63.918)	159 (67.949)	0.624
	No, I would not have liked to know more	23 (23.711)	46 (19.658)	
	I don't know	10 (10.309)	29 (12.393)	
	Missing	2 (2.062)	0 (0.0)	
	Total	97 (100.0)	234 (100.0)	

*Note.* SPARK: Stress in Pregnancy Assessment of Related Knowledge

Table 2

Descriptives – Continuous variables

Variable	FMM			MTL			T-test p-value
	N (missing)	Mean (SD)	Range [min – max]	N (missing)	Mean (SD)	Range [min – max]	
IES-R	97	19.979 (14.816)	[0.000 – 65.000]	-	-	-	
PDEQ	97	12.113 (7.646)	[0.000 – 30.000]	-	-	-	
PDI	97	21.742 (10.765)	[0.000 – 47.000]	-	-	-	
MOMSS200	84 (13)	48.926 (21.246)	[16.000 – 108.050]	-	-	-	
Thwart50	84 (13)	11.488 (7.364)	[0.000 – 36.000]	-	-	-	
Cognitive appraisal	84 (13)	2.524 (0.911)	[1-5]	-	-	-	
Social Support Questionnaire (number)	97	2.357 (1.424)	[0.167 – 7.167]	-	-	-	
Social Support Questionnaire (satisfaction)	97	5.353 (0.720)	[3.333 – 6.000]	-	-	-	
Age	97	33.346 (3.797)	[23.892 – 43.106]	234	34.145 (3.746)	[23.110 – 45.133]	0.079
SPARK - Knowledge score	97 (0)	0.424 (0.619)	[-1.500 – 1.583]	233 (1)	0.935 (0.636)	[-1.50 – 2]	<0.001



SPARK -	97 (0)	0.884	[0.000 – 8.246]	234 (0)	0.922	[0.00 – 8.246]	0.869
Uncertainty score		(2.090)			(1.830)		

---

*Note.* FMM: Fort McMurray; MTL: Montreal; IES-R: Impact of Event Scale – Revised; PDEQ: Peritraumatic Dissociative Experiences Questionnaire; PDI: Peritraumatic Distress Inventory; MOMSS200: McMurray Objective Maternal Stress Scale; SPARK: Stress in Pregnancy Assessment of Related Knowledge

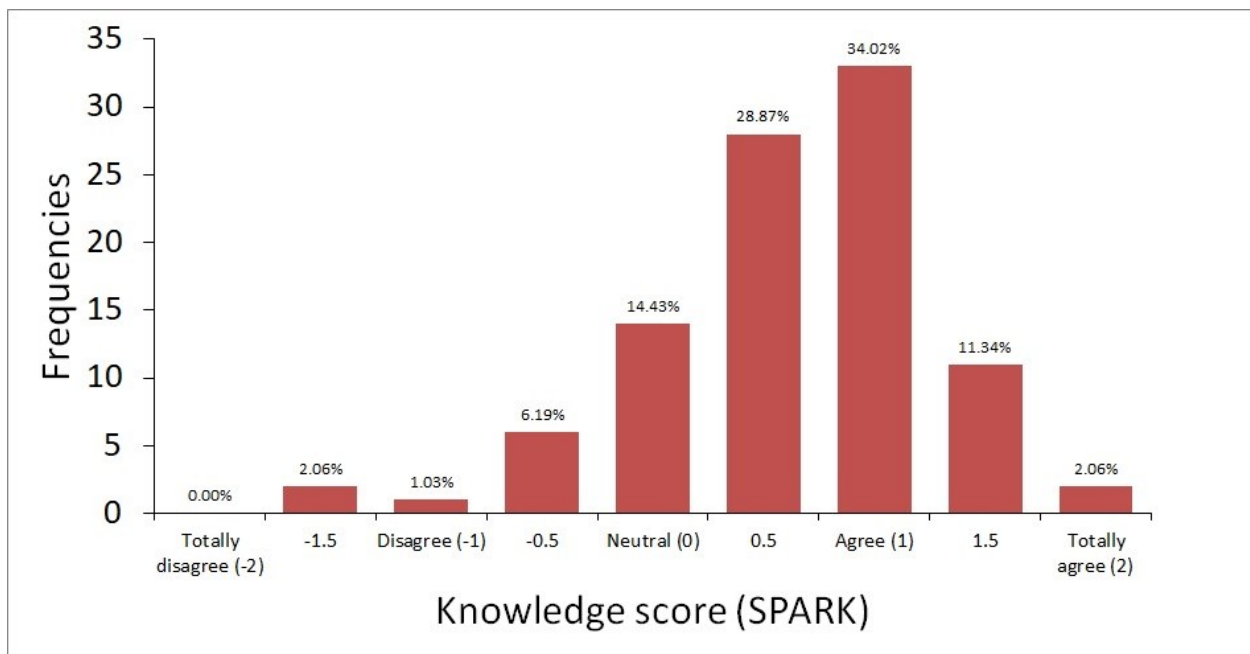
### **PNMS Knowledge, Uncertainty and Desire to Have Known More About PNMS**

#### ***Fort McMurray cohort.***

The Fort McMurray cohort PNMS knowledge mean score was 0.424 (SD=0.619); as such, their PNMS knowledge was located 42.4% of the way between a score of 0 (which is the neutral position) and a score of 1 (which agrees with the items presented). Figure 1 illustrates the distribution of mothers' level of agreement with PNMS literature. The mean knowledge scores of the Fort McMurray women were significantly different from zero for two aspects of PNMS knowledge (the components of stress scale (mean=0.593; SD=0.749;  $p<0.001$ ) and the timing of onset of stress scale (mean= 0.539; SD=0.764;  $p<0.001$ )), but not for the consequences of stress scale (mean=0.121; SD=0.733;  $p=0.107$ ). This suggests that women recognized the influence of the different components and timing of onset of stress in pregnancy on the child's health and development, but that they presented a relatively neutral opinion about the potential consequences of stress during pregnancy for the different aspects of the health and development of the child. There was a significant difference between the mean scores of the different scales ( $F_{2, 192}=28.310$ ;  $p<0.001$ ), such that the consequences of stress scale mean scores were significantly lower than the component of stress scale scores ( $p<0.001$ ) and the timing of onset of stress scale scores ( $p<0.001$ ).

The Fort McMurray women reported a mean uncertainty score of 0.884, indicating that, on average, the Fort McMurray women checked “I don’t know” less than once. It is noteworthy that 78.4% of the Fort McMurray cohort never checked “I don’t know”.

The majority of Fort McMurray women (63.9%) affirmed that they would have liked to have known more about this topic during their last pregnancy while 23.7% indicated that they would not have wanted to know more (Table 1).



*Figure 1.* Fort McMurray mothers’ PNMS knowledge – Average agreement scores

***Montreal cohort.***

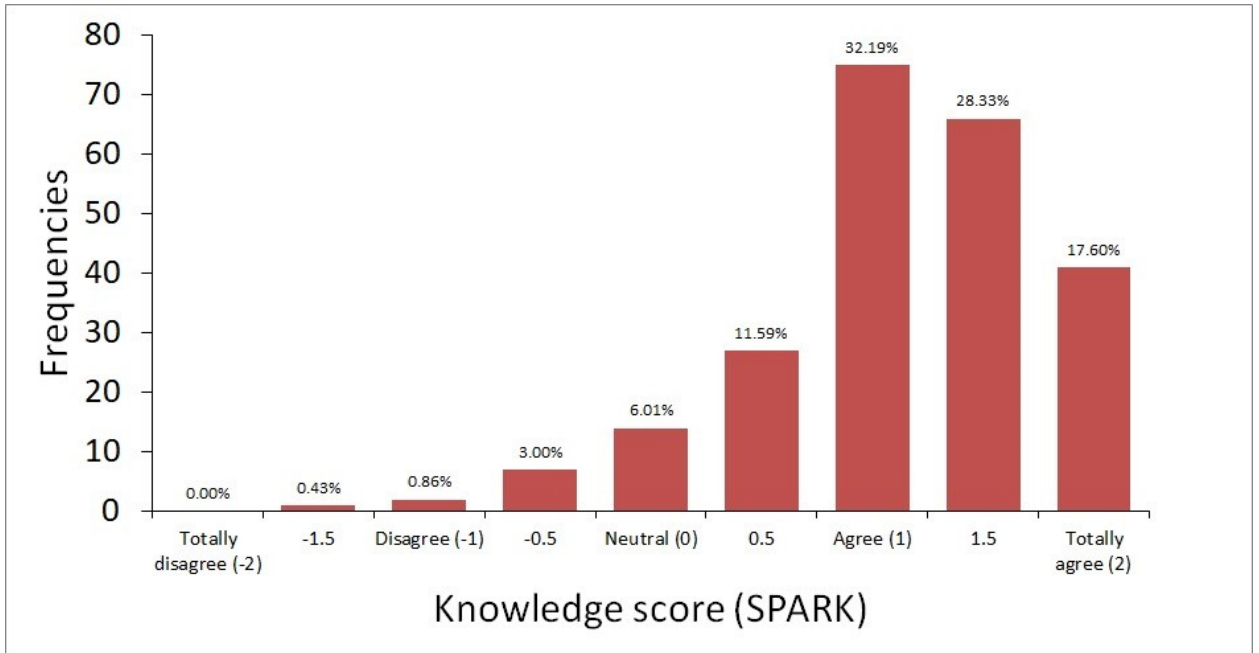
The Montreal cohort reported a PNMS knowledge mean score of 0.935 (SD=0.636). As such, their average PNMS knowledge was located at 93.5% of a score of 1 which is the position of agreement with the items presented and suggested an average of “Agree” with respect to the PNMS statements. The mean scores of the Montreal cohort women were significantly different from zero for all scales: the components of stress scale (mean=1.057; SD=0.714;  $p < 0.001$ ), the

timing of onset of stress scale (mean=1.030; SD=0.670;  $p<0.001$ ) and the consequences of stress scale (mean=0.747; SD=0.785;  $p<0.001$ ). This suggests that Montreal cohort women recognized the influence of the different components and the timing of onset of stress in pregnancy on the child's health and development and the different type of outcomes it could induce. There was a significant difference among the means of the scales ( $F_{2, 434}=31.875$ ;  $p<0.001$ ), such that the mean consequences of stress scale was significantly lower than the component of stress scale scores ( $p<0.001$ ) and the timing of onset of stress scale score ( $p<0.001$ ).

The Montreal cohort reported an uncertainty mean score of 0.922, thus, on average the women chose "I don't know" on only 1 of the 12 items. A majority of the Montreal cohort women (68.8%) never checked "I don't know".

The majority of the Montreal cohort women (67.9%) affirmed they would have liked to have known more about what research says about stress in pregnancy during their last pregnancy while 19.6% indicated that they would not have wanted to know more (Table 1).

Figure 2 presents the distribution of mothers' levels of agreement with PNMS literature statements for the Montreal cohort.



*Figure 2.* Montreal mothers' PNMS knowledge – Average agreement score

## Association Among PNMS Levels, Sociodemographic Variables, PNMS Knowledge, Uncertainty and Desire to Have

### Known More About PNMS

Table 3

Spearman Correlation coefficients among variables in Fort McMurray (FMM) and Montreal (MTL) cohorts <sup>a</sup>

	IES-R	PDEQ	PDI	MOMSS200	Thwart50	Cognitive appraisal	SSQ (number)	SSQ (satisfaction)	Age	Education	Income	Number of pregnancies	Number of biological children	SPARK (knowledge score)	SPARK (uncertainty score)
IES-R	-														
PDEQ	0.503**	-													
PDI	0.638**	0.601**	-												
MOMSS200	0.215*	0.102	0.125	-											
Thwart50	0.008	-0.066	-0.035	0.059	-										
Cognitive appraisal	-0.425**	-0.365**	-0.439**	-0.227*	0.245*	-									
SSQ (number)	-0.175	0.079	-0.086	0.000	0.022	0.054	-								
SSQ (satisfaction)	-0.202*	0.072	-0.072	-0.123	0.090	0.218*	0.244*	-							
Age									-						
FMM	0.043	-0.071	0.062	0.195	-0.055	-0.129	0.038	-0.152							
MTL															
Education										-					
FMM	-0.205*	-0.124	-0.195	-0.054	0.012	0.017	0.239*	-0.152	0.094						
MTL									0.066						
Income											-				
FMM	0.015	0.098	0.110	0.115	-0.129	-0.018	0.078	-0.069	0.138	0.214*					
MTL									0.133*	0.172*					
Number of pregnancies												-			
FMM	0.049	0.130	0.107	0.233*	-0.099	-0.027	-0.061	-0.331**	0.406**	-0.106	-0.044				
MTL									0.291**	-0.040	0.018				
Number of biological children													-		
FMM	0.060	0.128	0.116	0.205	-0.224*	-0.128	-0.152	-0.319**	0.413**	0.054	0.005	0.704**			
MTL									0.272**	-0.049	0.079	0.660**			
SPARK (knowledge score)														-	
FMM	0.133	0.260*	0.158	0.066	0.178	-0.195	0.005	0.004	0.108	0.124	0.024	-0.078	-0.039		
MTL									0.020	0.002	0.034	0.019	0.101		
SPARK (uncertainty score)															-
FMM	0.007	0.068	-0.064	-0.072	0.017	-0.054	-0.015	0.030	0.055	-0.039	0.032	0.041	-0.027	-0.008	
MTL									0.006	0.062	-0.028	-0.079	-0.015	-0.005	

*Note.* FMM: Fort McMurray; MTL: Montreal; IES-R: Impact of Event Scale – Revised; PDEQ: Peritraumatic Dissociative

Experiences Questionnaire; PDI: Peritraumatic Distress Inventory; MOMSS200: McMurray Objective Maternal Stress Scale; SPARK:

Stress in Pregnancy Assessment of Related Knowledge. \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; <sup>a</sup> Sample size ranges: FMM [83-97]; MTL [189-234].

***Fort McMurray cohort.***

Table 3 presents the correlations among the variables in the Fort McMurray cohort. A significant correlation was observed between PNMS knowledge and PDEQ ( $r=0.260$ ;  $p=0.010$ ), such that more severe dissociative symptoms at the time of the fire were associated with greater PNMS knowledge at the time of this study. No significant associations were observed between PNMS knowledge and the other subjective distress measures (IES-R:  $r=0.133$ ,  $p=0.194$ ; PDI:  $r=0.158$ ,  $p=0.123$ ), objective hardship (MOMSS200:  $r=0.066$ ,  $p=0.550$ ), cognitive appraisal ( $r=-0.195$ ,  $p=0.076$ ) or any of the sociodemographic variables. No significant associations were found between the uncertainty score and the PNMS measures or sociodemographic variables.

The desire to have known more about PNMS (“Yes”, “No”, “I don’t know”) was significantly associated with the PNMS knowledge score ( $F_{2, 92}=5.494$ ,  $p=0.006$ ). Post hoc t-tests (Bonferroni-adjusted) indicated that the women who answered “Yes” when asked if they would have liked to have known more had significantly more knowledge on average (mean=0.563; SD=0.516) than those who answered “I don’t know” (mean=-0.050; SD=0.823; mean difference=0.613,  $p=0.006$ ). The women who answered “No” (mean=0.355; SD=0.564) had less knowledge on average than the women who answered “Yes”, but more than those who answered “I don’t know”, but these differences were not significant.

The levels of peritraumatic dissociation experienced by the Fort McMurray women during the disaster was significantly associated with their desire to have known more ( $F_{2, 92}=3.591$ ,  $p=0.032$ ). Fort McMurray women who answered “Yes” when asked if they would have liked to have known more had had more peritraumatic dissociation experiences (mean=13.548; SD=7.643) than those who answered “I don’t know” (mean=7.900; SD=4.306), but this difference did not survive the Bonferroni correction (mean difference=5.648;  $p=0.082$ ). The difference in

peritraumatic dissociation levels between the women who answered “Yes” and “No” (mean=10.174; SD=7.649) was not significant (mean difference=3.374;  $p=0.064$ ), nor was the difference between the women who answered “No” and “I don’t know” (mean difference=2.274;  $p=0.418$ ).

A comparison across categories of their desire to have known more (“Yes”, “No”, “I don’t know”) indicated that women did not differ significantly according to any sociodemographic variables: age ( $F_{2,92}=0.609$ ,  $p=0.546$ ), education ( $\chi^2_{12}=11.299$ ,  $p=0.504$ ), income ( $\chi^2_{14}=17.347$ ,  $p=0.238$ ), number of pregnancies ( $\chi^2_6=4.208$ ,  $p=0.649$ ), number of biological children ( $\chi^2_6=2.495$ ,  $p=0.869$ ), and social support (number,  $F_{2,92}=1.085$ ,  $p=0.342$ ; and satisfaction,  $F_{2,92}=0.406$ ,  $p=0.667$ ).

Neither the desire to have known more about PNMS, nor the severity of their personal experience of PNMS, nor the sociodemographic variables had a significant association with the uncertainty score.

### ***Montreal cohort.***

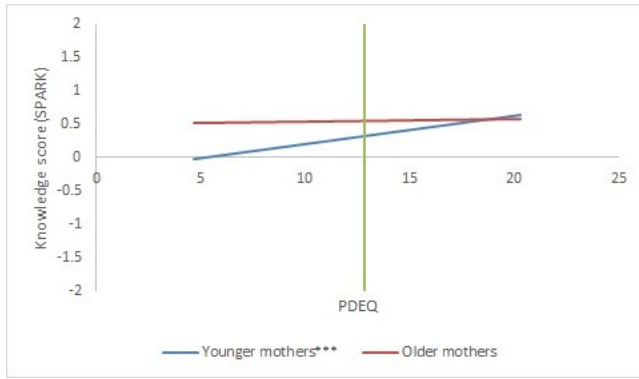
Table 3 also presents the correlations among the variables in the Montreal cohort. No significant associations were observed between the sociodemographic variables and either knowledge or uncertainty scores. The desire to have known more was also not significantly associated with knowledge scores, uncertainty scores or any demographic variable (data not presented).

### **Interaction Effect Between Sociodemographic Variables, Desire to Have Known More and PNMS levels on PNMS Knowledge in FMM**

Regression coefficients for the significant moderations involving subjective distress measures (predictors) and PNMS knowledge (outcome) are presented in Table 4 (age as a moderator), Tables 5a and 5b (social support as a moderator) and Table 6 (desire to have known more as a moderator). Regression coefficients for non-significant moderation analyses are presented in Supplementary materials (Appendix C). The tables present the coefficients and significance levels for the complete models as well as the variance explained by each variable when added into the hierarchical regressions.

There was a significant interaction between peritraumatic dissociation levels and age predicting PNMS knowledge (Table 4;  $p=0.019$ ). For women experiencing lower levels of peritraumatic dissociation during the wildfire ( $PDEQ < 12.807$ ), age was significantly associated with PNMS knowledge, such that the older the participant, the greater the PNMS knowledge (see Figure 3). Additionally, the association between PDEQ and PNMS knowledge was only significant for women younger than 34.8 years of age: for these women, the higher their peritraumatic dissociation levels, the higher their PNMS knowledge. These findings remained significant ( $p=0.031$ ) after controlling for education, income, social support (number of people) and number of pregnancies. Age did not interact significantly with PTSD-like symptom levels ( $p=0.131$ ) or peritraumatic distress levels ( $p=0.071$ )



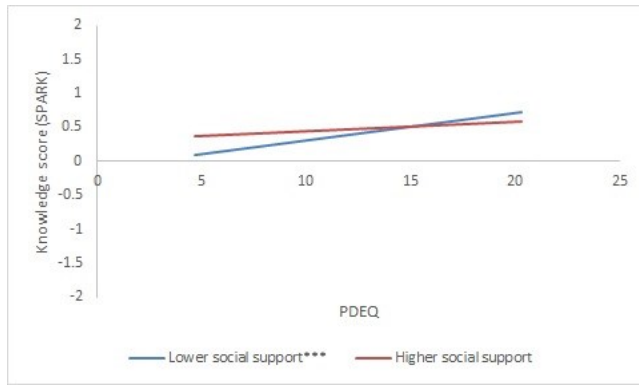


*Figure 3.* Moderation between PDEQ and age predicting PNMS knowledge. Note: The interaction is illustrated using values at the 16<sup>th</sup> (blue line: younger mothers) and 84<sup>th</sup> percentiles (red line: older mothers) of the sample’s maternal age. Vertical green line: Region of significance ( $p=0.05$ ).

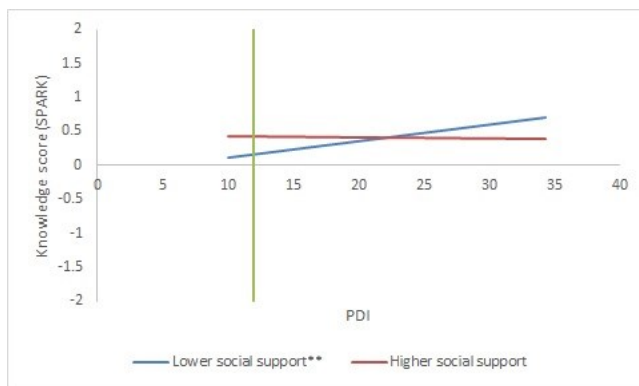
There was a significant interaction between subjective distress levels and social support predicting PNMS knowledge (Table 5a and 5b). Social support interacted with peritraumatic dissociation ( $p=0.042$ ; Figure 4a) and peritraumatic distress ( $p=0.017$ ) levels, but not with PTSD-like symptom levels (IES-R) ( $p=0.361$ ). The association between peritraumatic dissociation levels and PNMS knowledge was only significant for women with fewer than 3.3 people who provide social support: for these women, higher peritraumatic dissociation levels were associated with greater PNMS knowledge (Figure 4a). However, after controlling for age, education, income and number of pregnancies, the interaction between peritraumatic dissociation levels and social support was no longer significant ( $p=0.099$ ).

As presented in Table 5b and Figure 4b, for participants experiencing lower levels of peritraumatic distress during the wildfire ( $PDI<11.975$ ), social support was significantly associated with PNMS knowledge, such that the greater the social support of the participant, the greater the PNMS knowledge (Table 5b). Additionally, the association between peritraumatic distress levels and PNMS knowledge was only significant for women with fewer than 2.3 people

they can rely on, such that the higher the peritraumatic distress levels, the higher the PNMS knowledge (Figure 4b). These findings remained significant ( $p=0.033$ ) after controlling for age, education, income and number of pregnancies.



*Figure 4a.* Moderation between PDEQ and social support on PNMS knowledge. Note: The interaction is illustrated using values at the 16<sup>th</sup> percentile (blue line: mothers with lower social support) and 84<sup>th</sup> percentile (red line: mothers with higher social support) of the sample’s maternal social support.



*Figure 4b.* Moderation between PDI and social support on PNMS knowledge. Note: The interaction is illustrated using values at the 16<sup>th</sup> percentile (blue line: mothers with lower social support) and 84<sup>th</sup> percentile (red line: mothers with higher social support) of the sample’s maternal social support. Vertical green line: Region of significance ( $p=0.05$ ).

There was no interaction observed between the desire to have known more and two of the three subjective distress measures (IES-R:  $p=0.263$ ; PDI:  $p=0.086$ ). A significant interaction was observed between the desire to have known more about PNMS and peritraumatic dissociation levels on PNMS knowledge ( $p=0.038$ ) (Figure 5). All the significant differences in PNMS knowledge between the categories of desire to have known more were for mothers with low peritraumatic dissociation levels, but the significance thresholds depended on which pair of categories were compared. The difference in PNMS knowledge between women who did not know if they would have liked to know more and those who would have liked to know more was significant if the peritraumatic dissociation levels experienced by the women was below 9.450, such that those who answered “I don’t know” had lower PNMS knowledge. The difference in knowledge between women in the “I don’t know” group and those who had responded “No” was significant if the peritraumatic dissociation levels experienced by the women was below 7.041, such that those who answered “I don’t know” had lower PNMS knowledge. However, there was no significant difference in knowledge between women in the “Yes” and “No” groups at any level of peritraumatic dissociation. Additionally, the association between peritraumatic dissociation and PNMS knowledge was only significant for women who had responded “I don’t know” to this item ( $p=0.006$ ); for these women, higher peritraumatic dissociation levels were associated with greater PNMS knowledge. These findings remained significant after controlling for age, education, income, and number of pregnancies( $p=0.007$ ).

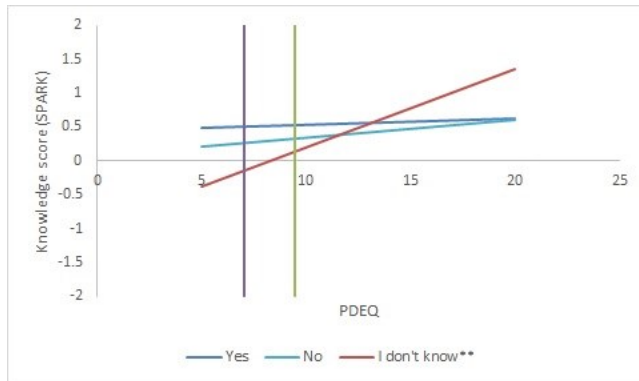


Figure 5. Moderation between PDEQ and desire to have known more on PNMS knowledge. Note: Dark blue line: Women who would have liked to have known more (“Yes”). Pale blue line: Women who would not have liked to have known more (“No”). Red line: Women who did not know if they would have like to have known more (“I don’t know”). Vertical green line: Region of significance for the difference between women who did not know if they would have liked to know more and women who would have liked to know more (p=0.05). Vertical purple line: Region of significance for the difference between women who did not know if they would have liked to know more and women who would not have liked to know more (p=0.05).

Table 4

Regression coefficient for the significant moderation by age of the association between PDEQ and SPARK (knowledge score)

	Unadjusted model						Adjusted model <sup>1</sup>			
	B	SE	t	p	R <sup>2</sup> at entry	$\Delta R^2$	B	SE	t	p
Intercept	-3.031	1.052	-2.881	0.005	-	-	-3.243	1.097	-2.955	0.004
PDEQ	0.190	0.069	2.763	0.007	0.096	0.096**	0.182	0.069	2.621	0.010
Age	0.094	0.031	3.008	0.003	0.127	0.031	0.099	0.032	3.132	0.002
PDEQ x Age	-0.005	0.002	-2.397	0.019	0.177	0.051*	-0.005	0.002	-2.190	0.031

Note. <sup>1</sup>Model adjusted for education, income and number of pregnancies. PDEQ: Peritraumatic Dissociative Experiences Questionnaire. \* p < 0.05; \*\* p < 0.01; B: unstandardized beta; SE: standard error.

Table 5a

Regression coefficient for the significant moderation by SSQ (number) of the association between PDEQ and SPARK (knowledge score)

	Unadjusted model							Adjusted model <sup>1</sup>			
	B	SE	t	p	R <sup>2</sup> at entry	$\Delta R^2$		B	SE	t	p
Intercept	-0.235	0.213	-1.104	0.272	-	-		-1.419	0.614	-2.310	0.023
PDEQ	0.050	0.015	3.435	<0.001	0.096**	0.096**		0.051	0.014	3.527	0.001
SSQ (number)	0.147	0.077	1.910	0.059	0.097**	0.001		0.102	0.079	1.294	0.199
PDEQ x SSQ (number)	-0.010	0.005	-2.064	0.042	0.136**	0.040*		-0.008	0.005	-1.668	0.099

Note. <sup>1</sup>Model adjusted for age, education, income and number of pregnancies. PDEQ: Peritraumatic Dissociative Experiences Questionnaire; SSQ: Social Support Questionnaire. \* p < 0.05; \*\* p < 0.01; B: unstandardized beta; SE: standard error.

Table 5b

Regression coefficient for the significant moderation by SSQ (number) of the association between PDI and SPARK (knowledge score)

	Unadjusted model							Adjusted model <sup>1</sup>			
--	------------------	--	--	--	--	--	--	-----------------------------	--	--	--

	B	SE	t	p	R <sup>2</sup> at entry	$\Delta R^2$		B	SE	t	p
Intercept	-0.340	0.250	-1.356	0.178	-	-		-1.412	0.656	-2.151	0.034
PDI	0.034	0.011	3.126	0.002	0.035	0.035		0.033	0.011	3.085	0.003
SSQ (number)	0.212	0.083	2.557	0.012	0.043	0.008		0.184	0.086	2.140	0.035
PDI x SSQ (number)	-0.010	0.004	-2.428	0.017	0.100*	0.057*		-0.009	0.004	-2.172	0.033

*Note.* <sup>1</sup>Model adjusted for age, education, income and number of pregnancies. PDI: Peritraumatic Distress Inventory; SSQ: Social Support Questionnaire. \*  $p < 0.05$ ; B: unstandardized beta; SE: standard error.

Table 6

Regression coefficient for the significant moderation by desire to have known more about PNMS of the association between PDEQ and SPARK (knowledge score)

	Unadjusted model						Adjusted model <sup>1</sup>			
	B	SE	t	p	R <sup>2</sup> at entry	$\Delta R^2$	B	SE	t	p
Intercept	0.435	0.140	3.103	0.003	-	-	-0.432	0.580	-0.745	0.458
PDEQ	0.009	0.009	1.050	0.297	0.085**	0.085**	0.016	0.009	1.799	0.076
“No”	-0.350	0.236	-1.483	0.142	0.153**	0.068*	-0.276	0.232	-1.192	0.237
“I don’t know”	-1.406	0.396	-3.546	0.001			-1.562	0.389	-4.018	0.000
PDEQ x “No”	0.017	0.018	0.974	0.333	0.213***	0.060*	0.019	0.017	1.099	0.275

PDEQ x	0.107	0.043	2.510	0.014		0.134	0.043	3.129	0.002
“I don’t know”									

*Note.* <sup>1</sup>Model adjusted for age, education, income, and number of pregnancies. PDEQ: Peritraumatic Dissociative Experiences Questionnaire. \* p < 0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\*p < 0.001; B: unstandardized beta; SE: standard error. “Yes, I would have liked to know more” is the reference category.

## Discussion

The first objective of this study was to determine the current state of mothers’ knowledge and uncertainty of the effects of PNMS on child health and development as well as their desire to have known more about this topic during their previous pregnancy. In the interest of understanding how experience with trauma might influence knowledge levels and the desire to learn more, we queried a cohort of women who experienced the traumatic Fort McMurray wildfires while pregnant, and a group of postnatal women without trauma during pregnancy. We found that women in both cohorts seem to be aware that stress in pregnancy may influence their child’s health and development, but there is still room for improvement in the level of women’s knowledge about this subject. We also found that, in both cohorts, most women (63.9% in Fort McMurray and 67.9% in Montreal) would have liked to have known more about PNMS during their last pregnancy.

The second objective of this study was to determine the extent to which the women’s knowledge of PNMS is associated with their desire to have known more about it, their sociodemographic characteristics and, in the disaster-exposed cohort, their PNMS levels. We found an association between subjective PNMS levels and PNMS knowledge, such that higher peritraumatic dissociation was associated with greater PNMS knowledge, although this main effect was small, explaining less than 7% of the variance in PNMS knowledge. We did not find any

association between PNMS knowledge and objective hardship or cognitive appraisal, neither main effects nor interactions. We found a significant association between PNMS knowledge and the desire to have known more about PNMS, but only in the Fort McMurray cohort: women who would have liked to have known more about PNMS had significantly more knowledge than women who indicated that they didn't know if they would have liked to have known more.

The third objective was to determine, in the disaster-exposed cohort from Fort McMurray, the extent to which the association between the PNMS levels of women and their PNMS knowledge is moderated by their sociodemographic characteristics and by their desire to have known more about PNMS. We found significant interactions between subjective PNMS levels, specifically peritraumatic stress, and the following moderator variables: age, social support and the desire to have known more.

To our knowledge, this is the first ever study looking at informational needs of pregnant women concerning natural disaster related PNMS. We used two different cohorts of women, one that had been through a natural disaster and the other not, to test the hypothesis that experiencing such a trauma during pregnancy could, on the one hand, raise interest and awareness or, on the other hand, increase anxiety and denial in the mothers towards the influence of PNMS on their babies' health and development. In other words, we hypothesized that their experiential knowledge could play a role in the way they approach this subject: their current level of knowledge (years after the disaster) and their desire to have known more at the time of that pregnancy. The Fort McMurray cohort also allowed us to gain knowledge that could be generalized to any other kind of stressful experience that pregnant women go through since, just as natural disasters, most severe life events are defined by varying levels of objective hardship and subjective distress, and some measure of positive or negative cognitive appraisal of the event. In brief, the results from this



research could also apply to women who experience life events such as the death of a loved one, an accident, or a significant loss of income during pregnancy.

### **Women's state of knowledge**

Even though women from both cohorts tended to generally agree that PNMS may have an influence on a child's health and development, their PNMS knowledge level was not optimal. This finding was similar to previous studies that have shown that a lack of knowledge in pregnant women about other risk factors during pregnancy is less than perfect (Ho & Loke, 2003; Kesmodel & Schiøler Kesmodel, 2002; Kingman & Economides, 2003; Sinikovic et al., 2009). For mothers in both of our cohorts, the more specific knowledge about the consequences of PNMS for children's cognitive, behavioral, physical and motor development was significantly lower than their knowledge about the influence of the different components of stress, and about the timing of onset of stress on the child's health and development (see Supplementary materials; Appendix D). We should, therefore, focus child-bearing women's awareness on the consequences of prenatal stress on the unborn child so that they can intentionally avoid avoidable stressors, and effectively deal with unavoidable stressors.

### **Association between PNMS levels and PNMS knowledge**

Our results suggest that a more severe level of dissociation is associated with a better level of PNMS knowledge. Our analysis model assumed that PNMS was the predictor of PNMS knowledge, because the PNMS measurement was retrospective and referred to the level of stress experienced by the woman at the time of the disaster, i.e. in 2016, while the score on the SPARK questionnaire corresponded to the current level of knowledge that it possessed at the time of responding in 2018. Although our estimate does not make it possible to determine causal links, we are quite convinced of the direction of the association, because the questionnaire with which we

found an association probed women about their dissociative experience at the time of the traumatic event. Knowing information about the developmental consequences of PNMS does not fall into the category of what constitutes a traumatic event, that is, an event that involves the exposure or threat of exposure to death, serious injury or sexual violence (e.g., war, car accident, natural disaster, continued childhood neglect) (American Psychiatric Association, 2013).

### **Interactions between PNMS, sociodemographics and the desire to have known more**

Even though we essentially found no major main effects of PNMS levels and sociodemographic factors on PNMS knowledge, we did find that some of these factors moderated the association between the PNMS levels of women and their PNMS knowledge in the disaster-exposed cohort from Fort McMurray.

Social support, age, and the desire to have known more are associated with knowledge but only when taking into account their peritraumatic reactions: at low peritraumatic levels, the expected associations with age and social support are seen but these are lost when women report having experienced high levels of stress at the time of disaster.

For example, we found that when Fort McMurray mothers experienced lower levels of peritraumatic dissociation during the wildfire, the older the woman, the greater her knowledge, which goes along with previous literature suggesting that older women tend to be more knowledgeable about how certain risk factors can influence child health and development (Damase-Michel et al., 2009). A potential hypothesis could be that the older the woman, the more general knowledge and life experience she acquires, and the easier it is for her to manage new situations, such as stressful events in pregnancy. Experiencing high levels of peritraumatic dissociation might make younger mothers seek more information to be able to cope with the disaster, while older mothers might rely on their past life experiences outside of parenting per se.

To better understand the moderating role of the mother's age on the association between the levels of stress and PNMS knowledge, it could be interesting to study potential proxy variables of age, such as general knowledge, life experiences and coping skills. Here, a distinction needs to be made between general knowledge and the level of education attained that we measured in this study, and for which we did not find any association with PNMS knowledge.

We also found that, for mothers who reported lower levels of peritraumatic distress during the wildfire, the greater the level of social support, the greater the level of PNMS knowledge. Although the results related to social support are not surprising given that the literature on the subject exists and has already demonstrated the protective effect of this factor in other areas, this study is the first to demonstrate the positive effect of social support on women's level of knowledge about stress during pregnancy. Our team had previously published results suggesting that providing social support to pregnant women following a stressful event could attenuate the effects of SMP (psychological distress and cognitive appraisal) on birth weight (body mass index) and prevent obesity in child whose mother experienced 2018 Iowa flood (Kroska et al., 2018). In another study published by our group (Verstraeten, Elgbeili, Hyde, King, & Olson, 2021), we previously showed that at low levels of peritraumatic distress, greater social support protected women against post-traumatic stress disorder-like symptoms, but not at high levels of peritraumatic distress (Figure 6). It seems that for women who have really high levels of distress in the disaster, not much can help them.

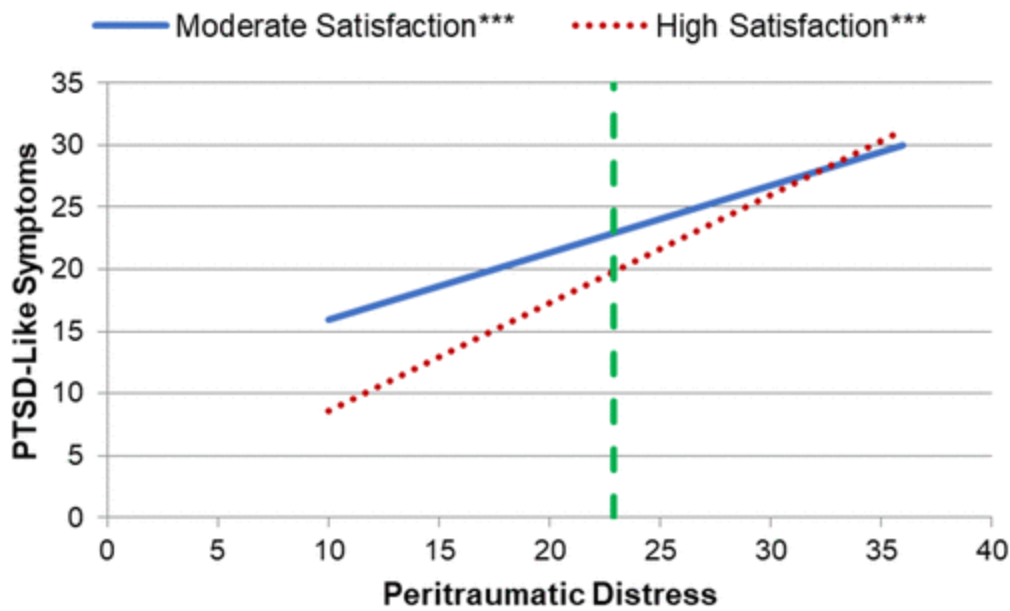


Figure 6. Moderation between peritraumatic distress levels and social support on post-traumatic stress disorder-like symptoms ( $n = 198$ ). Note: The interaction is illustrated using values at the 10<sup>th</sup> percentile (blue line: mothers with moderate social support satisfaction) and 90<sup>th</sup> percentile (red dashed line: mothers with high social support satisfaction) of the sample's maternal social support. Vertical green dashed line: Region of significance ( $p=0.05$ ). \*\*\*  $p < 0.001$ .

Previous literature reported that being married or in a committed relationship (versus single) and feeling loved and valued are associated with more information-seeking behaviors during pregnancy (Guillory et al., 2014). Having more social support could also mean that women can receive information from several people, which maximizes their chances of receiving knowledge in several areas and thus increases their level of general knowledge. Women with lower social support might have learned to rely on themselves to get knowledge since they cannot rely on others. Under high levels of peritraumatic distress, these women might then seek more information, while mothers with higher social support might rely on the knowledge they already acquired from elsewhere.

In sum, there seems to be something about experiencing distress or dissociation at the time of the trauma that, perhaps, motivated younger women and those with lower social support to take steps to know more about those effects on their children. Something seems to have happened to women who had experienced very intense reactions at the time of the fires that reduces the effect of the age or social support. There would be two alternate explanations for this. The first one could be that women who had known more before the disaster, and therefore also knew more when we assessed their knowledge, experienced high levels of stress during the disaster. The second one could be that women who were overwhelmed during the disaster, which could have been random, were then motivated to seek information between then and when they completed the SPARK questionnaire.

As for the desire to have known more, the "I don't know" group was the only one of the three that had a positive association with peritraumatic dissociation. We found that when reporting low levels of peritraumatic dissociation during the wildfire, women who did not know if they would have liked to have known more had significantly less knowledge than the ones who would have liked to have known more and the ones who would not have liked to have known more. The association between peritraumatic dissociation and PNMS knowledge was only significant for women who did not know if they would have liked to have known more about PNMS: for them, higher peritraumatic dissociation scores were associated with greater PNMS knowledge. This could mean that these women, like other women who reported high levels of peritraumatic dissociation, may have been motivated to get more information about PNMS after the fire, and that now, knowing more about PNMS, are not sure they would have wanted to have known these adverse effects of PNMS on their child development at the time.

### **The specificity of the subjective PNMS scales**

Peritraumatic reactions, recalled reactions at the time of the fire as reported at recruitment measured by the PDI and the PDEQ, interact with age, social support and the desire to have known more. However, we did not find the same patterns of interaction with PTSD symptoms at the time of recruitment as measured by the IES-R.

Post-traumatic stress-like symptoms were highly correlated in this cohort with both peritraumatic dissociation ( $r=0.503$ ;  $p<0.001$ ) and peritraumatic distress ( $r=0.638$ ,  $p<0.001$ ) levels. Since we found that peritraumatic dissociation was directly associated with PNMS knowledge, such that higher levels of dissociation were associated with greater PNMS knowledge, and that both peritraumatic dissociation and peritraumatic distress scores were associated with PNMS knowledge through different moderators (age, social support and the desire to have known more), it is very surprising that post-traumatic stress-like symptoms levels were not related to PNMS knowledge in any way.

The biggest distinction between the post-traumatic stress-like symptom levels and both peritraumatic distress and peritraumatic dissociation is that the PTSD-like symptom measure, the IES-R, assesses the enduring symptoms of the women at recruitment, which was up to a year after the fire. In the present study, 28% of the total sample who completed the questionnaire at recruitment ( $n=209$ ) scored above the clinical cut-off of 33 on the IES-R, suggesting probable PTSD. On the other hand, the peritraumatic dissociation and peritraumatic distress levels measured trauma at the time of the fire as remembered at the time of recruitment. With regards to PDI, 40% of the total sample scored above the cut-off of 28, suggesting severe peritraumatic distress. We can therefore conclude that distress and dissociation symptoms at the time of a traumatic event are more important than PTSD symptoms at recruitment in explaining variance in PNMS knowledge.

However, from our current cross-sectional methodology, we cannot determine if it is their experience of a natural disaster in pregnancy that prompts their knowledge seeking or if their pre-existing knowledge caused their distress at the time of the event. Although immediate peritraumatic reactions to a stressful event are normal and do not have long-lasting consequences, individuals who still have PTSD symptoms months after the trauma are qualitatively different from the general population. They tend to have a smaller hippocampus, reduced cortisol levels and enhanced glucocorticoid receptor sensitivity, that could represent risk factors for having enduring PTSD symptoms in the face of trauma (Szeszko, Lehrner, & Yehuda, 2018).

### **Income, education, number of children cannot explain PNMS knowledge score**

The Fort McMurray cohort had a significantly lower PNMS knowledge score than the Montreal cohort. The demographic factors that we assessed in these cohorts cannot explain this difference. The Fort McMurray cohort was wealthier, was less educated, and had more biological children, than the Montreal cohort, but we did not find any association between these characteristics and the level of knowledge or the desire to have known more. Previous research has shown direct associations between sociodemographic characteristics and knowledge about risk factors during pregnancy: more educated (Damase-Michel et al., 2009; Ho & Loke, 2003; Sinikovic et al., 2009) and higher-income women (Sinikovic et al., 2009) tend to be more knowledgeable about risk factors during pregnancy for their child. Interestingly, none of these associations were observed in the present study. We failed to detect an association between knowledge and income in our samples, perhaps because both were fairly wealthy. In 2015, the median income in Fort McMurray was \$77,740 CAD (Statistics Canada, 2017a). Considering that 93.8% of our FMM sample had an income higher than \$75,000 and that 58.8% had an income superior to \$175,000, our sample is not representative of the Fort McMurray population. We found

the same representativity problem in our Montreal sample, since the median income in the general population of Montreal in 2015 was of \$28,321 (Statistics Canada, 2017b), while 91% of our MTL sample reported an income superior to \$25,000 CAD and nearly 10% had incomes greater than \$175,000. To deepen our analysis of results, several strategies could have been employed. First, we could have combined the cohorts to obtain more global results, but since the exposed group and the unexposed group are two very different socio-demographic groups, we could not have distinguished the exposure effect from the effect of socio-demographic variables. Then, we could have used propensity scores to remove the differences between the two groups we want to compare. However, stress during pregnancy is a variable that we were unable to measure in the Montreal cohort, whereas it is possible that these women not exposed to a natural disaster still experienced stress. Our propensity score would therefore not simulate randomization due to this missing confounding variable. Finally, it was not possible to weight the results according to the sociodemographic characteristics of the women, because the intervals and categories used in our study and those used by Statistics Canada are not the same.

It is possible that certain risk factors during pregnancy such as non-steroidal anti-inflammatory drug consumption (Damase-Michel et al., 2009), HIV/AIDS transmission (Ho & Loke, 2003) and fish consumption (Sinikovic et al., 2009) are common knowledge and are now being transmitted to certain sections of society. The consequences of disaster-related PNMS on child health and development may not be mainstream yet, which could explain why they are not yet known to pregnant women regardless of education or income. We also investigated possible associations between number of pregnancies or biological children and knowledge, for which no associations have been found in previous research; we also found no associations here. Our results are similar to those of a previous study that found no association between the number of



pregnancies and the levels of concern of pregnant women towards fish consumption (Sinikovic et al., 2009).

In summary, although the literature reports associations between several sociodemographic variables and the knowledge of pregnant women about other risk factors during pregnancy, we did not find these main effects in our cohorts. The desire to have known more and peritraumatic dissociation were the only factors directly associated with PNMS knowledge, and only in the Fort McMurray cohort.

### **Exposure to a natural disaster cannot explain the desire to have known more**

It appears that having experienced a wildfire during pregnancy has not resulted in women wishing they had known more about PNMS during their last pregnancy than women who did not experience a natural disaster. It is possible that women who were not exposed to a natural disaster experienced other kinds of stressful situations during their pregnancies and can extrapolate those situations to a natural disaster. This could explain that their desire to have known more about the topic is not different from women exposed to a wildfire during their pregnancy. Since the Fort McMurray participants were part of a larger study, they were not granted anonymity in their answer as was the case for the Montreal participants who had the option not to provide their contact information. It is, therefore, possible that social desirability amplified the proportion of women in the Fort McMurray cohort who reported that they would have liked to have known more (Dodou & de Winter, 2014).

### **Desire to have known more and information-seeking styles**

Women fell into three different groups according to their desire to have known more: (1) women would have liked to have known more (monitors), women who would not have liked to have known more (blunters), which translates into the information-seeking styles already found in

the previous literature (Miller & Mangan, 1983), and those who hesitate. It is only for these women that their PNMS knowledge was associated with their PNMS levels. In hesitant women, lower PNMS levels were associated with lower PNMS knowledge. When PNMS levels were low, they were even significantly less knowledgeable than the other two groups. The variables we lacked to fully understand the process of information-seeking are the PNMS knowledge levels of women before the natural disaster. This information would allow to determine what the experience of the natural disaster, but also the seeking of information motivated by this event, added to the previous PNMS knowledge level.

### **Limitations and strengths**

First, a major limitation of our study is that we have no data on the degree of the women's PNMS knowledge before or at the time of the fire; this makes it impossible for us to determine the potential effect of PNMS levels on their knowledge at the time. We also cannot claim that experiencing this natural disaster affected their information-seeking behaviors in any way. Second, a larger sample size could have allowed us to control for a multitude of variables in our analyses. A third limitation is that neither cohort was representative of their population according to income.

A key strength of this study is that we had access to a very special group of women exposed to a catastrophic event and obtained data on their experiences and reactions within 6 months of the event, which allowed us to use their experiential knowledge to consider guidance about the implementation of good knowledge transfer practices. Finally, while natural disaster-related stress in pregnancy has been studied for over 30 years (Weissman, Siegler, Neiger, Jakobi, & Zimmer, 1989), this study opens the way to new research on PNMS knowledge in order to plan the dissemination of the accumulated evidence to the pregnant women.

## **Conclusion**

This study determined that although pregnant women do not appear to have an optimal level of knowledge about stress during pregnancy, most of those in our samples would have liked to have known more during their last pregnancy about its potential effects. Women who experienced a natural disaster during pregnancy, those who are younger, have less social support, or are more hesitant about receiving information about PNMS as a risk factor (one that is not fully controllable) should be the primary people to whom PNMS knowledge should be transmitted. Future research should be focused on determining what modalities should be used to achieve this knowledge transfer. Since health professionals are pregnant women's preferred source of information, it would be important to create tools to guide their practice in this direction (Antony, Ehrental, Evensen, & Iruretagoyena, 2017). It would also be important to make sure that clinicians are aware of the available resources towards which they can redirect pregnant women seeking help to manage their stress during pregnancy (Da Costa et al., 2015). Finally, since not all women will open a conversation about their mental health issues with health professionals (Da Costa, Zerkowitz, Nguyen, & Deville-Stoetzel, 2018), it would be the clinicians' responsibility to broach this topic.

## **Acknowledgments**

We would like to thank Anne Gallagher and Laura Caron for their collaboration on this project at CHU Sainte-Justine.

## **Supplementary Materials**

### **Appendix A**

Stress in Pregnancy Assessment of Related Knowledge – SPARK

*The following questionnaire concerns your knowledge about stress in pregnancy. Please read each item and indicate the answer that best suits your own knowledge, thoughts and beliefs. Please do not consult any outside source of information while completing the questionnaire.*

1. To what extent do you agree or disagree that experiencing a natural disaster (for example, flood, ice storm, earthquake, forest fire) during pregnancy may influence the health and development of the unborn child ...
  - ...If the pregnant woman must go live with relatives during the disaster?
    - Strongly agree
    - Agree
    - Neutral
    - Disagree
    - Strongly disagree
    - I don't know
    - I prefer not to answer
  - ... If the pregnant woman is irritable and has trouble concentrating because of the disaster?
    - Strongly agree
    - Agree
    - Neutral
    - Disagree
    - Strongly disagree
    - I don't know
    - I prefer not to answer
  - ... If the pregnant woman perceives that the disaster has a negative impact on her and her family?
    - Strongly agree
    - Agree
    - Neutral
    - Disagree
    - Strongly disagree
    - I don't know
    - I prefer not to answer
2. To what extent do you agree or disagree that experiencing a natural disaster during pregnancy may influence the health and development of the unborn child even though the pregnant woman remains calm during the disaster?
  - Strongly agree
  - Agree
  - Neutral
  - Disagree
  - Strongly disagree

- I don't know
  - I prefer not to answer
- 3. To what extent do you agree or disagree that a pregnant woman's stress from a natural disaster may influence the health and development of the unborn child if it occurs ...
  - ... Before pregnancy (up to 6 months before)?
    - Strongly agree
    - Agree
    - Neutral
    - Disagree
    - Strongly disagree
    - I don't know
    - I prefer not to answer
  - ... During the 1st trimester (weeks 1 to 12)?
    - Strongly agree
    - Agree
    - Neutral
    - Disagree
    - Strongly disagree
    - I don't know
    - I prefer not to answer
  - ... During the 2nd trimester (weeks 13 to 28)?
    - Strongly agree
    - Agree
    - Neutral
    - Disagree
    - Strongly disagree
    - I don't know
    - I prefer not to answer
  - ... During the 3rd trimester (weeks 29 to 40)?
    - Strongly agree
    - Agree
    - Neutral
    - Disagree
    - Strongly disagree
    - I don't know
    - I prefer not to answer

4. To what extent do you agree or disagree that a pregnant woman's stress from a natural disaster has different consequences for the baby if it is a boy or a girl? [This item has been removed from the analysis].
- Strongly agree
  - Agree
  - Neutral
  - Disagree
  - Strongly disagree
  - I don't know
  - I prefer not to answer
5. To what extent do you agree or disagree that a pregnant woman's stress from a natural disaster may influence the health and development of the unborn child in the following areas:
- Cognitive (for example, IQ – intellectual quotient, language)?
    - Strongly agree
    - Agree
    - Neutral
    - Disagree
    - Strongly disagree
    - I don't know
    - I prefer not to answer
  - Behavioral (for example, altered mood and sociability, eating habits)?
    - Strongly agree
    - Agree
    - Neutral
    - Disagree
    - Strongly disagree
    - I don't know
    - I prefer not to answer
  - Physical (for example, birth outcomes such as gestational age at birth, height and weight, puberty onset)?
    - Strongly agree
    - Agree
    - Neutral
    - Disagree
    - Strongly disagree
    - I don't know
    - I prefer not to answer
  - Motor (for example, coordination and balance)?
    - Strongly agree

- Agree
- Neutral
- Disagree
- Strongly disagree
- I don't know
- I prefer not to answer

6. During your last pregnancy, would you have liked to know more about what research says about stress during pregnancy?
- Yes, I would have liked to know more
  - No, I wouldn't have liked to know more
  - I don't know
  - I prefer not to answer

## Appendix B

Table B1: McMurray Objective Maternal Stress Scale (MOMSS200) summary

Variable name	Variable Label	score	Value label / Scoring
<b>LOSS</b>			
1	OutsideDamage*	8	0="No, the outside of my primary home was completely undamaged" 3="Yes, the outside of my primary home had minor damage but the home was livable" 5="Yes, the outside of my primary home had moderate damage but the home was livable, with some difficulty" 7="Yes, the outside of my primary home had major damage and the home could not be lived in" 8="Yes, my primary home was completely destroyed"
2	InsideDamage*	8	0="No, the inside of my primary home was completely undamaged" 3="Yes, the inside of my primary home had minor damage but the home was livable" 5="Yes, the inside of my primary home had moderate damage but the home was livable, with some difficulty" 7="Yes, the inside of my primary home had major damage and the home could not be lived in" 8="Yes, my primary home was completely destroyed"
3	DamageCost*	8	0="No Damage" 1="1-10000" 2="10001-20000" 3="20001-75000" 4="75001-150000" 5="150001-299999" 6="300000-499999" 7="500000-999999" 8="1000000+"
4	Vehicle*	6	0="No vehicle" 1="1 vehicle" 2="2 vehicles" 3="3 vehicles" 4="4 vehicles" 5="5-6 vehicles" 6="7+ vehicles"

Variable name	Variable Label	score	Value label / Scoring
5	ExpensiveHeirlooms*	3	Was there a loss of irreplaceable items and/or heirlooms (example: items passed down in your family through generations) of great monetary value because of the fire? 0="No" 3="Yes"
*	Insurance	-	What percentage of your material losses has been covered by your insurance? Pick the answer that is closest to your best guess. Reduced score: 0%=*1.0; 1-25%*=.85; 26-50%*=.75; 51-75%*=.65; 76-100%*=.50
6	Stolen	1	Were any of your possessions stolen by looters/thieves as a result of the fire? 0="No" 1="Yes"
7	Heirlooms	2	Was there loss of irreplaceable items of no monetary value such as family photos or souvenirs? 0="No" 2="Yes"
8	Pets	2	How many of these horses or pets were killed by the fire?; Please estimate the cost of any loss or injury of your horses or pets 0="0 pet died" 1="1+ pet died" 1 extra point if cost \$500+
9	HouseholdIncome	-4 to 8	Considering your total household income for 2015, how different was your total household income for 2016? -4="A lot more" -2="A little more" 0="About the same" 4="A little more" 8="A lot more"
10	Business**	4	Was your place of work, damaged by the fire? Only scored if mother or partner owned place of work. If place of work was at home, scored the average of outside and inside house damage, divided by 2. Otherwise, 0="There was no damage to my place of work" 1="My place of work was slightly damaged but not enough to cause any problems" 2="My place of work was moderately damaged with only minor change to the way we did business" 3="My place of work was seriously damaged but never closed" 4="My place of work was so damaged that it closed temporarily or permanently"
**	BusinessInsurance	-	Was/Were this/these personal business(es) covered for fire by insurance? Reduced score: Not insured=*1.0; Insured partially=*.75; Insured fully=*.50
total		50	
<b>SCOPE</b>			
1	NightsAway	30	Number of nights you stayed away from your home. 0="0 nights" 1="1-7 nights" 2="8-14 nights" ... 24="162-168 nights"



Variable name	Variable Label	score	Value label / Scoring
			25="169-180 nights" 26="181-210 nights" 27="211-241 nights" 28="242-272 nights" 29="273-303 nights" 30="303+ nights"
2	CircleOfFriends	5	In your circle of family and friends, how many of their homes were damaged by the fire Composite score based on how many and how damaged the houses were.
3	Neighborhood	15	Composite score based on the density (number/km <sup>2</sup> ) of destroyed dwellings in the neighborhood where the mother lived.
total		50	
<b>CHANGE</b>			
1	Places	10	Count the number of different places the mother stayed since the fire 0="0 places" 1="1 place" 3="2 places" 5="3 places" 7="4 places" 9="5 places" 10="6+ places"
2	Shelter	2	Stayed in an Emergency shelter or camp 0="No", 2="Yes"
3	LiveElsewhere	3	Have you returned to the Fort McMurray region since the fire? 0="Yes", 3="No"
4	PartnerAway	8	Please estimate the number of nights that you were not in the same place as your partner 0="0 nights or N/A" 1="1-7 nights" 2="8-14 nights" 3="15-21 nights" 4="22-30 nights" 5="31-45 nights" 6="46-60 nights" 7="61-90 nights" 8="91+ nights"
5	ChildrenAway	3	Please estimate the number of nights that any of your children were not in the same place as you 0="0 nights or N/A" 1="1-7 nights" 2="8-14 nights" 3="15-21 nights"
6	StillCouple	2	Are you still together as a couple with the same partner who was with you at the time of the wildfire? 0="Yes", 2="No"
7	LivingWithPartner	2	Is your partner living with you now? 0="Yes", 2="No"
8	WorkChange	2	Scored comparing work status just before the fire and since the fire See Annex for scoring table

Variable name	Variable Label	score	Value label / Scoring
9	WorkDamage	2	0="There was no damage" 1="lightly damaged but not enough to cause any problems" or moderately damaged with minor change to the way we did business" 2="seriously damaged but never closed" or "so damaged that it closed temporarily or permanently"
10	ForcedWork	2	Were you forced to go back to work by your employer before you were ready to do so? 0="No", 2="Yes"
11	LoseJob	1	Did you lose the job you had before the fire because of the fire? 0="No", 1="Yes"
12	PartnerWorkChange	2	Scored comparing partner's work status just before the fire and since the fire See Annex for scoring table
13	PartnerForcedWork	1	Was your partner forced to go back to work by their employer before being ready to do so? 0="No", 1="Yes"
14	PrenatalCareChange	10	Sum of the following: - Was your birth plan changed because of the fire?: 0="No"; 1="Yes" - I wasn't followed by the original nurse I had been seeing: 0="False"; 2="True" - I wasn't followed by the original doctor I had been seeing: 0="False"; 2="True" - I didn't give birth in the original place I had planned: 0="False"; 1="True" - I didn't give birth with the original medical staff I had planned: 0="False"; 1="True" - Because of the fire I didn't give birth in the same way I had planned (for example, C-section, vaginal, water birth, epidural, etc.): 0="False"; 2="True" - Did you deliver in the place you expected to deliver? 0="Yes"; 1="No"
total		50	
<b>THREAT</b>			
1	TimeHome	2	How much time did you have at home before getting on the road to evacuate? 0="A day or more" 1="More than an hour" 2="An hour or less"
2	BeginLeave	3	Scored based on time from mandatory evacuation order to time the mother began to leave 0="Left before mandatory evacuation" 1="Less than 2 hours" 2="2-8 hours" 3="More than 8 hours"
3	TimeSeeFlames	5	After getting on the road to leave town, how much time did it take for you to get beyond the wildfire where you could no longer see flames? 0="Less than 10 minutes or never saw the flames" 1="10-30 minutes" 2="30 minutes to an hour" 3="2 hours to 5 hours" 4="6 hours to 23 hours" 5="A day or more"
4	KnowWherePartner	2	After deciding it was time to leave town, 0="Mother was with partner or knew where he was" 1="An hour or less"

Variable name	Variable Label	score	Value label / Scoring
	and before the entire family was together in a safe place, was there ever a time when you did not know for certain where your partner was?		2="More than an hour"
5	KnowWhereChild	3	0="Mother was with children or knew where they were" 1="An hour or less" 2="2 hours" 3="3+ hours"
6	WithPartner	2	0="Yes", 2="No"
7	WithChildren	3	0="Yes", 3="No"
8	EscortedOut	4	0="No, or evacuated south" 2="Yes, airlifted out " 4="Yes, in one of the police-escorted convoys that took cars south back through Fort McMurray"
9	WithoutWater	4	0="A minute or less" 1="2 minutes to an hour" 2="2 hours to 5 hours " 3="6 hours to 9 hours" 4="10+ hours"
10	WithoutFood	2	0="Less than an hour" 1="1-9 hours" 2="10+ hours"
11	SpecialNeeds	2	0="Nobody with special needs" 1="Special needs but no problem during evacuation" 2="Special needs and there were problems during the evacuation"
12	Embers	1	0="No", 1="Yes"
13	BodyFlames	30	See Annex for scoring table

Variable name	Variable Label	score	Value label / Scoring
14	CarFlames	20	See Annex for scoring table
15	SmokeSymptoms	5	0="0 Symptoms" 1="1 Symptom" 2="2 Symptoms " 3="3 Symptoms " 4="4 Symptoms " 5="5+ Symptoms "
16	ChildCarFlames	10	Composite score based on CarFlames and how many children are in the car with the mother
15	WitnessedBuildings	2	0="None" 1="1-25" 2="26+ "
16	PartnerInjured (BONUS point)	2	0="None" 1="My partner was mildly injured (example: cuts, sprain, infection, smoke inhalation)" or "My partner was moderately injured (example: burn, torn ligament, moderate smoke inhalation)"; An extra point if mother witnessed it. 2="My partner was severely injured (example: severe burns or smoke inhalation, concussion, broken bones)"
17	ChildrenInjured (BONUS point)	5	0="None" 2="Injured (no severity indicated)" 4="At least one of my children was only mildly hurt (example: cuts, sprain, infection, smoke inhalation)" 5="At least one of my children was moderately hurt (example: burn, torn ligament, moderate smoke inhalation)" or "At least one of my children was severely hurt (example: severe burns or smoke inhalation, concussion, broken bones)"
18	WitnessedHome (BONUS point)	3	0="No" 3="Yes"
total	(sum/2)	50	+5 bonus points
<b>THWART</b>			
1	Distances	20	0="They were all together" 1="0.1 - 7 km" 2="7.1 - 14 km" ... 18="119.1 – 126 km" 19="126.1 – 133 km" 20="133.1+ km"
2	TimeDecisionToRoad	3	0="Already out of town" 1="An hour or less" 2="2-6 hours" 3="7+ hours"
3	RouteBlocked	7	0="No" 7="Yes"

Variable name	Variable Label	score	Value label / Scoring
	fire (or by the authorities) so that you had to change direction?		
4	GoingNorth	3	0="Not north" 3="North"
5	WaitForGas	3	0="No" 3="Yes"
6	VehicleProblems	4	0="Did not wait" 1="Less than an hour" 2="1-4 hours" 3="5-12 hours" 4="13+ hours"
7	AbandonedCar	7	0="No" 7="Yes"
8	Phone	3	0="Never lost service, didn't know or N/A" 1="An hour or less" 2="2-5 hours" 3="6+ hours"
total		50	

## Appendix C

### Regressions coefficients for non-significant moderations

Table C1: Regression coefficient for the moderation by age of the association between PNMS and SPARK (knowledge score)

	B	SE	t	p	R <sup>2</sup> at entry	ΔR <sup>2</sup>
<b>IES-R</b>						
Intercept	-1.902	1.075	-1.770	0.080	-	-
IES-R	0.068	0.041	1.658	0.101	0.020	0.020
Age	0.067	0.032	2.063	0.042	0.042	0.022
IES-R x Age	-0.002	0.001	-1.522	0.131	0.065	0.023
<b>PDI</b>						
Intercept	-2.649	1.279	-2.071	0.041	-	-
PDI	0.105	0.052	2.009	0.047	0.035	0.035
Age	0.085	0.038	2.235	0.028	0.054	0.019

PDI x Age      -0.003              0.002              -1.824              0.071              0.086\*              0.033

*Note.* IES-R: Impact of Event Scale – Revised; PDI: Peritraumatic Distress Inventory. \* p < 0.05; B: unstandardized beta; SE: standard error.

Table C2: Regression coefficient for the moderation by SSQ (number) of the association between PNMS and SPARK (knowledge score)

	B	SE	t	p	R <sup>2</sup> at entry	ΔR <sup>2</sup>
<b>IES-R</b>						
Intercept	0.075	0.209	0.358	0.721	-	-
IES-R	0.013	0.008	1.569	0.120	0.020	0.020
SSQ (number)	0.093	0.073	1.274	0.206	0.028	0.008
IES-R x SSQ (number)	-0.003	0.003	-0.919	0.361	0.037	0.009

*Note.* IES-R: Impact of Event Scale – Revised. B: unstandardized beta; SE: standard error.

Table C3: Regression coefficient for the moderation by wish to have known more about PNMS of the association between PNMS and SPARK (knowledge score)

	B	SE	t	p	R <sup>2</sup> at entry	ΔR <sup>2</sup>
<b>IES-R</b>						
Intercept	0.459	0.122	3.761	<0.001	-	-
IES-R	0.005	0.005	1.044	0.299	0.041*	0.041*
“No”	-0.143	0.229	-0.625	0.534	0.127**	0.087*
“I don’t know”	-0.953	0.314	-3.032	0.003		
IES-R x “No”	-0.003	0.010	-0.245	0.807	0.153*	0.026

IES-R x “I don’t know”	0.028	0.017	1.587	0.116		
PDI						
Intercept	0.508	0.167	3.040	0.003	-	-
PDI	0.002	0.007	0.361	0.719	0.042*	0.042*
“No”	-0.499	0.311	-1.605	0.112	0.140**	0.098**
“I don’t know”	-1.310	0.383	-3.420	0.001		
PDI x “No”	0.018	0.015	1.166	0.247	0.186**	0.046
PDI x “I don’t know”	0.031	0.015	2.104	0.038		

*Note.* IES-R: Impact of Event Scale – Revised; PDI: Peritraumatic Distress Inventory. \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; B: unstandardized beta; SE: standard error. “Yes, I would have liked to know more” is the reference category.

### Appendix D

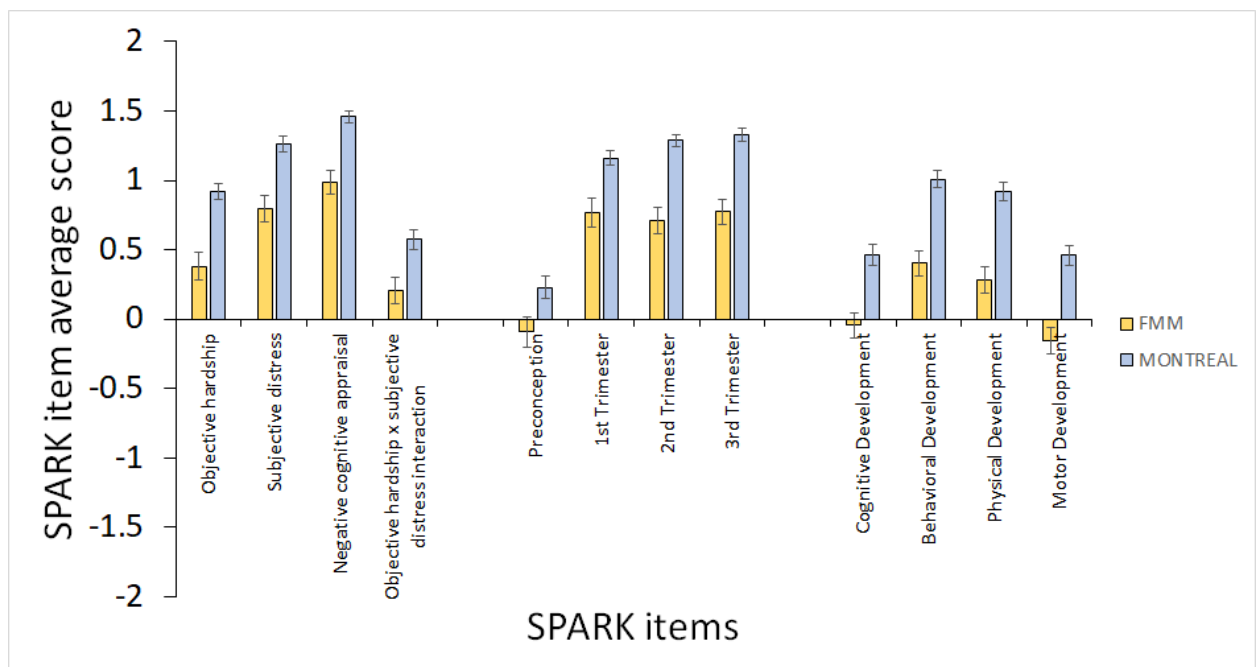


Figure D1. Spark item averages in Fort McMurray and Montreal cohorts.

## References

- American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders. (5th edition). doi:10.1176/appi.books.9780890425596
- Antony, K. M., Ehrental, D., Evensen, A., & Iruetagoiena, J. I. (2017). Travel during pregnancy: considerations for the obstetric provider. *J Obstetrical gynecological survey*, 72(2), 97-115. doi:10.1097/OGX.0000000000000398
- Brunet, A., Weiss, D. S., Metzler, T. J., Best, S. R., Neylan, T. C., Rogers, C., . . . Marmar, C. R. (2001). The Peritraumatic Distress Inventory: a proposed measure of PTSD criterion A2. *Am J Psychiatry*, 158(9), 1480-1485. doi:10.1176/appi.ajp.158.9.1480
- Columbia University Mailman School of Public Health. (2019). Item Response Theory. Retrieved from [https://www.publichealth.columbia.edu/research/population-health-methods/item-response-theory#:~:text=The%20item%20response%20theory%20\(IRT,outcomes%2C%20responses%20or%20performance\)](https://www.publichealth.columbia.edu/research/population-health-methods/item-response-theory#:~:text=The%20item%20response%20theory%20(IRT,outcomes%2C%20responses%20or%20performance))
- Da Costa, D., Zerkowitz, P., Bailey, K., Cruz, R., Bernard, J.-C., Dasgupta, K., . . . Khalifé, S. J. T. J. o. p. e. (2015). Results of a needs assessment to guide the development of a website to enhance emotional wellness and healthy behaviors during pregnancy. 24(4), 213-224.
- Da Costa, D., Zerkowitz, P., Nguyen, T.-V., & Deville-Stoetzel, J.-B. (2018). Mental health help-seeking patterns and perceived barriers for care among nulliparous pregnant women. *Arch Womens Ment Health*, 21(6), 757-764. doi:10.1007/s00737-018-0864-8
- Damase-Michel, C., Christaud, J., Berrebi, A., Lacroix, I., & Montastruc, J. L. (2009). What do pregnant women know about non-steroidal anti-inflammatory drugs? *Pharmacoepidemiol Drug Saf*, 18(11), 1034-1038. doi:10.1002/pds.1817
- Dancause, K. N., Laplante, D. P., Oremus, C., Fraser, S., Brunet, A., & King, S. (2011). Disaster-related prenatal maternal stress influences birth outcomes: project ice storm. *Early Hum Dev*, 87(12), 813-820. doi:10.1016/j.earlhumdev.2011.06.007
- Dodou, D., & de Winter, J. C. (2014). Social desirability is the same in offline, online, and paper surveys: A meta-analysis. *Comput Hum Behav*, 36, 487-495. doi:10.1016/j.chb.2014.04.005
- Guillory, J., Niederdeppe, J., Kim, H., Pollak, J., Graham, M., Olson, C., & Gay, G. (2014). Does social support predict pregnant mothers' information seeking behaviors on an educational website? *Matern Child Health J*, 18(9), 2218-2225. doi:10.1007/s10995-014-1471-6
- Hassoun-Barhamji, R., Barjat, T. R., & Chauleur, C. (2015). À l'ère de l'automédication, que savent les femmes enceintes des anti-inflammatoires? *Thérapie*, 70(4), 369-376. doi:10.2515/therapie/2015019
- Hayes, A. F. (2017). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach*: Guilford publications.
- Ho, C. F., & Loke, A. Y. (2003). HIV/AIDS knowledge and risk behaviour in Hong Kong Chinese pregnant women. *J Adv Nurs*, 43(3), 238-245. doi:10.1046/j.1365-2648.2003.02706.x
- Hyde, A., Verstraeten, B. S., Olson, J. K., King, S., Brémault-Phillips, S., & Olson, D. M. (2021). The Fort McMurray MommyBaby Study: a protocol to reduce maternal stress due to the 2016 Fort McMurray Wood Buffalo, Alberta, Canada wildfire. *Public Health Front*, 9, 685. doi:10.3389/fpubh.2021.601375
- IBM Corp. (2019). IBM SPSS Statistics for Windows (Version 26.0). Armonk, NY: IBM Corp.



- Kesmodel, U., & Schiøler Kesmodel, P. (2002). Drinking during pregnancy: attitudes and knowledge among pregnant Danish women, 1998. *Alcohol Clin Exp Res*, 26(10), 1553-1560. doi:10.1097/01.ALC.0000034702.14322.25
- King, S., Dancause, K. N., 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 Res C Embryo Today*, 96(4), 273-288. doi:10.1002/bdrc.21026
- King, S., Matvienko-Sikar, K., & Laplante, D. P. (2021). Natural Disasters and Pregnancy: Population-Level Stressors and Interventions. In *Prenatal Stress and Child Development* (pp. 523-564): Springer.
- Kingman, C. E., & Economides, D. L. (2003). Travel in pregnancy: pregnant women's experiences and knowledge of health issues. *J Travel Med*, 10(6), 330-333. doi:10.2310/7060.2003.9353
- 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. *Arch Womens Ment Health*, 21(2), 225-233. doi:10.1007/s00737-017-0786-x
- Lafortune, S., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Li, X., Lebel, S., Dagenais, C., & King, S. (2021). Effect of Natural Disaster-Related Prenatal Maternal Stress on Child Development and Health: A Meta-Analytic Review. *Int J Environ Res Public Health*, 18(16), 8332. doi:10.3390/ijerph18168332
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*: Springer Publishing Company.
- Marmar, C. R., Weiss, D. S., Schlenger, W. E., Fairbank, J. A., Jordan, B. K., Kulka, R. A., & Hough, R. L. (1994). Peritraumatic dissociation and posttraumatic stress in male Vietnam theater veterans. *Am J Psychiatry*. doi:10.1176/ajp.151.6.902
- McLean, M. A., Simcock, G., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Kildea, S., Hurrion, E., . . . King, S. (2020). Disaster-related prenatal maternal stress, and childhood HPA-axis regulation and anxiety: The QF2011 Queensland Flood Study. *Psychoneuroendocrinology*, 118, 104716. doi:10.1016/j.psyneuen.2020.104716
- Miller, S. M., & Mangan, C. E. (1983). Interacting effects of information and coping style in adapting to gynecologic stress: should the doctor tell all? *J Pers Soc Psychol*, 45(1), 223. doi:10.1037//0022-3514.45.1.223
- Moss, K. M., Simcock, G., Cobham, V., Kildea, S., Elgbeili, G., Laplante, D. P., & King, S. (2017). A potential psychological mechanism linking disaster-related prenatal maternal stress with child cognitive and motor development at 16 months: The QF2011 Queensland Flood Study. *Dev Psychol*, 53(4), 629. doi:10.1037/dev0000272
- Olson, D., Brémault-Phillips, S., King, S., Metz, G., Montesanti, S., Olson, J., . . . Linder, R. (2019). Recent Canadian efforts to develop population-level pregnancy intervention studies to mitigate effects of natural disasters and other tragedies. *J Dev Orig Health Dis*, 10(1), 108-114. doi:10.1017/S2040174418001113
- Sarason, I. G., Sarason, B. R., Shearin, E. N., & Pierce, G. R. (1987). A brief measure of social support: Practical and theoretical implications. *J Soc Pers Relatsh*, 4(4), 497-510. doi:10.1177/0265407587044007
- Sinikovic, D. S., Yeatman, H. R., Cameron, D., & Meyer, B. (2009). Women's awareness of the importance of long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acid consumption during

- pregnancy: knowledge of risks, benefits and information accessibility. *Public Health Nutr*, 12(4), 562-569. doi:10.1017/S1368980008002425
- Sontag, L. W. (1944). War and the fetal-maternal relationship. *J Marriage Family Living*, 6(1), 3-16. doi:10.2307/346811
- Statistics Canada. (2017a). *Fort McMurray [Population centre], Alberta and Wood Buffalo [Census agglomeration], Alberta (table). Census Profile. 2016 Census.* (98-316-X2016001.). Retrieved from <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=E> (accessed May 31, 2020).
- Statistics Canada. (2017b). *Montréal, V [Census subdivision], Quebec and Canada [Country] (table). Census Profile. 2016 Census.* (98-316-X2016001). Retrieved from <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=E> (accessed May 31, 2020).
- Szeszko, P. R., Lehrner, A., & Yehuda, R. (2018). Glucocorticoids and hippocampal structure and function in PTSD. *Harv Rev Psychiatry*, 26(3), 142-157. doi:10.1097/HRP.0000000000000188
- Tabachnick, B., & Fidell, L. (2007). Cleaning up your act. In *Using multivariate statistics* (pp. 60-166). Boston, MA: Pearson/Allyn & Bacon.
- Verstraeten, B. S., Elgbeili, G., Hyde, A., King, S., & Olson, D. M. (2021). Maternal mental health after a wildfire: effects of social support in the Fort McMurray Wood Buffalo Study. *Can J Psychiatry*, 66(8), 710-718. doi:10.1177/0706743720970859
- Weiss, D. S. (2007). The impact of event scale: revised. In *Cross-cultural assessment of psychological trauma and PTSD* (pp. 219-238): Springer.
- Weissman, A., Siegler, E., Neiger, R., Jakobi, P., & Zimmer, E. Z. (1989). The influence of increased seismic activity on pregnancy outcome. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*, 31(3), 233-236. doi:10.1016/0028-2243(89)90158-5

**Article 3: Pour informer les femmes enceintes au sujet du stress pendant la grossesse sans les stresser davantage : paramètres à considérer pour faciliter un processus de transfert des connaissances**

Sandra Lafortune, BSc<sup>1</sup>, Suzanne King, PhD<sup>2,3</sup>, David P. Laplante, PhD<sup>4</sup>, Guillaume Elgbeili, MSc<sup>3</sup> et Christian Dagenais, PhD<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Université de Montréal, Montreal, Canada.

<sup>2</sup>McGill University, Montreal, Canada.

<sup>3</sup>Douglas Hospital Research Centre, Montreal, Canada.

<sup>4</sup>Lady Davis Institute, Jewish General Hospital, Montreal, Canada.

**STATUT: ARTICLE EN RÉDACTION**

**Revue ciblée: TUC – Revue francophone de recherche sur le transfert et l'utilisation des connaissances**

## **Résultats préliminaires des entretiens avec les mères**

Ce chapitre présente les résultats préliminaires des données complémentaires recueillies dans le cadre de cette thèse. Nous avons tenté d'étudier le SMP en interviewant des mères de Montréal afin qu'elles nous partagent leur expérience de la grossesse, mais la collecte de données a été interrompue en raison de la pandémie mondiale COVID-19. Il sera intéressant de poursuivre cette étude en comparant le discours de ces femmes à celui d'autres qui auraient vécu la pandémie de COVID-19 au cours de leur grossesse pour découvrir l'effet qu'un tel événement peut avoir sur l'expérience personnelle du SMP. Il est toutefois apparu pertinent de présenter quelques-unes des leçons préliminaires tirées des entretiens conduits auprès de ces femmes en complément des deux articles de la thèse.

### **Objectifs**

La collecte de ces données visait à déterminer (1) comment les femmes enceintes définissent le SMP; (2) où, quand et comment elles reçoivent et/ou demandent de l'information au sujet du SMP; (3) dans quelle mesure elles sont intéressées à recevoir de l'information au sujet du SMP; (4) quelle est leur réaction au sujet de l'information qu'elles reçoivent au sujet du SMP; et (5) quelles sont les stratégies de gestion du stress des femmes pendant la grossesse.

### **Méthodologie**

#### **Participant**

Les participantes à l'entretien ont été sélectionnées dans la cohorte des femmes ayant complété le sondage SPARK présenté dans le second article de cette thèse. À la fin du questionnaire, les femmes étaient invitées à nous partager leurs coordonnées pour être recontactées afin de participer à un entretien au sujet du SMP. Les participantes à l'entretien ont donc été sélectionnées parmi les 148 femmes ayant démontré un intérêt à cet effet. L'échantillonnage a été

réalisé de façon stratifiée pour que les femmes sélectionnées présentent des caractéristiques sociodémographiques variées (p.ex. niveau d'éducation (baccalauréat ou moins vs plus qu'un baccalauréat), revenu (moins de 50 000\$; de 50 000 à 100 000\$; plus que 100 000\$) et des réponses diverses à savoir si elles auraient voulu en avoir su davantage au sujet du SMP lors de leur dernière grossesse (« Oui », « Non », « Je ne sais pas »). Les femmes qui étaient enceintes au moment où elles ont été contactées pour participer à l'entretien ont été exclues pour éviter d'aborder avec elles du contenu anxigène. De janvier à mars 2020, nous avons conduit neuf entretiens semi-structurés en personne. Les caractéristiques des femmes interviewées sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques de l'échantillon.

Variable	Catégories	n (%)
Éducation	Baccalauréat ou moins	5 (55,6%)
	Plus qu'un baccalauréat	4 (44,4%)
Revenu	Moins de 50 000\$	2 (22,2%)
	De 50 000 à 100 000\$	4 (44,4%)
	Plus que 100 000\$	3 (33,3%)
Désir d'en avoir su plus au sujet du SMP	« Oui »	4 (44,4%)
	« Non »	3 (33,3%)
	« Je ne sais pas »	2 (22,2%)

### **Grille d'entretien**

L'entretien (Stress in Pregnancy Information Needs – SPIN) était divisé en trois parties et se retrouve en matériel supplémentaire de cette thèse (Matériel supplémentaire; Appendice A). La première partie visait à (a) déterminer comment les femmes définissent le stress; et (b) comment

elles peuvent s'expliquer l'effet du SMP sur leur enfant, puis à (c) faire la chronologie de leur grossesse pour établir quelle a été leur expérience du stress pendant cette période. La seconde partie cherchait à discuter des besoins informationnels des femmes enceintes au sujet du SMP. En 3<sup>e</sup> partie, après avoir sondé leur intérêt, nous informions les femmes que la recherche suggère que le SMP associé à des catastrophes naturelles a un effet faible, mais durable sur le développement de l'enfant. Ensuite, nous leur demandions de réfléchir au sujet d'une stratégie pour informer les femmes enceintes au sujet du stress pendant la grossesse sans les stresser davantage, tout en se questionnant sur les paramètres idéaux de ce processus de TC. Des entretiens pilotes ont permis d'estimer la durée de l'entretien semi-structuré à environ une heure. La taille de l'échantillon devait être déterminée par le principe de saturation empirique, soit le point où le chercheur juge que toute donnée additionnelle est consistante avec les données déjà récoltées et n'ajoute rien à sa compréhension de la question de recherche, puisqu'elle n'ajoute pas d'information supplémentaire (Pires, 1997). La portée d'une étude et la nature de son sujet peuvent expliquer des divergences par rapport aux standards que tentent de fixer les auteurs (Morse, 2000). La taille d'échantillon moyenne des thèses de doctorat en recherche qualitative est de 31 cas (Mason, 2010). Le nombre de participants nécessaire à l'atteinte de la saturation empirique demeure cependant une valeur réellement inconnue et imprévisible, car elle dépend de plusieurs facteurs comme la qualité des données et la quantité d'informations utiles recueillies au cours des entretiens. Il est ainsi recommandé de surestimer la taille d'échantillon lors de l'élaboration de la méthodologie pour s'assurer une quantité suffisante de données à analyser (Morse, 2000). Nous estimions qu'un échantillon de 30 participantes devrait permettre à notre équipe d'atteindre la saturation empirique. Nous n'avons pas atteint ce point parce que la collecte de données a été interrompue en raison de la pandémie de COVID-19. Nous avons donc interviewé seulement neuf mères.

## **Analyse**

L'analyse qualitative a été réalisée en procédant à la transcription du discours des participantes. Les unités de sens ont ensuite été codées dans les verbatims pour générer des thèmes émergents (induction) ou pour retracer des catégories préétablies par la littérature (déduction) (Patton, 2014). Les composantes du stress prénatal utilisées comme catégories pour structurer les résultats reposent sur les composantes du stress suggérées dans notre revue méta-analytique récente (Lafortune et al., 2021) : difficultés objectives, détresse psychologique, évaluation cognitive, changement de diète et réponse physiologique de la mère.

## **Résultats préliminaires**

Les résultats qui suivent présentent d'abord la définition personnelle des femmes enceintes ainsi que les composantes du SMP basées sur la littérature qui s'y retrouvent. Par la suite, nous présentons les résultats concernant les paramètres qui devraient régir le message à transmettre aux femmes pour les informer au sujet des conséquences du SMP sur le développement de l'enfant sans les stresser davantage. L'ensemble de ces résultats préliminaires doivent être interprétés avec précaution, car nous n'avons pas atteint la saturation dans le processus de collecte des données et pourrait ne pas être représentatives de la population générale. Il demeure toutefois plus que pertinent de les présenter ici pour donner une voix à ces femmes.

### **Définition personnelle du stress**

Les participantes ont rapporté des éléments associés à différentes composantes du SMP que l'on peut classer selon les catégories suivantes reposant sur la littérature récente (Lafortune et al., 2021): difficultés objectives, détresse psychologique, évaluation cognitive, changement de diète et réponse physiologique. Voici un exemple de définition du stress d'une des mères interviewées :

*« Une situation où tu as l'impression de perdre le contrôle un peu, mais que si tu as les bons outils tu peux facilement gérer le stress. »*

Les difficultés objectives qui ont été rapportées par les femmes peuvent être transposées aux facteurs de cette composante du stress qui sont utilisés dans les études du groupe SPIRAL, soit la menace, la perte, le changement et l'étendue (Bromet & Dew, 1995; Laplante et al., 2004). Les femmes mentionnent par exemple à des difficultés financières (perte), un changement de poste au travail (changement) ou encore une situation qui pourrait mettre leur vie ou celle de leurs proches en danger (menace).

Il reste que la majorité des éléments rapportés par les participantes faisaient référence à la détresse psychologique. Les femmes rapportaient qu'elles ressentent du stress lorsqu'elles font face à l'inconnu ou qu'elles vivent de l'incompréhension face à une situation, une perte de contrôle ou de repères. Elles disaient se sentir dépassées et ressentir une pression ou une urgence. Ces éléments de définition de la détresse psychologique sont cependant différents de ceux qui sont utilisés pour évaluer le stress subjectif des femmes dans le cadre des études sur le SMP associé à des catastrophes naturelles comme les symptômes de stress post-traumatique (Weiss, 2007), ainsi que la détresse (Brunet et al., 2001) et les symptômes de dissociation péri-traumatique (Marmar et al., 1994).

La notion d'évaluation cognitive (Lazarus & Folkman, 1984) s'illustre par le fait que les femmes rapportaient que leur stress pouvait être bon (positif) ou mauvais (négatif).

Le concept de changement de diète a été évoqué en parlant de changement d'alimentation pouvant survenir au cours de la grossesse.

Enfin, les hormones et le rythme cardiaques sont des éléments qui ont été mentionnés au cours des entrevues et qui pourraient être associés à la réponse physiologique de la mère.



### **Les paramètres du message**

Les entretiens avec les participantes ont également fait émerger des lignes directrices qui devraient être suivies pour réaliser le TC au sujet du SMP à leurs principales bénéficiaires, les femmes enceintes.

#### ***Des professionnels de la santé avec une approche empathique***

Un premier aspect étant ressorti des entretiens avec les femmes est qu'elles sembleraient privilégier les professionnels de la santé (p.ex. infirmières) comme messagers pour discuter du stress pendant la grossesse. Ceci fait écho aux résultats trouvés dans l'enquête canadienne révélant que les professionnels de la santé sont la source d'information privilégiée par les femmes enceintes au cours de leur grossesse (Kingston & Chalmers, 2009). Par conséquent, si nous devons élaborer une stratégie de transfert de connaissances pour sensibiliser les femmes enceintes au sujet des conséquences du SMP sur leur enfant, nous devrions impliquer les professionnels de la santé afin qu'ils jouent le rôle d'utilisateurs des connaissances.

Selon les réponses des participantes, il faudrait que les professionnels de la santé normalisent le stress que peuvent vivre les mères au cours de leur grossesse, c'est-à-dire qu'ils affirment qu'il est normal de vivre du stress pendant sa grossesse, et qu'ils fassent preuve d'empathie à leur égard, quitte à sortir des protocoles médicaux qui peuvent rendre les échanges dans un rendez-vous de suivi rigides.

#### ***Des informations basées sur les données probantes***

Il faudrait par la suite dédramatiser les effets que cela peut avoir sur leur enfant selon les résultats trouvés dans la littérature. Une mère relate par exemple l'idée qui lui a été véhiculée au sujet de l'effet du SMP sur le développement de l'enfant :

*« On s'est fait dire beaucoup de limiter notre stress pendant la grossesse, faque là l'idée qui circule c'est qu'il y a des conséquences et on se fait l'idée qu'elles doivent être graves. »*

Il serait important de remédier à cette fausse croyance en diffusant dans la population un message clair et reposant sur les données probantes. Tel qu'avancé par notre récente revue méta-analytique, malgré le fait que le SMP a un effet sur l'ensemble des sphères du développement de l'enfant, cet effet est relativement petit, mais durable (Lafortune et al., 2021).

### ***Des outils offerts***

Certaines mères ont indiqué que les informations au sujet des conséquences du SMP sur le développement de l'enfant qui seraient données par les professionnels de la santé devraient être accompagnées d'outils et de ressources pour gérer le stress pendant la grossesse. Une mère propose par exemple l'approche suivante :

*« Ce serait peut-être de mettre les deux ensemble, de dire : "Ok voici les faits, mais voici des outils pour vous aider". »*

### ***Une approche centrée sur la mère dans sa globalité***

Il faudrait aussi que le point central de l'intervention ne soit pas seulement le fœtus, mais également la femme elle-même. Il ne faudrait entre autres pas seulement parler de la responsabilité et de l'influence de la femme par rapport au fœtus ou des effets qu'elle peut avoir sur lui. L'information devrait plutôt être amenée dans une approche centrée sur la femme enceinte qui prend en considération son état de santé général, physique et psychologique, au cours de la grossesse.

### ***Sonder l'intérêt des femmes***

Les participantes ont également fait ressortir qu'avant de fournir de l'information aux femmes au sujet des conséquences du SMP sur le développement de leur enfant, il serait important

de sonder leur intérêt, puis de leur laisser le choix d'en obtenir davantage ou non. Les réponses des femmes enceintes dépeignent effectivement différents styles de recherche d'informations. Certaines personnes préféreraient obtenir le plus d'informations possible pour se sentir en maîtrise de leur grossesse. La théorie des styles de recherche d'informations les qualifierait de « *monitors* », car elles cherchent à obtenir de l'information pour gérer leur stress (Miller & Mangan, 1983). Pour ces femmes, recevoir de l'information réduirait leur anxiété (Nasrabadi, Sabzevari, & Bonabi, 2015). Le discours de la participante qui suit illustre cette approche :

*« C'est crucial parce que ça te prépare mentalement, comme ça t'arrive à mieux t'adapter [...] La meilleure affaire à faire c'est d'être informée pis justement de trouver des solutions pour rendre le parcours de mes enfants de mieux en mieux. »*

D'autres participantes préfèrent ne pas trop s'informer pour éviter de vivre de l'anxiété. Une participante le souligne ainsi :

*« Parler du stress pis des effets potentiellement négatifs, je pense que moi ça m'aurait plus causé de stress que d'autre chose. »*

Cette crainte exprimée par les femmes fait référence au concept de « *blunter* » (Miller & Mangan, 1983) selon lequel les personnes présentant ce style de recherche d'informations préféreraient ne pas recevoir d'informations supplémentaires pour sentir qu'elles continuent d'exercer une maîtrise sur leur état santé, et dans le cas qui nous concerne, sur l'état de santé de leur enfant à naître. Pour ces femmes, recevoir de l'information augmenterait leur anxiété (Singh, Newburn, Smith, & Wiggins, 2002). Ceci vient appuyer le constat de certains auteurs : la quantité et le type d'information que les personnes désirent obtenir varient largement d'un individu à l'autre (Kiesler & Auerbach, 2006). Il serait également important de réfléchir à une façon de sonder les femmes qui n'engendrerait pas de biais de désirabilité sociale. Nous avons effectivement observé

ce phénomène lorsque nous avons réalisé nos entretiens. Lors du point d'information au début de la 3<sup>e</sup> partie, nous demandions aux femmes si elles étaient intéressées à en connaître davantage au sujet du stress pendant la grossesse et l'ensemble nous a dit que oui, alors que la majorité de notre échantillon n'aurait pas voulu en connaître davantage ou ne savait pas au moment de répondre préalablement à notre questionnaire.

C'est donc un défi pour les professionnels de la santé de s'adapter aux besoins informationnels des femmes enceintes au sujet de la grossesse. En sondant l'intérêt de la femme avant de lui fournir des informations au sujet du SMP, les professionnels de la santé pourraient faire en sorte que les femmes désirant obtenir plus d'informations pour se sentir en contrôle de leur grossesse puissent en recevoir et que celles qui préfèrent l'éviter puissent s'en préserver pour ne pas ressentir davantage d'anxiété à ce sujet.

### ***Un ton non culpabilisant***

Les participantes étaient nombreuses à aborder la culpabilité qu'elles pouvaient ressentir pendant leur grossesse lorsqu'elles recevaient des informations et des conseils en lien avec le développement de leur enfant. Une mère évoque même la culpabilité qu'elle anticiperait vivre lorsqu'elle recevrait des informations au sujet des conséquences du SMP sur le développement de l'enfant:

*« Je serais la première à faire l'échec de la culpabilité et je crois que je ne serais pas la seule. »*

Il serait donc primordial que l'approche utilisée ne fasse pas culpabiliser les femmes enceintes. En ce sens, certaines participantes ont insisté sur l'importance d'éviter un ton paternaliste et des formules prescriptives (interdiction et imposition) (p.ex. « *Vous devriez...* »). Une participante a évoqué l'idée de cultiver « une vigilance personnelle et sociale » pour retirer le

sentiment de culpabilité qui afflige les femmes enceintes à ce sujet. Pour ce faire, des participantes suggèrent que ce ne soit pas que la femme enceinte qui soit impliquée, mais tout son réseau de soutien (p.ex. conjoint, famille).

Ce sentiment de culpabilité cité dans les réponses des participantes renvoie aux résultats d'études rapportant que les femmes enceintes peuvent ressentir de la peur et de la culpabilité lorsqu'elles reçoivent de l'information pour les guider dans leur alimentation (Wennberg, Lundqvist, Högberg, Sandström, & Hamberg, 2013) et peuvent même ressentir de la honte quand elles ne se conforment pas aux recommandations en raison de la pression qui leur est imposée (Hildreth, Vickers, Wall, & Bay, 2021). Une étude de Hale (2007) en éthique médicale sur le sentiment de culpabilité vécu par les femmes à la suite d'une fausse couche permet de nous aiguiller par rapport à ce que serait la meilleure approche à utiliser avec les femmes lorsque ces dernières se blâment par rapport à la santé et au développement de leur enfant. Selon cette étude, à la suite d'un événement tragique comme une fausse couche, les approches médicale, psychologique et déterministe nous amèneraient à tenter de réduire le sentiment de culpabilité associé à la perte en affirmant à la mère que le cours des événements et le résultat n'auraient pu être différents, peu importe ce qu'elle aurait tenté de faire, lui retirant à la fois tout blâme potentiel, mais invalidant par le fait même tout sentiment d'auto-efficacité qu'elle aurait pu ressentir au cours de sa grossesse alors que ses décisions et actions étaient pensées pour le mieux de son enfant à naître. C'est l'approche morale qui permet de reconnaître de façon juste la part de responsabilité de la mère dans les événements. Cette approche permet de valider auprès de la femme qu'elle était responsable pour la vie de l'enfant et que ses actions avaient un effet sur ce dernier. Cependant, pour être tenue coupable d'un événement, une personne doit agir avec l'intention de nuire de façon délibérée, et on peut ainsi expliquer la non-culpabilité de la mère si ce n'est pas le cas (Hale, 2007).

On peut ainsi comprendre que plus une femme est informée des potentielles conséquences néfastes engendrées par ses gestes, plus elle pourra se sentir responsable de la vie de son enfant. En contrepartie, le non-respect des recommandations pour éviter ces conséquences pourrait lui faire vivre d'autant plus de culpabilité étant donné qu'elle agit en toute connaissance de cause. Dans le cas d'une femme qui vivrait une catastrophe naturelle au cours de sa grossesse, il serait donc important de valider chez elle qu'elle a la responsabilité d'employer tous les moyens qui lui sont accessibles pour assurer au fœtus les meilleures conditions de développement possible, mais qu'elle n'a pas à se sentir coupable des conséquences que pourrait avoir une catastrophe naturelle sur le développement de son enfant étant donné qu'elle fait de son mieux pour éviter cette source de stress.

### ***Quand et comment informer les femmes***

Certaines stratégies ont émergé des entretiens avec les femmes de Montréal. Certaines femmes évoquaient le premier et le deuxième trimestres de grossesse comme moments opportuns. Certaines femmes étaient cependant ambivalentes au sujet du premier trimestre, car il s'agit d'un moment où la femme a plusieurs choses à organiser (p.ex. prise de vitamines, recherche d'un médecin pour le suivi, etc.). Le deuxième trimestre devenait alors un bon moment pour aborder le sujet, car il était caractérisé par un peu plus de stabilité, mais on pourrait se demander si ce serait alors trop peu trop tard? Une autre stratégie qui était proposée par les femmes était de faire de la sensibilisation au niveau populationnel. On parle ici d'une stratégie de transfert de connaissances large qui vise la prévention. Pour que les connaissances au sujet du SMP fassent partie du savoir commun, nous pourrions faire appel au Ministère de l'Éducation pour faire en sorte que les effets du stress pendant la grossesse soient enseignés aux jeunes à l'école (p.ex. dans le cours d'éducation à la sexualité ou de biologie humaine, lorsqu'on parle de grossesse ou de développement de

l'enfant). De cette façon, les partenaires et l'entourage de la femme enceinte pourraient l'aider à se protéger du stress pendant la grossesse. Enfin, il serait important de parler de stress de façon générale, pas seulement des catastrophes naturelles.

### **D'autres besoins complémentaires à l'information**

Bien que notre projet se soit penché sur les besoins informationnels des femmes enceintes, il est clair que nous ne pouvons pas partager des connaissances sur les effets du stress pendant la grossesse sans les accompagner d'outils, d'interventions, de ressources pour agir sur cette problématique et donner un sentiment de contrôle aux femmes. Certains besoins des femmes en termes de ressources sont également ressortis pendant les entretiens. Voici une citation d'une femme à ce sujet: « J'avais besoin d'information sur le stress pendant la grossesse parce que ce que je vivais c'était tellement stressant, j'avais besoin d'outils. » Le besoin d'obtenir des outils pour la gestion du stress est ressorti, mais d'autres besoins en lien avec la grossesse ont également émergé pendant les entretiens : besoin d'outils pour gérer le stress de l'accouchement (p.ex. méditation, respiration); besoin d'accès à un psychologue; besoin d'accès à de l'aide pour l'allaitement et des alternatives à l'allaitement; besoin de soutien pendant la période post-partum (p.ex. dépression post-partum et effet sur le bébé); besoin d'accès à une gynécologue, une sage-femme, aux maisons de naissance; besoin d'aide à la maison pour les tâches domestiques (p.ex. repas, ménage); besoin d'accès à un groupe de soutien de femmes pour parler du post-partum (besoins du bébé, arrivée à la maison, transition et matériel nécessaire ou non); besoin d'information au sujet de la vaccination; besoin d'accommodements grossesse-travail (p.ex. télétravail); besoin d'accès à de l'aide financière (p.ex. mères aux études).

## **Conclusion**

Pour conclure, les résultats préliminaires des entretiens avec les mères, conduits à Montréal, ont permis de déterminer qu'elles définissent le SMP en utilisant des termes associés à ses composantes telles qu'on les retrouve dans la littérature récente sur le sujet, soit les difficultés objectives, la détresse psychologique, l'évaluation cognitive, le changement de diète et la réponse physiologique de la mère. L'analyse des entretiens a également permis de faire ressortir plusieurs paramètres à considérer dans l'élaboration d'une stratégie de TC auprès des femmes enceintes. Pour résumer, les femmes privilégieraient les professionnels de la santé pour leur parler de stress pendant la grossesse. Elles voudraient que les informations qui leur sont données reposent sur les données probantes et leur soient livrées en combinaison avec des outils pour gérer leur stress. L'approche à utiliser selon elles pour éviter de stresser encore davantage les femmes enceintes se devrait d'être empathique, non culpabilisante et centrée sur la femme dans sa globalité et devrait correspondre à son style de recherche d'informations.

Il est primordial de réitérer que ces résultats préliminaires doivent être utilisés avec précaution, d'où l'importance de poursuivre les investigations dans ce domaine afin de fournir aux femmes enceintes des services adaptés à leurs besoins informationnels.

## **Matériel supplémentaire**

### **Appendice A**

#### **Stress in Pregnancy Information Needs – SPIN (version francophone)**

**Introduction de l'interviewer:** Les questions que je vais te poser vont m'aider à déterminer comment tu définies le stress en tes propres mots et ce que tu considères comme étant une situation stressante, les informations que tu as reçues au sujet du stress pendant ta grossesse et les stratégies que tu as utilisées pour gérer ton stress quand tu étais enceinte.

#### **1<sup>ère</sup> partie : Définition et expérience personnelles du stress**

1. De façon générale, comment est-ce que tu définirais le stress en tes propres mots?
  - a. Qu'est-ce qui fait qu'une situation est stressante selon toi?



- b. Est-ce qu'il y a d'autre chose qui fait qu'une situation est stressante pour toi?
  - c. Peux-tu me donner des exemples?
- 2. Dans quelle mesure penses-tu que le stress vécu pendant la grossesse peut influencer la santé et le développement de l'enfant?
  - a. Peux-tu m'expliquer ce qui te fait penser ça? Comment est-ce que tu t'expliques le lien entre le stress pendant la grossesse et le développement de l'enfant?
- 3. Comment est-ce que tu décrirais de façon générale le niveau de stress que tu as vécu pendant ta grossesse?
  - a. Si présence de stress...
    - i. J'aimerais discuter avec toi des événements stressants que tu as vécus pendant ta grossesse. Pour nous aider à faire la chronologie de ton histoire de grossesse je vais prendre en note les événements stressants que tu as vécus pendant ta grossesse.
      - 1. Quelle était la source de ton stress?
      - 2. Peux-tu me décrire la situation stressante que tu as vécue?
      - 3. Comment as-tu réagi face au stress?
      - 4. Qu'est-ce que tu as fait pour essayer de te sentir mieux quand tu étais stressée?
      - 5. Vers qui ou quoi tu te tournais quand tu étais stressée pendant ta grossesse?
      - 6. À quel point tu penses que la façon dont tu as géré ton stress a été efficace?
      - 7. À quel point tu penses que tu as eu du contrôle sur ton stress?
    - ii. Dans quelle mesure penses-tu que le stress que tu as vécu pendant ta grossesse a pu influencer la santé et le développement de ton enfant?
    - iii. À quel point tu penses que la façon dont tu as géré ton stress a pu avoir une influence sur ton bébé?
    - iv. Qu'est-ce qui aurait pu te protéger du stress pendant ta dernière grossesse?
  - b. Si absence de stress...
    - i. Qu'est-ce qui fait que tu n'as pas vécu de stress au cours de ta grossesse?
    - ii. Qu'as-tu fait pour ne pas être stressée pendant ta grossesse?
    - iii. Qu'est-ce qui t'a protégée du stress pendant ta grossesse?

## **2<sup>ème</sup> partie : Besoins informationnels sur le stress pendant la grossesse**

- 1. À quel point tu penses que c'est important d'informer les femmes au sujet du stress pendant la grossesse?
- 2. Qu'est-ce qui te préoccupait le plus pendant ta grossesse?
  - a. À propos de quoi cherchais-tu le plus d'informations?
  - b. Vers qui ou quoi tu te tournais quand tu avais des questionnements pendant ta grossesse? À qui ou quoi tu te référais?
    - i. Pourquoi?

3. Est-ce que ça t'est arrivé de te poser des questions par rapport au stress pendant ta grossesse? Lors de ta dernière grossesse, est-ce qu'il t'est arrivé de vouloir obtenir de l'information au sujet du stress pendant la grossesse?
  - a. Si oui...
    - i. As-tu demandé/cherché de l'information à ce sujet pendant ta grossesse?
    - ii. Vers qui ou quoi t'es-tu tournée pour aller chercher de l'information au sujet du stress pendant la grossesse?
    - iii. As-tu trouvé l'information que tu recherchais?
    - iv. Comment t'es-tu sentie en recevant ces informations?
    - v. À quoi as-tu pensé en recevant ces informations?
    - vi. Étais-tu satisfaite de l'information que tu as trouvée?
    - vii. Est-ce que les informations que tu as trouvées t'ont été utiles?
      1. Comment t'ont-elles aidée concrètement?
  
4. As-tu déjà reçu de l'information au sujet du stress pendant la grossesse sans avoir demandé à en recevoir?
  - a. Si oui...
    - i. Qui ou quoi t'as fourni de l'information à ce sujet? Lister toutes les sources.
      1. Quand as-tu reçu ces informations?
      2. Quelles informations as-tu reçues?
      3. Est-ce que tu voulais recevoir ces informations?
      4. Comment tu t'es sentie en recevant ces informations?
      5. À quoi as-tu pensé en recevant ces informations?
      6. Étais-tu satisfaite des informations que tu as reçues?
        - a. Qu'est-ce qui t'aurait plus satisfaite?
      7. Est-ce que les informations que tu as trouvées t'ont été utiles?
        - a. Comment t'ont-elles aidée concrètement?
  - b. Si non...
    - i. As-tu souvenir qu'on te parle de stress pendant ta grossesse? (Que ce soit de la part des professionnels de la santé ou l'entourage).
    - ii. Est-ce qu'il y avait des gens dans ton entourage qui partageaient avec toi des croyances par rapport au stress pendant la grossesse? (p.ex. si tu stresse pendant ta grossesse, voici ce qui va arriver, tu ne devrais pas stresser parce que...)
    - iii. Comment tu te sens par rapport au fait que tu n'aies pas reçu d'information à ce sujet?
  
5. Aurais-tu souhaité recevoir des/d'autres informations au sujet du stress pendant la grossesse? Aurais-tu souhaité en apprendre davantage à ce sujet pendant ta grossesse?
  - a. De la part de qui ou de quoi?
  - b. Quelles informations aurais-tu souhaité recevoir?
  - c. Quelles informations aurais-tu souhaité ne pas recevoir?
  - d. Quel aurait été le meilleur moment pour toi pour recevoir ces informations?

- i. Avant la grossesse? Pendant la grossesse? 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> trimestre? Après la grossesse? Jamais?
  1. Pourquoi?

### **3<sup>e</sup> partie : Stratégie de transfert des connaissances éthique**

La littérature scientifique nous apprend que le stress pendant la grossesse qui est associé aux catastrophes naturelles a bel et bien une influence sur la santé et le développement de l'enfant. Notre équipe réalise présentement une revue systématique afin de déterminer l'ampleur de ce risque.

\*Notez si la femme demande plus d'information à ce sujet de façon spontanée. Regarder dans le questionnaire si la femme est intéressée à recevoir plus d'information à ce sujet.

L'effet du stress pendant la grossesse est réel, le stress a par contre un effet qui peut être mineur, faible, mais durable. On ne pourrait pas vraiment faire le lien direct entre le stress vécu par une femme pendant sa grossesse et la santé et le développement de son enfant. On ne peut pas voir les conséquences au niveau individuel, il faut regarder au niveau de la population pour remarquer des tendances générales. Normalement, les conséquences ne sont pas si flagrantes que ça. Cependant on sait que le stress pendant la grossesse peut faire en sorte que l'enfant ne se développe pas à son plein potentiel. On ne sait pas si ce sont les difficultés liées à l'événement en soi, le niveau de détresse psychologique face à l'événement ou l'évaluation de l'événement comme étant positif, négatif ou neutre qui peut engendrer un effet sur la santé et le développement de l'enfant. L'effet du stress est plus faible que celui de la génétique ou de la consommation d'alcool abusive. Par exemple, une étude suggère que les enfants dont les mères ont vécu du stress pendant la grossesse peuvent avoir un IMC plus élevé, puis les mettre à risque de développer de l'obésité pendant l'enfance et l'adolescence. Une autre étude suggère les enfants dont les mères ont vécu du stress pendant la grossesse peuvent développer des habiletés d'apprentissages plus faibles que si elles n'en avaient pas vécu. L'enfant aurait une note dans un travail scolaire de B au lieu d'un B+ par exemple.

1. Comment penses-tu qu'il serait possible d'informer les femmes enceintes au sujet du stress pendant la grossesse sans les stresser davantage?
  - a. Y a-t-il des messagers qu'il faudrait préconiser ou éviter pour informer les femmes enceintes au sujet du stress pendant la grossesse? (p.ex. médecin, infirmière, sage-femme)
  - b. Y a-t-il des moyens de communication qu'il faudrait préconiser ou éviter? (p.ex. Web, classes prénatales, livre, guide du gouvernement : Mieux vivre avec notre enfant de la grossesse à deux ans)
  - c. Quand faudrait-il éviter de parler des conséquences du stress pendant la grossesse avec les femmes enceintes?
  - d. À quel point faudrait-il que le stress ait une influence sur la santé et le développement de l'enfant pour qu'il soit important d'en informer les femmes enceintes? (p.ex. risque faible, modéré, élevé, catastrophique)
  - e. Comment est-ce qu'on devrait parler aux femmes des risques du stress pendant la grossesse si la source de stress est...
    - i. Contrôlable (p.ex. mariage, déménagement)?
    - ii. Incontrôlable (p.ex. catastrophe naturelle)? Est-ce que ça vaut la peine d'en parler si les femmes n'ont pas de contrôle sur la source de stress?

- f. Pendant ton suivi, tu étais déjà bombardée d'informations, comment penses-tu qu'on pourrait trouver de la place pour parler de stress pendant la grossesse?
- g. Qu'est-ce qu'on devrait dire aux femmes enceintes par rapport au stress pendant la grossesse?
- h. Qu'est-ce qu'on ne devrait pas dire aux femmes enceintes par rapport au stress pendant la grossesse?
- i. À qui devrait-on donner de l'information au sujet du stress pendant la grossesse? (p.ex. seulement aux femmes qui en demandent, seulement aux femmes qui rapportent vivre une situation stressante, à toutes les femmes, même celles qui n'en demandent pas, d'autres personnes)

**4<sup>e</sup> partie : Fin de l'entretien**

1. Je vous ai posé toutes les questions auxquelles je voulais que vous répondiez. Y aurait-il quelque chose que vous voudriez ajouter avant de terminer l'entretien?

## Références

- Bromet, E., & Dew, M. A. (1995). Review of psychiatric epidemiologic research on disasters. *Epidemiol Rev*, 17(1), 113-119. doi:10.1093/oxfordjournals.epirev.a036166
- Brunet, A., Weiss, D. S., Metzler, T. J., Best, S. R., Neylan, T. C., Rogers, C., . . . Marmar, C. R. (2001). The Peritraumatic Distress Inventory: a proposed measure of PTSD criterion A2. *Am J Psychiatry*, 158(9), 1480-1485. doi:10.1176/appi.ajp.158.9.1480
- Hale, B. (2007). Culpability and blame after pregnancy loss. *J Med Ethics*, 33(1), 24-27. doi:10.1136/jme.2005.015560
- Hildreth, J. R., Vickers, M. H., Wall, C. R., & Bay, J. L. (2021). First 1000 days: New Zealand Mothers' perceptions of early life nutrition resources. *J Dev Orig Health Dis*, 1-7. doi:10.1017/S2040174420001336
- Kiesler, D. J., & Auerbach, S. M. (2006). Optimal matches of patient preferences for information, decision-making and interpersonal behavior: evidence, models and interventions. *Patient Educ Couns*, 61(3), 319-341. doi:10.1016/j.pec.2005.08.002
- Kingston, D., & Chalmers, B. (2009). Prenatal information. In *What Mothers Say: The Canadian Maternity Experiences Survey* (pp. 51-56): Public Health Agency of Canada.
- Lafortune, S., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Li, X., Lebel, S., Dagenais, C., & King, S. (2021). Effect of Natural Disaster-Related Prenatal Maternal Stress on Child Development and Health: A Meta-Analytic Review. *Int J Environ Res Public Health*, 18(16), 8332. doi:10.3390/ijerph18168332
- Laplante, D. P., Barr, R. G., Brunet, A., Galbaud du Fort, G., Meaney, M. L., Saucier, J.-F., . . . King, S. (2004). Stress during pregnancy affects general intellectual and language functioning in human toddlers. *Pediatr Res*, 56(3), 400-410. doi:10.1203/01.PDR.0000136281.34035.44
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*: Springer Publishing Company.
- Marmar, C. R., Weiss, D. S., Schlenger, W. E., Fairbank, J. A., Jordan, B. K., Kulka, R. A., & Hough, R. L. (1994). Peritraumatic dissociation and posttraumatic stress in male Vietnam theater veterans. *Am J Psychiatry*. doi:10.1176/ajp.151.6.902
- Mason, M. (2010). *Sample size and saturation in PhD studies using qualitative interviews*. Paper presented at the Forum qualitative Sozialforschung/Forum: qualitative social research.
- Miller, S. M., & Mangan, C. E. (1983). Interacting effects of information and coping style in adapting to gynecologic stress: should the doctor tell all? *J Pers Soc Psychol*, 45(1), 223. doi:10.1037//0022-3514.45.1.223
- Morse, J. M. (2000). Determining sample size. *Qual Health Res*, 10(1), 3-5. doi:10.1177/104973200129118183
- Nasrabadi, A. N., Sabzevari, S., & Bonabi, T. N. (2015). Women empowerment through Health information seeking: a qualitative study. *Int J Community Based Nurs Midwifery*, 3(2), 105.
- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*: Sage publications.
- Pires, A. (1997). Échantillonnage et recherche qualitative : essai théorique et méthodologique. In G. Morin (Ed.), *La recherche qualitative. Enjeux épistémologiques et méthodologiques* (pp. 113-169). Montréal.

- Singh, D., Newburn, M., Smith, N., & Wiggins, M. (2002). The information needs of first-time pregnant mothers. *Br J Midwifery*, *10*(1), 54-58. doi:10.12968/bjom.2002.10.1.10054
- Weiss, D. S. (2007). The impact of event scale: revised. In *Cross-cultural assessment of psychological trauma and PTSD* (pp. 219-238): Springer.
- Wennberg, A. L., Lundqvist, A., Högberg, U., Sandström, H., & Hamberg, K. (2013). Women's experiences of dietary advice and dietary changes during pregnancy. *Midwifery*, *29*(9), 1027-1034. doi:10.1016/j.midw.2012.09.005

## **Discussion**

Dans la section qui suit, un retour sur le but général, les objectifs et les faits saillants des articles de la thèse et les résultats préliminaires des entretiens avec les mères seront présentés. Nous intégrerons ensuite le tout pour mener une analyse approfondie des résultats. Pour ce faire, nous présenterons d'abord comment les résultats issus de la revue méta-analytique soutiennent la validité des items du questionnaire SPARK. Puis, nous aborderons la différence de niveau de connaissances entre les femmes des deux cohortes. Nous discuterons ensuite du niveau d'accord des femmes avec les données probantes. Ensuite, nous présenterons les contributions théoriques de cette thèse au domaine du SMP associé aux catastrophes naturelles en soulignant des limites du domaine, soit la difficulté à réaliser des collectes de données pré-post, les échantillons aux propriétés difficilement généralisables, le manque de partage des outils entre les équipes de recherche et l'influence du sexe sur l'association entre le SMP et le développement de l'enfant qui n'est pas rapportée de façon systématique. Nous aborderons ensuite les contributions que génère cette thèse en santé publique en abordant la présente pandémie mondiale de COVID-19. Nous poursuivrons par une présentation des limites et des forces de la thèse dans sa globalité. Nous présenterons également les pistes de recherche futures en exposant comment nous pourrions poursuivre ou améliorer ce qui a été fait dans le cadre de cette thèse.

### **Faits saillants de la thèse**

#### **Rappel du but général de la thèse**

Le but général de cette thèse est de déterminer la pertinence d'informer les femmes enceintes des conséquences du SMP associé à une catastrophe naturelle sur le développement de leur enfant tout en gardant comme ligne directrice de trouver comment informer les femmes enceintes à ce sujet sans les stresser davantage. Nous avons utilisé le modèle des catastrophes

naturelles, car il s'agit d'un facteur de stress qui se distribue de façon quasi-aléatoire dans la population et qui est indépendant des caractéristiques parentales. Ce modèle permet de distinguer les différentes composantes du stress (p.ex. difficultés objectives (perte, changement, menace et étendue), détresse psychologique). Ces composantes pourraient être reprises avec n'importe quel autre facteur de stress dans les recherches futures.

### **Retour sur le premier article**

Le premier article de la thèse a mené à la quantification de l'effet du SMP associé à une catastrophe naturelle sur le développement de l'enfant. Les méta-analyses comportant en tout 296 résultats individuels issus de 30 articles publiés ont permis de déterminer que le SMP associé à une catastrophe naturelle a un effet sur les caractéristiques à la naissance ainsi que sur les sphères de développement cognitif, moteur, physique, socio-émotionnel et comportementale de l'enfant. Les effets principaux trouvés du SMP sont petits ( $r=0.0547 - 0.1206$  (95% CI = [0.0256; 0.1696])), mais ils sont durables et généralisés à travers les sphères de développement (Cohen, 1988). D'autres facteurs contribuent à la compréhension du développement de l'enfant (p.ex. génétique, environnement, et interaction entre la génétique et l'environnement). Le développement cognitif serait le plus affecté par le SMP, alors que les caractéristiques à la naissance seraient les moins touchées. Le modèle des catastrophes naturelles utilisé par le groupe SPIRAL a fait en sorte que nous avons pu déterminer l'effet de chacune des composantes du SMP entrant dans l'association entre le SMP et le développement de l'enfant. Les méta-régressions ont révélé que les difficultés objectives, la détresse psychologique et le changement de diète sont significativement associés au développement de l'enfant, alors que ce genre d'association avec l'évaluation cognitive n'a pas été appuyé. Ensuite, en ce qui concerne le type de catastrophe naturelle, les résultats suggèrent que



l'exposition à une tempête de verglas pendant la période prénatale affecte significativement plus le développement de l'enfant que l'exposition à une inondation.

### **Retour sur le second article**

Le second article de la thèse vise à déterminer les besoins informationnels des femmes enceintes en lien avec les conséquences du SMP associées à une catastrophe naturelle sur le développement de l'enfant. Cet article permet d'emboîter le pas à d'autres études sur les besoins informationnels des futures mères au sujet de facteurs de risque incontrôlables pendant la grossesse. Des femmes qui ont subi les feux de forêt à Fort McMurray pendant leur grossesse et un échantillon de comparaison de femmes à Montréal ont été sondées pour déterminer dans quelle mesure elles sont d'accord avec des énoncés reflétant les effets de la recherche sur le SMP. Selon nos résultats, de façon générale, les mères sont en accord avec les énoncés basés sur la recherche, mais elles n'ont pas un niveau de connaissances optimal au sujet du SMP. Les mères des deux cohortes de femmes rapportaient des connaissances au sujet des conséquences concrètes du SMP sur le développement cognitif, comportemental, physique et moteur qui étaient significativement inférieures à leurs connaissances sur l'influence des différentes composantes du stress et sur celle du moment d'exposition à une catastrophe naturelle sur la santé et le développement de l'enfant. La majorité des femmes (63,9% à Fort McMurray et 67,9% à Montréal) rapportent également qu'elles auraient aimé en savoir davantage au sujet du SMP au cours de leur dernière grossesse. Par la suite, seulement dans la cohorte ayant vécu une catastrophe naturelle au cours de la grossesse, nous avons trouvé des interactions entre la sévérité du SMP (les réactions péri-traumatiques) ainsi que l'âge, le soutien social et le désir d'en avoir su plus au sujet du SMP lors de leur dernière grossesse sur le niveau de connaissances des femmes. Dans le cas où les mères rapportaient des niveaux inférieurs de stress péri-traumatique pendant les feux de forêt, plus les

femmes étaient âgées ou plus elles avaient de personnes pour les soutenir socialement, plus leur niveau de connaissances au sujet du SMP était élevé. De plus, lorsque les mères rapportaient de faibles niveaux de dissociation péri-traumatique pendant les feux de forêt, les femmes qui ne savaient pas si elles auraient aimé en savoir plus avaient significativement moins de connaissances que celles qui auraient aimé en savoir plus et celles qui n'auraient pas aimé savoir plus. Ce sont donc les femmes plus jeunes, plus isolées socialement ou hésitantes par rapport au fait de recevoir davantage d'informations au sujet du SMP au cours de leur dernière grossesse que l'on devrait tenter de renseigner au sujet du SMP.

### **Retour sur les résultats préliminaires des entretiens avec les mères**

Interrompus par la pandémie de COVID-19, nous avons complété neuf entretiens avec des mères de Montréal. Ces entretiens ont permis de mettre en lumière le vécu et les connaissances de base des participantes au sujet du SMP. L'analyse de leur discours a révélé certains paramètres à considérer dans l'élaboration d'une stratégie de transfert des connaissances tels qu'un ton non culpabilisant. Les femmes ont également souligné l'importance des professionnels de la santé comme messagers.

### **Réflexion intégrative**

La section qui suit se veut une synthèse globale permettant de dresser des ponts entre différentes idées se retrouvant parallèlement entre les parties qui composent la thèse.

### **Des items validés par les données probantes**

Les résultats de la revue méta-analytique confirment de manière générale que les items se retrouvant dans le questionnaire SPARK sont valides. Le SMP a effectivement un effet sur l'ensemble des sphères du développement de l'enfant, comme le présentent les items du SPARK au sujet des conséquences que peut avoir le SMP. Les difficultés objectives et la détresse

psychologique affectent significativement le développement de l'enfant, tel que l'affirment les items du SPARK au sujet de l'effet de ces composantes. Puis, tout comme il a été déterminé dans la revue méta-analytique, que l'exposition à une catastrophe naturelle survienne pendant la période pré-conceptionnelle ou pendant la grossesse, le SMP semble avoir un effet sur différentes sphères du développement. Certains énoncés font cependant exception et n'ont pas été validés par la revue méta-analytique. C'est le cas de l'item affirmant l'effet de l'évaluation cognitive sur le développement de l'enfant : « À quel point êtes-vous en accord ou en désaccord que vivre une catastrophe naturelle (par exemple, inondation, verglas, tremblement de terre, feu de forêt) pendant sa grossesse peut influencer la santé et le développement de l'enfant à naître si la femme enceinte perçoit que la catastrophe a des conséquences négatives sur elle et sa famille? ». Les résultats de la revue suggèrent effectivement que l'évaluation cognitive de la mère n'aurait pas d'effet significatif sur le développement de l'enfant. Un autre item dont le contenu n'a pas pu être démontré dans le cadre de cette revue est celui affirmant l'effet d'interaction entre les difficultés objectives et la détresse psychologique de la femme enceinte sur le développement de l'enfant : « À quel point êtes-vous en accord ou en désaccord que vivre une catastrophe naturelle pendant la grossesse peut influencer la santé et le développement de l'enfant à naître même si la femme enceinte demeure calme pendant la catastrophe? ». Ce dernier item n'a pas pu être validé, car la revue ne concernait que l'effet direct du SMP sur le développement de l'enfant et ne considérait pas les autres modèles d'analyses plus complexes comme les modérations.

Des études dans la littérature plus élargie soutiennent l'influence des autres composantes du SMP sur le développement de l'enfant, soit les difficultés objectives, la détresse psychologique et le changement de diète. Une revue a déjà décrit comment étudier l'effet des difficultés objectives associées à une catastrophe naturelle en utilisant certaines mesures : le degré de menace et de perte,

le changement (p.ex. le déplacement de la personne de son domicile) et l'étendue (p.ex. la proportion de la communauté affectée par le trauma) (Bromet & Dew, 1995).

Des études épidémiologiques à grande échelle utilisant des données populationnelles suggèrent que des événements de la vie objectifs et indépendants, tels que l'exposition à une catastrophe naturelle (Beuermann & Pecha, 2020; Fuller, 2014; Hanjahanja-Phiri, 2018; Kinney, Munir, Crowley, & Miller, 2008; Kumar, Molitor, & Vollmer, 2016; Rosales-Rueda, 2018; Torche, 2018), le décès du mari de la femme enceinte ou d'un autre membre de la famille (Khashan et al., 2012; J. Li et al., 2010) pendant la grossesse augmentent le risque d'une variété de problèmes développementaux chez l'enfant. Ainsi, nos résultats issus de la revue méta-analytique basée sur des études prospectives d'échantillons exposés à une catastrophe naturelle et montrant les effets de la gravité réelle des difficultés objectives subies, car rapportées par la mère et non pas estimée, sont cohérents avec ces études antérieures.

La détresse psychologique est certainement l'une des composantes du SMP qui a été la plus étudiée. Une revue de la littérature (Field, 2011) suggère par exemple que la dépression prénatale serait associée à une plus grande incidence de prématurité, un plus faible poids à la naissance, des difficultés de sommeil une moins grande réactivité à la stimulation chez le nouveau-né, puis à un tempérament difficile, des problèmes attentionnels, émotionnels et comportementaux au cours de l'enfance et de l'adolescence. Une autre revue de la littérature de la même auteure (Field, 2017) soutient que l'anxiété prénatale serait quant à elle associée à un âge gestationnel plus court, une plus grande incidence de prématurité, et moins d'autorégulation lors de la procédure de la piqûre au talon à la naissance, puis à des difficultés sur le plan physiologique (p.ex. plus faible immunité) et émotionnel (p.ex. plus grande émotivité négative, problèmes intériorisés) chez l'enfant. Il est cependant même difficile de déterminer les conséquences qui sont attribuables à la

dépression ou à l'anxiété prénatales de façon distincte étant donné que ce sont fréquemment des comorbidités (Field et al., 2010). Cette thèse vient donc contribuer à la littérature en présentant les conséquences distinctes pouvant être associées au degré d'exposition à un événement indépendant de la mère, ainsi qu'au degré de détresse psychologique de la mère.

Une autre composante du SMP que nous avons pu étudier est le changement de diète lié à l'exposition à une catastrophe naturelle. Il est possible que le changement de diète représente plus une conséquence qu'une composante du SMP. Dans certains cas, cela pourrait être une conséquence des difficultés objectives vécues par la femme si la catastrophe crée par exemple une difficulté d'approvisionnement en nourriture. Dans d'autres cas, un changement de diète pourrait être la conséquence d'une détresse psychologique affectant l'appétit de la personne stressée. Il est donc difficile de savoir comment caractériser un changement de diète à moins d'avoir plus d'informations sur les raisons individuelles du changement.

La nutrition est l'un des thèmes les plus recherchés sur Internet par les femmes enceintes (Sayakhot & Carolan-Olah, 2016). Plusieurs recommandations existent quant à l'alimentation des femmes enceintes en ce qui concerne leur apport en micro et macronutriments (p.ex. protéines, acides gras, glucides, fibres, fer, iode, calcium, vitamine D, folates) (Danielewicz et al., 2017; World Health Organization, 2016). Les résultats de notre méta-analyse viennent soutenir l'importance de poursuivre la sensibilisation des femmes à ce sujet en rapportant des effets significatifs d'un changement de diète sur les caractéristiques à la naissance de l'enfant.

Bien que nous n'ayons trouvé aucun effet significatif de l'évaluation cognitive de la mère sur le développement de l'enfant dans la méta-analyse, les résultats du Projet Verglas suggèrent que l'évaluation cognitive associée à la tempête de verglas pourrait cependant modifier la méthylation de l'ADN de gènes impliqués dans plusieurs voies biologiques différentes,

principalement présentes dans la fonction immunitaire, chez les enfants, même après plus de 13 ans (Cao-Lei et al., 2015). L'évaluation cognitive pourrait ainsi influencer l'indice de masse corporelle et l'adiposité centrale (Cao-Lei et al., 2016) ainsi que la sécrétion du peptide C (Cao-Lei et al., 2018) via la méthylation de l'ADN des gènes impliqués dans les voies du diabète de type 1 et 2. Il est tout à fait remarquable que la façon dont la femme enceinte perçoit la catastrophe, indépendamment de sa détresse à son égard, puisse modifier le développement du fœtus. À ce jour, rien n'indique par quel mécanisme biologique l'effet des pensées de la femme pourrait atteindre le fœtus et en modifier son profil épigénétique. Une autre étude s'intéressant au rôle de l'évaluation cognitive sur la trajectoire de symptômes de dépression et d'anxiété maternelles six ans après la naissance de l'enfant suggère qu'une plus grande détresse péri-traumatique au moment d'une inondation serait associée à des symptômes plus graves de dépression et d'anxiété maternelle au fil du temps, mais seulement lorsque l'évaluation cognitive de la femme était négative, et non pas lorsqu'elle était positive ou neutre (Paquin, Elgbeili, Laplante, Kildea, & King, 2021). Ainsi, le rôle de l'évaluation cognitive pourrait être celui d'un prédicteur dont on pourrait observer l'effet principal lui-même sur le développement de l'enfant ou celui d'un modérateur d'autres facteurs du SMP.

Les façons dont les composantes du SMP et les différents facteurs de risque interagissent pour influencer le développement de l'enfant n'ont pas encore fait l'objet d'une revue systématique à ce jour, mais plusieurs études existent déjà sur le sujet. Dans le cadre de notre revue méta-analytique, nous avons quantifié l'effet direct du SMP sur le développement de l'enfant, mais la littérature sur le SMP est truffée d'exemples où le SMP affecte le développement de l'enfant dans des modèles plus complexes, que ce soit des modérations (Austin et al., 2017; Laplante et al., 2019), des médiations (Dancause et al., 2017; McLean, Cobham, Simcock, Kildea, & King, 2019),

des médiations modérées (Jones et al., 2019; Kroska et al., 2018), des médiations sérielles (Moss et al., 2018), des modèles mixtes (Simcock, Laplante, Elgbeili, Kildea, & King, 2018), des modèles mixtes longitudinaux (Liu, Dancause, Elgbeili, Laplante, & King, 2016), ou encore des modèles d'équations structurelles à décalage croisé (Simcock et al., 2019). Bref, la revue méta-analytique rapportant les effets directs du SMP sur le développement de l'enfant était un premier pas, mais il sera important d'élargir les futures revues systématiques de la littérature sur le SMP afin de capturer toute la complexité des modèles pouvant expliquer l'effet du SMP sur le développement de l'enfant.

Malgré que notre revue méta-analytique n'ait pas pu vérifier l'effet d'interaction entre les difficultés objectives et la détresse psychologique de la femme sur le développement de l'enfant, la littérature suggère que cette interaction puisse avoir un effet sur l'intégration visuomotrice à 5½ ans (Cao, Laplante, Brunet, Ciampi, & King, 2014), la composante de tempérament activité-réactivité à 6 mois (Simcock et al., 2017); la trajectoire de développement de l'adiposité centrale de 5 à 15 ans (Liu et al., 2016); la longueur du bébé à la naissance (Dancause et al., 2011); et les traits autistiques à l'âge de 6½ ans (Walder et al., 2014). Selon ces études, les enfants des femmes qui « sur-réagissent » ou « sous-réagissent » par rapport aux difficultés objectives présentent les pires résultats.

La méthodologie de la revue-méta-analytique n'a pas permis de déterminer l'effet modérateur du trimestre de la grossesse et de la période pré-conceptionnelle, car les études ne rapportaient pas leurs résultats pour chacune des périodes gestationnelles de façon systématique. Nous n'avons pu que conclure à l'association entre le SMP et le développement de l'enfant peu importe si les études incluaient, ou non, les participantes ayant été exposées pendant la période pré-conceptionnelle à la catastrophe naturelle. La littérature suggère pour l'instant que l'exposition

à des événements de vie stressant (p.ex. maladie sévère ou mort d'un proche) avant la conception de l'enfant serait associée à une naissance prématurée (Khashan et al., 2009), un plus petit poids à la naissance (Khashan et al., 2008; Precht, Andersen, & Olsen, 2007) et un plus grand risque de mortalité infantile (Class, Khashan, Lichtenstein, Långström, & D'Onofrio, 2013; Class et al., 2015). Peu d'études rapportent cependant les conséquences du SMP associé à des catastrophes naturelles avant la conception sur les différentes sphères de développement de l'enfant. Une étude suggère par exemple que l'indice de masse corporelle des enfants à 5½ ans médie l'association entre les difficultés objectives associées à une tempête de verglas et l'âge d'apparition des menstruations des filles, et ce, peu importe le moment d'exposition à la catastrophe, soit de la préconception au troisième trimestre (Duchesne, Liu, Jones, Laplante, & King, 2017). Les prochaines revues de la littérature pourraient tenter de spécifier les périodes d'exposition les plus vulnérables pour le développement de l'enfant, mais pour ce faire, les études devraient rapporter leurs résultats pour chaque période d'exposition de façon séparée.

Enfin, il serait intéressant que de futures revues méta-analytiques se concentrent sur l'effet du SMP sur les caractéristiques de l'enfant rapportées de façon dichotomiques (p.ex. naissance prématurée, mort du bébé, plus faible poids à la naissance, diagnostic de trouble de santé mentale ou physique). La littérature sur ce genre de conséquences abonde déjà également (Álvarez-Aranda, Chirkova, & Romero, 2020; Cao-Lei, Elgbeili, Szyf, Laplante, & King, 2019; Christopher, Kitsantas, Spooner, Robare, & Hanfling, 2019).

Comme il s'agissait de notre première revue systématique, nous avons utilisé une méthode traditionnelle. Une méthode alternative qui aurait été des plus pertinente en contexte de changement climatique est la revue systématique vivante (Millard, Synnot, Elliott, & Turner, 2019). C'est une revue systématique qui est continuellement mise à jour, qui incorpore de



nouvelles données probantes au fur et à mesure qu'elles deviennent disponibles. Nous n'avions par contre pas les ressources humaines familières avec le processus de revue et le domaine de recherche pour soutenir ce processus à long terme.

### **Des différences de niveaux de connaissances difficilement explicables**

En regard des résultats de la revue méta-analytique qui confirment de manière générale les affirmations se retrouvant dans le SPARK, les femmes de Montréal semblent avoir une meilleure connaissance que celles de Fort McMurray des effets des différentes composantes du SMP, de l'effet du moment d'exposition à une catastrophe naturelle, et des conséquences du SMP sur le développement de l'enfant. Comme les deux cohortes sont différentes sur tous les facteurs sociodémographiques, nous ne pouvons attribuer l'effet de l'un d'entre eux au niveau de connaissances des deux cohortes.

### **Les femmes plus ou moins en accord avec la littérature**

Il est cependant intéressant de noter que le même pattern de connaissances est observé chez les deux groupes de femmes (voir Supplément 4 du deuxième article de la thèse). Dans chacun des deux groupes, elles semblent avoir une meilleure connaissance de l'effet des différentes composantes du SMP et de celui du moment d'exposition à une catastrophe naturelle que des conséquences que cela peut avoir sur leur enfant.

### ***Composantes du SMP***

Les femmes des deux cohortes rapportaient un plus grand accord avec l'effet de l'évaluation cognitive et de la détresse psychologique sur le développement de l'enfant que celui des difficultés objectives. Cette dernière observation pourrait s'expliquer par le fait que les femmes espèrent que les difficultés objectives qu'elles ne peuvent contrôler n'auront pas d'effet sur le développement de leur enfant, tandis qu'elles accordent un plus grand crédit aux composantes du

SMP sur lesquelles elles ont une certaine emprise, soit leur détresse psychologique et leur évaluation cognitive de la situation. Ceci va de pair avec l'idée que les femmes tiennent à être tenues responsables de la vie de leur enfant étant donné qu'elles tentent d'agir pour le mieux de leur enfant à naître tout au long de leur grossesse, mais qu'elles ne devraient pas être blâmées pour les conséquences délétères qui affligent leur enfant, car elles agissent sans arrière-pensée reprochable pendant leur grossesse (Hale, 2007). Une autre explication possible au fait que les femmes soient moins convaincues de l'effet des difficultés objectives sur le développement de leur enfant que les autres composantes, est que l'item en lien avec les difficultés objectives se retrouvant dans le questionnaire SPARK ne couvre que le facteur de changement. Nous aurions peut-être obtenu des résultats différents si nous avions ajouté des items au sujet du degré de menace et de perte, en plus de l'étendue de la catastrophe naturelle.

De plus, les cohortes de femmes étaient également toutes deux relativement moins en accord avec l'item affirmant l'effet d'interaction entre les difficultés objectives et la détresse psychologique sur le développement de l'enfant, l'effet de l'exposition à une catastrophe pendant la période pré-conceptionnelle ainsi que les effets du SMP sur le développement cognitif et moteur. Enfin, il est intéressant de remarquer que les réponses des femmes lors des entretiens semi-structurés pour décrire ce en quoi consiste le stress en leurs mots peuvent être catégorisées parmi les composantes du SMP qui ont émergé dans la revue méta-analytique, en plus de la réponse physiologique de la femme qu'il ne nous a pas été possible d'étudier. Bien que les éléments rapportés ne soient pas en lien avec l'expérience d'une catastrophe naturelle, les femmes interviewées à Montréal ont nommé des éléments qui faisaient par exemple référence à des facteurs de difficultés objectives telles que mesurées dans le cadre des études du groupe SPIRAL comme la perte, le changement et la menace.

### ***Moment d'exposition à la catastrophe***

À l'image de la littérature sur le SMP, les deux cohortes de femmes étaient en accord avec le fait que le SMP pendant les trois trimestres de la grossesse peut avoir un effet sur le développement de l'enfant, mais elles étaient moins convaincues de l'effet du stress avant la conception, période pour laquelle davantage de données probantes doivent être cumulées pour vérifier son effet sur les différentes sphères de développement de l'enfant.

### ***Conséquences sur le développement de l'enfant***

Il appert que les femmes semblent savoir que le stress peut être néfaste pour leur enfant, mais qu'elles n'envisagent pas concrètement les problèmes que cela pourrait engendrer chez leur enfant. Elles présentent d'ailleurs le plus faible niveau d'accord avec les conséquences cognitives et motrices. De plus, bien que la revue méta-analytique rapporte que le développement cognitif est le plus affecté par le SMP, les femmes sont relativement moins convaincues de cet effet par rapport à celui sur les caractéristiques à la naissance de leur enfant ainsi que leur développement comportemental, socio-émotionnel et physique.

### **Contributions théoriques et limitations de la thèse**

C'est en prenant un pas de recul par rapport aux deux articles de la thèse et des résultats préliminaires des entretiens avec les mères que certaines limites de notre domaine de recherche sur le SMP se sont révélées. Nous prenons le temps de mettre en lumière ces lacunes dans le domaine afin d'inciter les équipes de recherche à y remédier. Nous proposons certaines pistes de solutions à cet effet.

### **Le manque d'études au design pré-post**

Une mesure pré-post permet d'isoler l'effet d'une variable, mais ce genre de design est difficile à appliquer dans le contexte de l'étude des catastrophes naturelles. Les mesures de SMP

prises à Fort McMurray dans le deuxième article de la thèse et dans la plupart des études composant la revue méta-analytique (p.ex. Projet Verglas) ont été prises à la suite de catastrophes naturelles, sans possibilité de comparer à un taux de base normal avant le désastre. Puisque le SMP n'est pas complètement isolé comme prédicteur, il est difficile de conclure à un lien de cause à effet comme c'est le cas dans les études animales qui constituent des essais contrôlés randomisés. Certaines équipes de recherche ont tout de même été capables d'utiliser le design pré-post en se greffant à des études qui existaient déjà. Il arrive dans de rares cas qu'une étude sur le SMP puisse bénéficier d'un design pré-post en ce qui concerne la santé mentale des femmes. C'est par exemple le cas de l'étude réalisée par le groupe SPIRAL en Iowa à la suite d'une inondation en 2008 (Brock et al., 2014). Cette étude a bénéficié de données (mesures de soutien social, de dépression et de stress maternel prénatal prises *avant* l'inondation) déjà recueillies par une équipe de recherche de l'Université d'Iowa qui y conduisait alors déjà sa propre étude : *Emotional Experiences of Women During Pregnancy* (Nylen, O'Hara, & Engeldinger, 2013). Le recrutement des participantes avait débuté depuis juillet 2007. Le groupe SPIRAL a donc obtenu un échantillon de participantes dont 23.4% avaient déjà complété le protocole de mesures d'expériences émotionnelles avant le point culminant de l'inondation. Le groupe SPIRAL a par la suite récidivé au Queensland à la suite d'une inondation en 2011 (King et al., 2015). L'étude contrôlée randomisée M@NGO (Midwives @ New Group practice Options) comparait l'effet d'un suivi de grossesse standard à celui offert par un des groupes de sages-femmes depuis juin 2010 dans la ville de Brisbane. À la suite de la catastrophe, l'étude sur le SMP s'est donc greffée au projet et a pu bénéficier des données récoltées avant l'inondation par l'équipe de l'Institut de recherche Mater. Ce genre de collaboration permet d'utiliser de meilleurs designs de recherche dans le domaine. De la même façon, un groupe de recherche pourrait se greffer à d'autres études en cours étudiant l'effet du contact peau-à-peau

(Charpak et al., 2017; Matvienko-Sikar & Dockray, 2017) ou des interventions basées sur la pleine conscience (Hulsbosch et al., 2020). Des études antérieures ont en effet démontré comment l'implication du père dans des interventions de contact peau-à-peau peut être bénéfique pour le développement de l'enfant (Charpak et al., 2017).

Une autre possibilité de design est l'étude cas-témoins (ou cas-contrôle) qu'il pourrait être intéressant de concevoir pour établir des associations plus solides entre le SMP et le développement de l'enfant. Il s'agirait de paier les participantes qui ont été exposées à la catastrophe naturelle à d'autres qui ne l'ont pas été, permettant ainsi de contrôler plusieurs variables communes aux deux cohortes. Il serait important que les deux cohortes soient recrutées en même temps pour éviter que les retombées de la catastrophe ne contaminent la population contrôle. Il est en effet possible que certaines femmes aient vécu une catastrophe naturelle avant l'étude de Fort McMurray ou que les feux de Fort McMurray aient pu sensibiliser la population canadienne au sujet des catastrophes naturelles et de leur effet sur les populations en 2016. Il est également possible que certaines femmes montréalaises aient entendu parler du projet de recherche sur les effets du stress pendant la grossesse sur le développement de l'enfant à Fort McMurray. Nous n'avons cependant pas pu mesurer l'effet de ces expériences sur le niveau de connaissances et la recherche d'information des femmes, car nous ne connaissions pas leur niveau de connaissances antérieur à la catastrophe.

La seconde étude de cette thèse a également été limitée par son design. Il était impossible de connaître le niveau de connaissances des femmes enceintes au sujet des conséquences du SMP avant leur expérience de la catastrophe. Un design pré-post aurait permis de connaître le niveau de connaissances des femmes avant la catastrophe et d'isoler l'effet du SMP sur ce résultat. Il serait tout de même possible de mettre en place un design pré-post afin de maintenant vérifier l'effet de

la pandémie de COVID-19 sur le niveau de connaissances des femmes en reconduisant le sondage auprès des femmes des deux cohortes, car elles l'avaient toutes complété avant cette catastrophe biologique mondiale. Enfin, l'ajout d'un volet qualitatif, par exemple la conduite d'entretiens avec les femmes ayant vécu le feu de forêt, aurait permis d'approfondir ce qui a changé dans leur perception du SMP à la suite de cet événement traumatisant pour certaines d'entre elles.

### **Des résultats difficilement généralisables à l'échelle mondiale**

Une seconde limite omniprésente dans le domaine du SMP est le fait que la plupart des études sont conduites sur des populations issues de nations occidentales, éduquées, industrialisées, riches et démocratiques, connues sous l'acronyme WEIRD (Henrich, Heine, & Norenzayan, 2010). La majorité des études incluses dans notre revue méta-analytique ont été conduites en Australie, au Canada et aux États-Unis. Les données utilisées dans la méta-analyse ont été retrouvées dans 30 études au total. Vingt-cinq ont été réalisées par notre groupe de recherche SPIRAL. On parle plus précisément de trois cohortes (Projet Verglas 1998, Iowa Flood Study 2008 et Queensland Flood Study 2011), ce qui représente 475 enfants maximum. Les cinq autres études incluses dans la méta-analyse représentent 1324 enfants. Les études du groupe SPIRAL sont similaires entre elles. Elles ont un devis quasi-expérimental, étudient les mêmes caractéristiques et utilisent les mêmes outils de mesure. Les résultats retrouvés pour certaines caractéristiques proviennent d'échantillons non indépendants. On parle de mesures répétées sur un même groupe à travers le temps. Cela fait en sorte que les résultats retrouvés pendant l'enfance ont plus de chance de se maintenir et d'être retrouvés plus tard dans la vie. Pour assurer une indépendance des résultats, il faudrait idéalement des cohortes indépendantes pour chaque caractéristique développementale, ainsi que pour chaque modérateur, c'est-à-dire chaque tranche d'âge, chaque catastrophe naturelle, chaque informateur et chaque moment d'exposition. Ce serait nécessaire

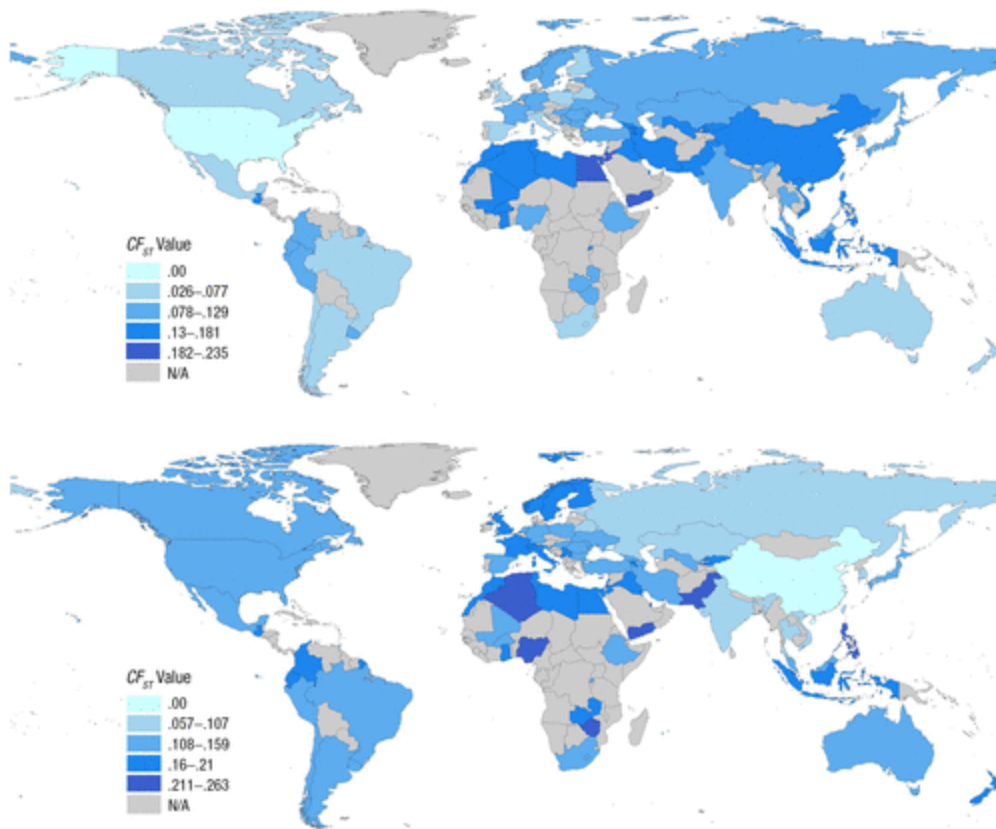
pour présenter l'étendue réelle de l'effet du SMP sur le développement de l'enfant. Il est difficile de déterminer comment l'utilisation de cohortes ayant un statut socioéconomique plus élevé que la population générale peut avoir un effet sur les résultats retrouvés dans la méta-analyse, car nous ne possédons pas de données sur la répartition du SMP au niveau populationnel. Comme le SMP associé aux catastrophes naturelles se répartie de façon quasi-aléatoire dans la population indépendamment des caractéristiques sociodémographiques de la mère, il se peut que les participantes aux études représentent un échantillon avec des niveaux de SMP plus ou moins élevés que ceux de la population. Il est donc possible que les résultats de la méta-analyse surestiment ou sous-estiment l'effet réel du SMP sur le développement de l'enfant.

Notre seconde étude a été conduite sur deux cohortes de femmes qui étaient plus riches que la population dont elles étaient issues. Les exemples d'études dans le domaine qui sont conduites sur des populations défavorisées sont peu nombreux (p.ex. (Pomer et al., 2018)). Il est à se demander si ce qui explique une telle sous-représentation des personnes issues de milieux socioéconomiques plus faibles pourrait être le simple fait que ces personnes disposent peut-être de moins de ressources pour s'adapter à la survenue d'une catastrophe naturelle et ne disposent ainsi pas du temps et de l'énergie nécessaires pour prendre part à une étude. Il faudrait sonder ces personnes au sujet d'une potentielle rétribution qui les inciterait à participer à une étude et les dégagerait d'un poids dans une sphère de leur vie (p.ex. compensation financière selon le revenu, soutien psychologique). Dans un autre ordre d'idées, si nous ne pouvons rejoindre ces femmes pour qu'elles participent aux études, il serait important d'impliquer les groupes communautaires pour femmes enceintes dans un processus de TC. Ce genre de groupe pourrait alors permettre aux femmes de se retrouver dans un espace où elles pourraient à la fois trouver du support social et des informations utiles. Une étude récente (Muthukrishna et al., 2020) a cartographié les distances

culturelles et psychologiques entre les différentes sociétés du monde par rapport aux États-Unis, qui dominent la recherche en sciences de la santé, et la Chine, pays ayant la plus grande population mondiale, la deuxième économie mondiale et dont la production de données probantes a connu une montée fulgurante au cours de la dernière décennie (White, 2019). Pour calculer les distances culturelles et psychologiques, les auteurs ont inclus dans leur index des valeurs, des croyances et des comportements qu'ils ont jugés culturellement transmissibles, mais ont exclu les questions spécifiques à une région (Muthukrishna et al., 2020). Des exemples d'items incluent l'importance dans la vie de diverses valeurs (p.ex. famille, amis, temps de loisirs, politique, religion); les qualités importantes chez les enfants (p.ex. indépendance, imagination, tolérance et respect envers les autres, altruisme, obéissance) et le temps passé avec les parents et les proches, les amis, les collègues du travail. L'index représente le rapport de la variance inter- (entre les deux populations) et intra-groupes (à l'intérieur d'une même population) des réponses à une dimension particulière dans le profil culturel des individus dans deux populations. Si les différences par paires sont les mêmes, les populations sont identiques (index = 0). Si les deux populations de taille égale sont plus homogènes (les différences intra-groupes sont faibles) mais différentes (les différences inter-groupe sont élevées), on obtient la distance maximale (index = 1).

Ces images frappantes (Figure 1) illustrent les différences significatives entre les États-Unis, la Chine et plus de 80 autres pays et ne font que marteler l'importance de réaliser des études sur diverses régions du monde afin d'en capter toute la complexité.





*Figure 1.* Distances culturelles entre les pays et les États-Unis (carte du haut) et la Chine (carte du bas) comme points de référence (Muthukrishna et al., 2020).

### **Des outils qui gagneraient à être partagés**

En réalisant la revue méta-analytique, il fut aisé de remarquer que la plupart des outils utilisés pour mesurer le SMP associé aux catastrophes naturelles sont des créations originales élaborées par les équipes de recherche, pour mesurer des concepts uniques. Le groupe SPIRAL a élaboré au fil de ses projets de recherche différents outils de mesure des difficultés objectives pour s'adapter aux catastrophes naturelles qu'il étudiait. Leur premier outil a été élaboré pour mesurer les difficultés objectives vécues par les femmes en lien avec une tempête de verglas : Storm32 (Laplante et al., 2004). Des données, obtenues auprès d'un sous-échantillon de femmes de l'étude avec six ans d'écart, ont démontré que seules les sous-échelles mesurant les facteurs d'étendue ( $r = 0.80$ ), de changement ( $r = 0.83$ ) et de perte ( $r = 0.69$ ) présentaient une fiabilité test-retest, mais

ce n'était pas le cas pour la sous-échelle mesurant la menace ( $r = 0.43$ ) (St-Hilaire et al., 2015). Par conséquent, certaines études subséquentes ont employé une version abrégée qui écartait ce facteur : Storm24 (Duchesne et al., 2017; St-Hilaire et al., 2015). Le groupe SPIRAL a par la suite adapté le Storm32 pour mesurer les difficultés objectives rencontrées par les femmes dans le cadre d'inondations (IF100 (Brock et al., 2014) et QFOSS (King et al., 2015)), puis de feux de forêt (MOMSS200) (Hyde et al., 2021) et d'un ouragan (HOSS (Paquin, Bick, et al., 2021)). Les équipes de recherche dans le domaine du SMP gagneraient à partager ces outils entre elles et à les adapter pour d'autres catastrophes naturelles (p.ex. tremblement de terre), car cela faciliterait le cumul et la comparaison des résultats de recherche. Nous nous sommes nous-mêmes butés à cette problématique dans notre étude visant l'évaluation des besoins informationnels des femmes enceintes : il n'existait pas d'outil pour mesurer les connaissances des femmes au sujet des conséquences du SMP associé aux catastrophes naturelles sur le développement de l'enfant. Les questionnaires précédemment utilisés par d'autres équipes de recherche au sujet de comportements à risque au cours de la grossesse étaient également des questionnaires maison ayant été validés par une équipe d'experts et ayant été validés lors d'une étude pilote (Ho & Loke, 2003; Sinikovic, Yeatman, Cameron, & Meyer, 2009). Nous encourageons donc les prochaines équipes de recherche s'intéressant aux connaissances des femmes enceintes au sujet des conséquences du SMP à adapter l'outil original qui a été conçu dans le cadre de cette thèse. La revue méta-analytique au sujet du SMP pourra en permettre son amélioration.

De plus, quand est venu le temps de choisir un outil pour évaluer la qualité des études incluses dans notre revue méta-analytique, notre équipe s'est heurtée à un manque d'outil à cet égard (Bero et al., 2018). Nous avons consulté diverses autres grilles déjà présentes dans la littérature (p.ex. CASP (Critical Appraisal Skills Programme, 2018)) avons tenté d'en élaborer une

à l'aide de la grille de l'EPHPP (Thomas, Ciliska, Dobbins, & Micucci, 2004) et d'un chapitre de livre guidant la conduite de l'évaluation de la qualité des études d'une méta-analyse dans le domaine de l'épidémiologie et de la santé publique (Dreier, 2013), mais il devenait illogique pour nous d'appliquer les critères d'évaluation que nous avons déterminés à nos propres études, sachant que 31 des 37 études incluses dans notre revue ont été réalisées par notre laboratoire. Nous présentons tout de même l'outil que nous avons élaboré en matériel supplémentaire de cette thèse afin que d'autres équipes de recherche puissent en bénéficier et l'utiliser à bon escient (Supplément 1).

### **L'évaluation de l'influence du sexe**

Les études dans le domaine du SMP ne mesurent pas systématiquement l'influence du sexe dans l'association entre le SMP et le développement de l'enfant. Nous n'avons ainsi pas étudié l'effet du sexe biologique de l'enfant comme variable modératrice dans les méta-régressions, car les études ne réalisaient pas systématiquement leurs analyses pour les garçons et les filles séparément. Nous n'avons pas non plus pu vérifier les connaissances des participantes à ce sujet.

Les études dans le domaine suggèrent que le sexe de l'enfant module le type de conséquences observées chez les filles et les garçons (Dancause et al., 2011; de Bruijn, van Bakel, & van Baar, 2009; Jones et al., 2019; Laplante et al., 2019). Une étude suggère par exemple qu'une plus grande détresse psychologique de la mère associée à une tempête de verglas prédit un plus grand risque de souffrir d'asthme chez les filles seulement (Turcotte-Tremblay et al., 2014). À la suite d'une revue de la littérature sur le SMP datant de 2018 (Sutherland & Brunwasser, 2018), il avait été conclu qu'il y avait suffisamment de données suggérant des associations significatives spécifiques au sexe et des interactions significatives entre le SMP et le sexe de l'enfant pour recommander aux chercheurs de considérer le sexe comme variable potentielle dans le domaine

du SMP et de rapporter les résultats des analyses selon le sexe de l'enfant. Ceci pourrait permettre de conduire de futures méta-analyses prenant en compte ce facteur non négligeable.

### **Contributions en santé publique**

Cette thèse a fait ressortir des implications pour la santé publique. La concertation de tous les acteurs sociétaux est nécessaire pour générer une stratégie large en contexte de catastrophe naturelle pour gérer un problème au niveau populationnel. Le Réseau Inondations InterSectoriel du Québec (RIISQ) ([riisq.ca](http://riisq.ca)) est un exemple d'initiative qui offre une plateforme aux intervenants de divers domaines (p.ex. social, scientifique, technologique, médical, économique et politique) afin d'échanger pour développer une stratégie transdisciplinaire et intégrative. Dans ce genre de stratégie, les conclusions de cette thèse pourraient par exemple sensibiliser le réseau de la santé à l'importance de pouvoir offrir du soutien psychologique aux femmes enceintes. De leur côté, les municipalités pourraient continuer leurs efforts pour protéger les femmes enceintes des inondations, en tenant à jour la carte des zones inondables pour minimiser leur risque d'exposition. La santé publique pourrait quant à elle sensibiliser la population générale quant au besoin de soutenir les femmes enceintes pendant des moments de stress afin de minimiser l'effet sur l'enfant à naître. Toujours dans le domaine de la santé publique, mais cette fois-ci de la santé publique de précision (Khoury, Iademarco, & Riley, 2016), nous pourrions faire de la prévention grâce à l'instauration d'un simple outil de dépistage à la première consultation chez le médecin (au cours des 12 premières semaines de grossesse). Cela permettrait d'identifier les femmes plus stressées et isolées et de leur partager les ressources et outils nécessaires pour les soutenir.

Dans un contexte de réchauffement climatique laissant présager la montée de la fréquence et de la gravité de catastrophes naturelles dans un avenir rapproché (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2021), les résultats de la revue méta-analytique

peuvent être utilisés pour livrer un message clair aux femmes enceintes : le SMP associé aux catastrophes naturelles a un effet durable sur toutes les sphères de développement de l'enfant, mais cet effet est relativement petit. Les entretiens menés auprès des mères à Montréal ont fait ressortir le besoin pour les femmes de ne pas seulement se faire offrir de l'information sur les conséquences du SMP, mais de pouvoir également recevoir des outils pour gérer leur stress. En informant les femmes des conséquences du stress maternel prénatal sur leur enfant, elles et leur entourage pourraient entreprendre certaines actions pour s'informer quant aux programmes existant pour diminuer leur niveau de stress (p.ex. obtenir de l'aide financière (diminution de leur niveau de difficultés objectives), obtenir du soutien psychologique (diminution de la détresse psychologique) et obtenir de l'aide alimentaire (diminution des changements de diète). Ce genre de programme n'existe cependant pas toujours, nous voyons donc ici la nécessité pour les gouvernements d'étudier ce problème. Bien qu'aucune synthèse des connaissances ne recense les interventions pour prévenir l'effet du SMP sur le développement de l'enfant, une méta-analyse récente suggère l'efficacité de la thérapie cognitivo-comportementale pour réduire les symptômes de dépression, d'anxiété et de stress (X. Li et al., 2022). Il sera intéressant que des études futures vérifient dans quelle mesure ce genre d'intervention a également un effet sur l'enfant.

Avec comme objectif de l'aider à protéger son enfant des effets du stress pendant la grossesse, nous pourrions d'abord faire de la prévention auprès des femmes qui planifient une grossesse en leur suggérant de décaler leur grossesse d'autres événements contrôlables. Il serait aussi important de les informer des étapes à venir au cours de la grossesse pour augmenter leur sentiment de contrôle sur la situation. De plus, il faudrait vérifier leur niveau de soutien social et les diriger vers des ressources au besoin et vérifier leurs domaines de préoccupations et les diriger vers les sources d'informations fiables. Une première source d'information fiable serait un

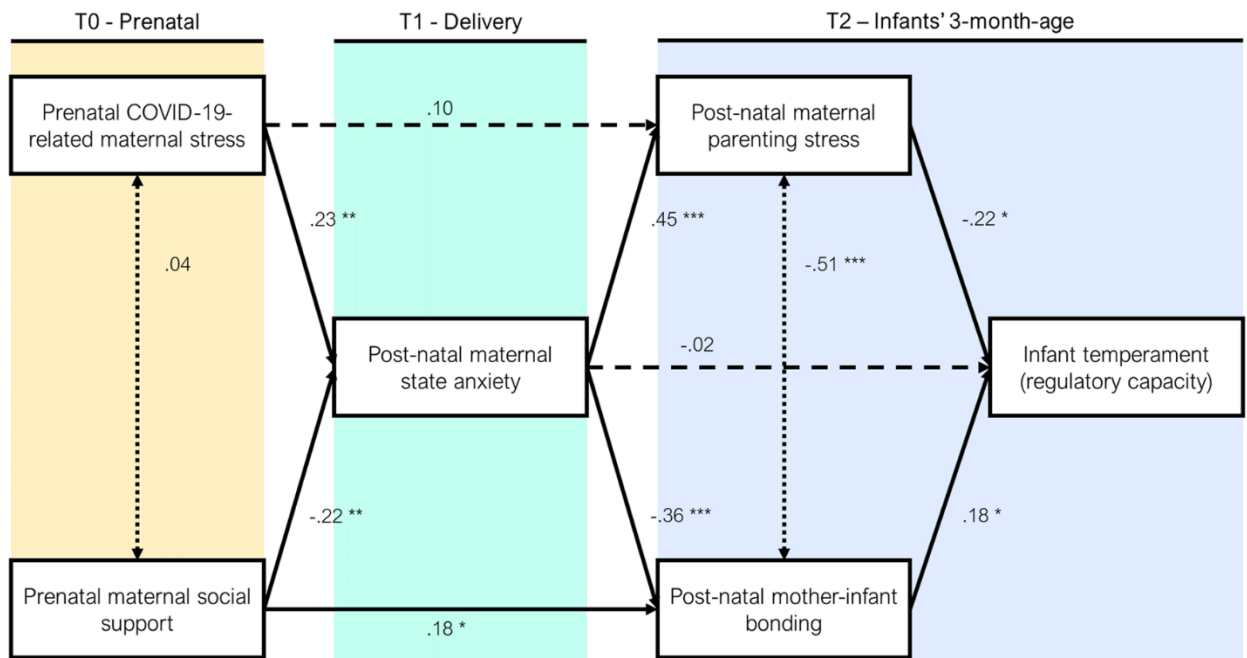
professionnel de la santé. Le message à livrer aux femmes ayant déjà vécu un événement stressant serait différent. Il est d'abord primordial de déculpabiliser ces femmes en insistant sur le fait que pour être tenue coupable d'un événement, une personne doit agir avec l'intention de nuire de façon délibérée, et on peut ainsi expliquer la non-culpabilité de la mère si ce n'est pas le cas (Hale, 2007). Il serait important de prendre soin de la santé mentale des mères et éviter qu'elles ne transmettent d'autant plus de stress à leur enfant. Nous n'avons pas encore trouvé d'interventions qui pourraient venir compenser les effets du SMP sur le développement de l'enfant (Paquin, Bick, et al., 2021), mais des études suggèrent que l'enrichissement de l'environnement (Zubedat et al., 2015) et le fait que les parents fournissent un encadrement consistant (Daniel, 2021) et soient disponibles émotionnellement (Austin et al., 2017) pourraient protéger les enfants des effets du SMP.

Une autre initiative intéressante serait de développer un logo approuvant les sources d'informations fiables offertes aux femmes enceintes afin de les aider à s'y retrouver dans la myriade d'informations auxquelles elles ont accès. Cette identification par un organisme reconnu dans le domaine de la santé publique (p.ex. Agence de la santé publique du Canada) pourrait également aider les professionnels de la santé à guider leurs patientes en ce sens.

La pandémie mondiale de COVID-19 peut être l'occasion de diffuser ce message aux femmes enceintes. Une des recommandations majeures des organismes de santé publique est de se faire vacciner. Certaines femmes sont inquiètes des effets que pourrait avoir le vaccin sur leur santé et celle de leur enfant (Goncu Ayhan et al., 2021). Certaines sont d'autant plus hésitantes à se faire vacciner en raison d'un manque de données probantes démontrant la sûreté du vaccin pour leur santé et celle du fœtus (Goncu Ayhan et al., 2021), malgré le fait que les bénéfices du vaccin pour la mère et l'enfant semblent pour l'instant de loin surpasser les risques potentiels, mais fort improbables, que pourrait entraîner la vaccination (Chavan, Qureshi, Karnati, & Kollikonda,

2021). Le modèle des croyances relatives à la santé nous indique que les femmes pourraient décider de se faire vacciner lorsqu'elles considéreront que les avantages surpassent les risques associés à la vaccination (Green, Murphy, & Gryboski, 2020).

Bien qu'en 18 mois, la pandémie a fait plus de 200 millions d'infectés et 4 millions de morts (Shiab, 2021) à travers le monde et qu'une étude internationale récente rapporte que 39.4% des femmes enceintes se sentaient très préoccupées par le fait que leur bébé soit affecté négativement par le coronavirus (Pope, Olander, Leita, Meaney, & Matvienko-Sikar, 2021), ces dernières devraient également tenter de minimiser leur stress, car une étude récente suggère déjà que le SMP associé à cette catastrophe biologique aurait un effet délétère sur la capacité de régulation de l'enfant à l'âge de 3 mois via des mécanismes de médiation impliquant le soutien social dont la mère a bénéficié au cours de la période prénatale, l'anxiété qu'elle a ressentie à la naissance, ainsi que son stress parental et son lien d'attachement avec son enfant rapportés à l'âge de 3 mois (Figure 2) (Provenzi et al., 2021).



*Figure 2.* Modèle de pistes causales illustrant les associations entre le SMP et le tempérament de l'enfant (Provenzi et al., 2021).

Pour minimiser les conséquences sur le développement de leur enfant, les femmes devraient ainsi tenter de se prémunir des sources de stress qu'elles peuvent éviter en allant par exemple chercher le soutien de leurs proches.

## **Limites de la thèse**

### **Ordre des études**

Une première limite de cette thèse est que les études n'ont pas été réalisées dans l'ordre optimal : nous avons évalué l'état des connaissances des femmes enceintes au sujet du SMP associé aux catastrophes naturelles avant que nous ayons terminé la revue méta-analytique. Pour cette raison, au moment de concevoir le questionnaire SPARK, nous ne connaissions pas encore de façon globale la taille de l'effet du SMP sur les différentes sphères de développement de l'enfant, ni celui de différents facteurs sur l'association entre le SMP et le développement de l'enfant (p.ex. composantes du SMP, moment d'exposition au stress). Si nous avions réalisé la revue méta-analytique avant de conduire le sondage chez les mères de Fort McMurray et Montréal, nous aurions pu concevoir un questionnaire collé sur son contenu et sa forme. La validité de contenu de notre questionnaire n'aurait pas été soutenue que par les résultats de recherche du groupe SPIRAL et l'expertise de sa chercheuse principale, Suzanne King, mais bien par une synthèse des connaissances. Dans notre questionnaire, nous aurions également pu demander aux femmes d'approximer la sévérité de l'effet du SMP sur le développement de l'enfant à l'aide d'une échelle (p.ex. faible, modéré, sévère). Il aurait même été possible de donner du feedback aux femmes concernant l'effet du SMP sur le développement de l'enfant, car nous aurions eu entre nos mains les effets reposant sur une recherche extensive de la littérature sur le sujet. Notre



questionnaire aurait donc pu être plus nuancé et juste. Maintenant que notre revue méta-analytique est terminée, nous allons pouvoir nous concentrer sur la diffusion de ses résultats.

Dans le même ordre d'idées, les discussions que nous avons eues au cours des entretiens avec les femmes auraient pu être plus concrètes si nous avions réalisé les entretiens à la suite de la revue méta-analytique, car nous aurions pu alors nous demander s'il est pertinent d'informer les femmes enceintes au sujet des conséquences du SMP associé aux catastrophes naturelles, sachant que l'effet basé sur les données probantes est si petit. Il aurait également été utile de réaliser les entretiens avec les mères avant de faire compléter le questionnaire SPARK par les deux cohortes de femmes à Fort McMurray et Montréal. Nous aurions pu utiliser les informations recueillies dans nos entretiens pour bâtir de nouvelles questions à valider auprès d'échantillons plus larges (p.ex. « *Vous sentez-vous à l'aise de discuter de stress pendant la grossesse avec votre professionnel de la santé?* »).

### **Forces de la thèse**

Cette thèse multidisciplinaire a réalisé un tour de force en utilisant trois sources d'informations, soit les études publiées sur le SMP, les réponses des femmes au sondage sur le SMP, et les entretiens avec les femmes qui, ensemble, orientent le développement de stratégies de TC pour informer les femmes enceintes au sujet du SMP. Chacune des étapes de la thèse a été pensée et conçue dans l'optique de faire de la recherche utile pour les gens.

D'abord, la revue méta-analytique, déjà publiée (Lafortune et al., 2021), a été réalisée en suivant une méthodologie rigoureuse et ajoute de nouvelles connaissances importantes au domaine en présentant son effet distinctif ainsi que celui de chacune de ses composantes. Le SMP associé à des catastrophes naturelles a par le passé souvent été confondu dans de larges revues de la littérature étudiant l'effet du stress, surtout la dépression ou l'anxiété pendant la grossesse, sur le

développement de l'enfant, ne laissant pas transparaître son effet particulier (Van den Bergh et al., 2020). Il est donc désormais possible de justifier la mise en place de politiques de santé publique afin de sensibiliser les femmes enceintes par rapport à ce risque.

Par la suite, le développement d'un nouvel outil de mesure des connaissances sur le SMP, bien qu'imparfait, peut constituer un point de départ pour le développement de meilleurs outils à cette fin.

Enfin, les entretiens que nous avons menés avec des femmes ayant été enceintes pour qu'elles nous partagent leurs expériences personnelles ajoutent également de nouvelles connaissances au domaine en nous renseignant sur les paramètres du message et les utilisateurs de connaissances à préconiser.

### **Pistes de recherche future**

L'aboutissement de cette thèse a fait germer plusieurs nouvelles idées de projets à entreprendre. Premièrement, il serait pertinent de réviser le questionnaire SPARK pour en faire une version éprouvée par les données de la revue méta-analytique. Des questions supplémentaires basées sur la nouvelle littérature pourraient également y être ajoutées lorsque des études auront déterminé la validité d'autres modèles explicatifs et l'effet d'autres variables modératrices dans l'association entre le SMP et le développement de l'enfant (p.ex. le sexe).

Deuxièmement, les entretiens avec les mères ont révélé chez elle un besoin de se faire offrir des outils de gestion du stress pendant la grossesse. Il serait donc pertinent de réaliser une revue de la littérature pour identifier les stratégies efficaces de gestion du stress pour minimiser l'effet du SMP sur le développement de l'enfant.

Troisièmement, la poursuite des entretiens pourrait permettre de vérifier auprès d'autres femmes l'effet de la pandémie mondiale de COVID-19 sur leur définition du SMP et d'ensuite

comparer cette définition à celle des femmes que nous avons interviewées avant que cette pandémie ne survienne. Il serait également intéressant de reconduire le questionnaire SPARK auprès des femmes l'ayant déjà complété avant la pandémie pour déterminer l'effet de ce trauma collectif sur le niveau de connaissances des femmes au sujet du SMP.

Quatrièmement, maintenant que nous avons déterminé que les professionnels de la santé seraient les utilisateurs de connaissances à privilégier pour informer les femmes enceintes au sujet des conséquences du SMP sur le développement de leur enfant, il serait enfin possible de mettre en œuvre une stratégie de TC avec ces derniers pour rendre les données de recherche utiles et accessibles aux femmes enceintes. Trouver un moyen d'informer les femmes enceintes au sujet du stress maternel prénatal sans les inquiéter davantage est un exemple de défi pour lequel l'approche problématique de la bioéthique propose une procédure qui tient compte de la réalité subjective des parties prenantes : la délibération (Gracia, 2003). La délibération réfère à un processus de résolution de problème dans lequel les individus s'efforcent de développer la solution la plus moralement justifiable par l'entremise de l'argumentation. Il ne s'agit pas d'un dilemme se résumant à décider s'il faudrait informer ou non les femmes enceintes à ce sujet. Ce problème se formule plutôt sous la forme d'une question ouverte pour laquelle il n'existe pas de solution pré-construite ou de vérité morale. Il faut donc plutôt créer notre propre réponse qui dépend d'un contexte et d'acteurs particuliers dont on ne peut faire abstraction si l'on veut que le tout soit congruent. La perspective de chacun des acteurs impliqués dans le problème contribue au sens moral commun afin d'aboutir à la décision la plus raisonnable (Gracia, 2001). Il existe plusieurs formules de délibération bioéthique. Dans le contexte du TC, la méthode à préconiser est le dialogue délibératif, un processus démocratique qui permet à un groupe d'acteurs de faire émerger des connaissances, de les échanger et de les combiner afin de réaliser l'analyse critique d'un enjeu.

Son objectif est d'aider les gens à en venir à une entente qui guidera la prise de décision (Culyer & Lomas, 2006; Gauvin, 2010). Une approche interactive de TC inclurait des patients-partenaires (Comité stratégique patients-partenaires du CRCHUS, 2021). Dans ce contexte, les mères prenant part au dialogue délibératif seraient porte-paroles des femmes enceintes. Il serait important de les préparer à partager leur expérience personnelle, mais également le point de vue de celles qui ne se retrouveraient pas autour de la table. Les chercheuses ayant récolté les données de la présente étude pourraient assurer cette représentativité en ajoutant des compléments d'information au besoin. Maintenant que les mères ont fourni certains éléments de réponse pour nous aider à déterminer comment informer les femmes enceintes au sujet du SMP sans les stresser davantage, nous pouvons sonder les professionnels de la santé à ce même sujet pour tenter de trouver une stratégie qui saura satisfaire les besoins informationnels des femmes enceintes, et qui cadrera avec les limites auxquelles sont contraints les professionnels de la santé dans leur milieu de travail. Il serait également important de déterminer si les connaissances des professionnels de la santé sont à jour dans ce domaine (p.ex. conséquences du SMP sur le développement de l'enfant, ressources vers lesquelles référer les patientes).

## **Conclusion**

Cette thèse a permis de trouver des pistes de réponses à la question : comment peut-on informer les femmes enceintes au sujet des conséquences du SMP associé aux catastrophes naturelles sans les stresser davantage? Nous avons enfin mesuré de façon globale l'effet du SMP sur le développement de l'enfant, ce qui retire l'incertitude à ce sujet que pourraient ressentir les femmes. Cet effet est faible, mais durable et généralisé dans les différentes sphères de développement de l'enfant.

Cette thèse a également permis de déterminer les besoins informationnels des femmes enceintes. Les connaissances des femmes au sujet du SMP sont relativement exactes en regard des résultats de la revue méta-analytique. Elles auraient majoritairement souhaité en savoir davantage au sujet du SMP associé aux catastrophes naturelles au cours de leur dernière grossesse.

En terminant, cette thèse nous a permis de commencer à définir les paramètres à appliquer à une stratégie de transfert de connaissances afin d'informer les femmes enceintes au sujet du stress pendant la grossesse sans les stresser davantage. Sachant que les femmes enceintes possèdent des connaissances en ce qui concerne le stress de façon générale et ses composantes, mais ignorent plutôt les conséquences concrètes qui y sont associées, un message exempt de culpabilité et livré par les professionnels de la santé serait à privilégier.

## Références

- Álvarez-Aranda, R., Chirkova, S., & Romero, J. G. (2020). Growing in the womb: The effect of seismic activity on fetal growth. *Econ Hum Biol*, *36*, 100815. doi:10.1016/j.ehb.2019.100815
- Austin, M. P., Christl, B., McMahon, C., Kildea, S., Reilly, N., Yin, C., . . . King, S. (2017). Moderating effects of maternal emotional availability on language and cognitive development in toddlers of mothers exposed to a natural disaster in pregnancy: The QF2011 Queensland Flood Study. *Infant Behav Dev*, *49*, 296-309. doi:10.1016/j.infbeh.2017.10.005
- Bero, L., Chartres, N., Diong, J., Fabbri, A., Ghersi, D., Lam, J., . . . Woodruff, T. J. (2018). The risk of bias in observational studies of exposures (ROBINS-E) tool: concerns arising from application to observational studies of exposures. *Syst Rev*, *7*(1). doi:10.1186/s13643-018-0915-2
- Beuermann, D. W., & Pecha, C. (2020). The effects of weather shocks on early childhood development: Evidence from 25 years of tropical storms in Jamaica. *Econ Hum Biol*, *37*, 100851. doi:10.1016/j.ehb.2020.100851
- Brock, R. L., O'Hara, M. W., Hart, K. J., McCabe, J. E., Williamson, J. A., Laplante, D. P., . . . King, S. (2014). Partner support and maternal depression in the context of the Iowa floods. *J Fam Psychol*, *28*(6), 832. doi:10.1037/fam0000027
- Bromet, E., & Dew, M. A. (1995). Review of psychiatric epidemiologic research on disasters. *Epidemiol Rev*, *17*(1), 113-119. doi:10.1093/oxfordjournals.epirev.a036166
- Cao-Lei, L., Dancause, K. N., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Szyf, M., & King, S. (2016). Pregnant women's cognitive appraisal of a natural disaster affects their children's BMI and central adiposity via DNA methylation: Project Ice Storm. *Early Hum Dev*, *103*, 189-192. doi:10.1016/j.earlhumdev.2016.09.013
- Cao-Lei, L., Dancause, K. N., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Szyf, M., & King, S. (2018). DNA methylation mediates the effect of maternal cognitive appraisal of a disaster in pregnancy on the child's C-peptide secretion in adolescence: Project Ice Storm. *PLoS One*, *13*(2), e0192199. doi:10.1371/journal.pone.0192199
- Cao-Lei, L., Elgbeili, G., Massart, R., Laplante, D. P., Szyf, M., & King, S. (2015). Pregnant women's cognitive appraisal of a natural disaster affects DNA methylation in their children 13 years later: Project Ice Storm. *Transl Psychiatry*, *5*(2), e515-e515. doi:10.1038/tp.2015.13
- Cao-Lei, L., Elgbeili, G., Szyf, M., Laplante, D. P., & King, S. (2019). Differential genome-wide DNA methylation patterns in childhood obesity. *BMC Res Notes*, *12*(1), 1-7. doi:10.1186/s13104-019-4189-0
- Cao, X., Laplante, D. P., Brunet, A., Ciampi, A., & King, S. (2014). Prenatal maternal stress affects motor function in 5(1/2)-year-old children: project ice storm. *Dev Psychobiol*, *56*(1), 117-125. doi:10.1002/dev.21085
- Charpak, N., Tessier, R., Ruiz, J. G., Hernandez, J. T., Uriza, F., Villegas, J., . . . Marin, J. (2017). Twenty-year follow-up of kangaroo mother care versus traditional care. *Pediatrics*, *139*(1). doi:10.1542/peds.2016-2063
- Chavan, M., Qureshi, H., Karnati, S., & Kollikonda, S. (2021). COVID-19 vaccination in pregnancy: the benefits outweigh the risks. *J Obstet Gynaecol Can*, *43*(7), 814. doi:10.1016/j.jogc.2021.03.010

- Christopher, K. E., Kitsantas, P., Spooner, K. K., Robare, J. F., & Hanfling, D. (2019). Implications of prenatal exposure to the spring 2011 Alabama and Missouri tornadoes on birth outcomes. *Disaster Med Public Health Prep*, *13*(2), 279-286. doi:10.1017/dmp.2018.55
- Class, Q. A., Khashan, A. S., Lichtenstein, P., Långström, N., & D'Onofrio, B. M. (2013). Maternal stress and infant mortality: the importance of the preconception period. *Psychol Sci*, *24*(7), 1309-1316. doi:10.1177/0956797612468010
- Class, Q. A., Mortensen, P. B., Henriksen, T. B., Dalman, C., D'Onofrio, B. M., & Khashan, A. (2015). Preconception maternal bereavement and infant and childhood mortality: a Danish population-based study. *Psychosom Med*, *77*(8), 863. doi:10.1097/PSY.0000000000000229
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (Vol. 2nd edition). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Comité stratégique patients-partenaires du CRCHUS. (2021). *Guide du partenariat-patient ; À l'intention des chercheurs qui souhaitent inclure des patients dans leur équipe de recherche*.
- Critical Appraisal Skills Programme. (2018). CASP Cohort Study Checklist. Retrieved from [https://casp-uk.b-cdn.net/wp-content/uploads/2018/03/CASP-Cohort-Study-Checklist-2018\\_fillable\\_form.pdf](https://casp-uk.b-cdn.net/wp-content/uploads/2018/03/CASP-Cohort-Study-Checklist-2018_fillable_form.pdf)
- Culyer, A. J., & Lomas, J. (2006). Deliberative processes and evidence-informed decision making in healthcare: do they work and how might we know? *Evid Policy*, *2*(3), 357-371. doi:10.1332/174426406778023658
- Dancause, K. N., Laplante, D. P., Oremus, C., Fraser, S., Brunet, A., & King, S. (2011). Disaster-related prenatal maternal stress influences birth outcomes: project ice storm. *Early Hum Dev*, *87*(12), 813-820. doi:10.1016/j.earlhumdev.2011.06.007
- Dancause, K. N., Mutran, D., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Kildea, S., Stapleton, H., . . . King, S. (2017). Dietary change mediates relationships between stress during pregnancy and infant head circumference measures: the QF2011 study. *Matern Child Nutr*, *13*(3), e12359. doi:10.1111/mcn.12359
- Daniel, B. (2021). *Le stress prénatal maternel et les problèmes comportementaux chez les enfants: effet modérateur de la consistance de la discipline*. Université de Montréal, Retrieved from <http://hdl.handle.net/1866/25942>
- Danielewicz, H., Myszczyzyn, G., Dębińska, A., Myszkal, A., Boznański, A., & Hirnle, L. (2017). Diet in pregnancy—more than food. *Eur J Pediatr*, *176*(12), 1573-1579. doi:10.1007/s00431-017-3026-5
- de Bruijn, A. T., van Bakel, H. J., & van Baar, A. L. (2009). Sex differences in the relation between prenatal maternal emotional complaints and child outcome. *Early Hum Dev*, *85*(5), 319-324. doi:10.1016/j.earlhumdev.2008.12.009
- Dreier, M. (2013). Quality assessment in meta-analysis. In *Methods of clinical epidemiology* (pp. 213-228): Springer.
- Duchesne, A., Liu, A., Jones, S. L., Laplante, D. P., & King, S. (2017). Childhood body mass index at 5.5 years mediates the effect of prenatal maternal stress on daughters' age at menarche: Project Ice Storm. *J Dev Orig Health Dis*, *8*(2), 168-177. doi:10.1017/S2040174416000726
- Field, T. (2011). Prenatal depression effects on early development: a review. *Infant Behavior and Development*, *34*(1), 1-14. doi:10.1016/j.infbeh.2010.09.008

- Field, T. (2017). Prenatal anxiety effects: A review. *Infant Behavior and Development*, 49, 120-128. doi:10.1016/j.infbeh.2017.08.008
- Field, T., Diego, M., Hernandez-Reif, M., Figueiredo, B., Deeds, O., Ascencio, A., . . . Kuhn, C. (2010). Comorbid depression and anxiety effects on pregnancy and neonatal outcome. *Infant Behav Dev*, 33(1), 23-29. doi:10.1016/j.infbeh.2009.10.004
- Fuller, S. C. (2014). The effect of prenatal natural disaster exposure on school outcomes. *Demography*, 51(4), 1501-1525. doi:10.1007/s13524-014-0310-0
- Gauvin, F.-P. (2010). *Évaluer les processus délibératifs*. (1201). Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé Retrieved from [https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1201\\_EvaluerProcessusDeliberatifs.pdf](https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1201_EvaluerProcessusDeliberatifs.pdf).
- Goncu Ayhan, S., Oluklu, D., Atalay, A., Menekse Beser, D., Tanacan, A., Moraloglu Tekin, O., & Sahin, D. (2021). COVID-19 vaccine acceptance in pregnant women. *Int J Gynecol Obstet*. doi:10.1002/ijgo.13713
- Gracia, D. (2001). Moral deliberation: the role of methodologies in clinical ethics. *Med Health Care Philos*, 4(2), 223-232. doi:10.1023/a:1011445128427
- Gracia, D. (2003). Ethical case deliberation and decision making. *Med Health Care Philos*, 6(3), 227-233. doi:10.1023/a:1025969701538
- Green, E. C., Murphy, E. M., & Gryboski, K. (2020). The health belief model. In L. M. Cohen (Ed.), *The Wiley Encyclopedia of Health Psychology* (Vol. 2, pp. 211-214): John Wiley & Sons Ltd.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. (2021). Changement climatique généralisé et rapide, d'intensité croissante [Press release]. Retrieved from [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/IPCC\\_WGI-AR6-Press-Release\\_fr.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/IPCC_WGI-AR6-Press-Release_fr.pdf)
- Hale, B. (2007). Culpability and blame after pregnancy loss. *J Med Ethics*, 33(1), 24-27. doi:10.1136/jme.2005.015560
- Hanjahanja-Phiri, T. (2018). Intergenerational effects of maternal exposure to drought in utero on Newborn size in rural Malawi. *Ann Nutr Metab*, 73(1), 74-76. doi:10.1159/000490671
- Henrich, J., Heine, S. J., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world? *J Behavioral brain sciences*, 33(2-3), 61-83. doi:10.1017/S0140525X0999152X
- Ho, C. F., & Loke, A. Y. (2003). HIV/AIDS knowledge and risk behaviour in Hong Kong Chinese pregnant women. *J Adv Nurs*, 43(3), 238-245. doi:10.1046/j.1365-2648.2003.02706.x
- Hulsbosch, L. P., Nyklíček, I., Potharst, E. S., Meems, M., Boekhorst, M. G., & Pop, V. J. (2020). Online mindfulness-based intervention for women with pregnancy distress: design of a randomized controlled trial. *BMC Pregnancy Childbirth*, 20(1), 1-10. doi:10.1186/s12884-020-2843-0
- Hyde, A., Verstraeten, B. S., Olson, J. K., King, S., Brémault-Phillips, S., & Olson, D. M. (2021). The Fort McMurray MommyBaby Study: a protocol to reduce maternal stress due to the 2016 Fort McMurray Wood Buffalo, Alberta, Canada wildfire. *Public Health Front*, 9, 685. doi:10.3389/fpubh.2021.601375
- Jones, S. L., Dufoix, R., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Patel, R., Chakravarty, M. M., . . . Pruessner, J. C. (2019). Larger amygdala volume mediates the association between prenatal maternal stress and higher levels of externalizing behaviors: sex specific effects in project ice storm. *Front Hum Neurosci*, 13, 144. doi:10.3389/fnhum.2019.00144
- Khashan, A. S., McNamee, R., Abel, K., Mortensen, P., Kenny, L., Pedersen, M., . . . Baker, P. (2009). Rates of preterm birth following antenatal maternal exposure to severe life events:



- a population-based cohort study. *Hum Reprod*, 24(2), 429-437. doi:10.1093/humrep/den418
- Khashan, A. S., McNamee, R., Abel, K. M., Pedersen, M. G., Webb, R. T., Kenny, L. C., . . . Baker, P. N. (2008). Reduced infant birthweight consequent upon maternal exposure to severe life events. *Psychosom Med*, 70(6), 688-694. doi:10.1097/PSY.0b013e318177940d
- Khashan, A. S., Wicks, S., Dalman, C., Henriksen, T. B., Li, J., Mortensen, P. B., & Kenny, L. C. (2012). Prenatal stress and risk of asthma hospitalization in the offspring: a Swedish population-based study. *Psychosom Med*, 74(6), 635-641. doi:10.1097/PSY.0b013e31825ac5e7
- Khoury, M. J., Iademarco, M. F., & Riley, W. T. (2016). Precision public health for the era of precision medicine. *Am J Prev Med*, 50(3), 398-401. doi:10.1016/j.amepre.2015.08.031
- King, S., Kildea, S., Austin, M.-P., Brunet, A., Cobham, V. E., Dawson, P. A., . . . McDermott, B. M. (2015). QF2011: a protocol to study the effects of the Queensland flood on pregnant women, their pregnancies, and their children's early development. *BMC Pregnancy Childbirth*, 15(1), 109. doi:10.1186/s12884-015-0539-7
- Kinney, D. K., Munir, K. M., Crowley, D. J., & Miller, A. M. (2008). Prenatal stress and risk for autism. *Neurosci Biobehav Rev*, 32(8), 1519-1532. doi:10.1016/j.neubiorev.2008.06.004
- 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. *Arch Womens Ment Health*, 21(2), 225-233. doi:10.1007/s00737-017-0786-x
- Kumar, S., Molitor, R., & Vollmer, S. (2016). Drought and early child health in rural India. *Popul Dev Rev*, 53-68. doi:10.1111/j.1728-4457.2016.00107.x
- Lafortune, S., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Li, X., Lebel, S., Dagenais, C., & King, S. (2021). Effect of Natural Disaster-Related Prenatal Maternal Stress on Child Development and Health: A Meta-Analytic Review. *Int J Environ Res Public Health*, 18(16), 8332. doi:10.3390/ijerph18168332
- Laplante, D. P., Barr, R. G., Brunet, A., Galbaud du Fort, G., Meaney, M. L., Saucier, J.-F., . . . King, S. (2004). Stress during pregnancy affects general intellectual and language functioning in human toddlers. *Pediatr Res*, 56(3), 400-410. doi:10.1203/01.PDR.0000136281.34035.44
- Laplante, D. P., Simcock, G., Cao-Lei, L., Mouallem, M., Elgbeili, G., Brunet, A., . . . King, S. (2019). The 5-HTTLPR polymorphism of the serotonin transporter gene and child's sex moderate the relationship between disaster-related prenatal maternal stress and autism spectrum disorder traits: The QF2011 Queensland flood study. *Dev Psychopathol*, 31(4), 1395-1409. doi:10.1017/S0954579418000871
- Li, J., Olsen, J., Vestergaard, M., Obel, C., Baker, J. L., & Sørensen, 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
- Li, X., Laplante, D. P., Paquin, V., Lafortune, S., Elgbeili, G., & King, S. (2022). Effectiveness of cognitive behavioral therapy for perinatal maternal depression, anxiety and stress: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Psychol Rev*, 92, 102129. doi:10.1016/j.cpr.2022.102129
- 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. *Environ Res*, 150, 1-7. doi:10.1016/j.envres.2016.04.039
- Matvienko-Sikar, K., & Dockray, S. (2017). Effects of a novel positive psychological intervention on prenatal stress and well-being: A pilot randomised controlled trial. *Women Birth*, 30(2), e111-e118. doi:10.1016/j.wombi.2016.10.003
- McLean, M. A., Cobham, V. E., Simcock, G., Kildea, S., & King, S. (2019). Toddler Temperament Mediates the Effect of Prenatal Maternal Stress on Childhood Anxiety Symptomatology: The QF2011 Queensland Flood Study. *Int J Environ Res Public Health*, 16(11), 1998. doi:10.3390/ijerph16111998
- Millard, T., Synnot, A., Elliott, J., & Turner, T. (2019). *Results from the evaluation of the pilot living systematic reviews: What works? What could we improve?* Retrieved from [https://community.cochrane.org/sites/default/files/uploads/inline-files/Transform/201905%20LSR\\_pilot\\_evaluation\\_report.pdf](https://community.cochrane.org/sites/default/files/uploads/inline-files/Transform/201905%20LSR_pilot_evaluation_report.pdf)
- Moss, K. M., Simcock, G., Cobham, V. E., Kildea, S., Laplante, D. P., & King, S. (2018). Continuous, emerging, and dissipating associations between prenatal maternal stress and child cognitive and motor development: the QF2011 Queensland Flood Study. *Early Hum Dev*, 119, 29-37. doi:10.1016/j.earlhumdev.2018.02.022
- Muthukrishna, M., Bell, A. V., Henrich, J., Curtin, C. M., Gedranovich, A., McInerney, J., & Thue, B. (2020). Beyond Western, Educated, Industrial, Rich, and Democratic (WEIRD) psychology: Measuring and mapping scales of cultural and psychological distance. *Psychol Sci*, 31(6), 678-701. doi:10.1177/0956797620916782
- Nylen, K. J., O'Hara, M. W., & Engeldinger, J. (2013). Perceived social support interacts with prenatal depression to predict birth outcomes. *J Behav Med*, 36(4), 427-440. doi:10.1007/s10865-012-9436-y
- Paquin, V., Bick, J., Lipschutz, R., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Biekman, B., . . . Olson, D. (2021). Unexpected effects of expressive writing on post-disaster distress in the Hurricane Harvey Study: a randomized controlled trial in perinatal women. *Psychol Med*, 1-9. doi:10.1017/S003329172100074X
- Paquin, V., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Kildea, S., & King, S. (2021). Positive cognitive appraisal “buffers” the long-term effect of peritraumatic distress on maternal anxiety: the Queensland Flood Study. *J Affect Disord*, 278, 5-12. doi:10.1016/j.jad.2020.09.041
- 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. *Ann Hum Biol*, 45(3), 220-228. doi:10.1080/03014460.2018.1459837
- Pope, J., Olander, E. K., Leitao, S., Meaney, S., & Matvienko-Sikar, K. (2021). Prenatal stress, health, and health behaviours during the COVID-19 pandemic: An international survey. *Women Birth*. doi:10.1016/j.wombi.2021.03.007
- Precht, D. H., Andersen, P. K., & Olsen, J. (2007). Severe life events and impaired fetal growth: a nation-wide study with complete follow-up. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 86(3), 266-275. doi:10.1080/00016340601088406
- Provenzi, L., Grumi, S., Altieri, L., Bensi, G., Bertazzoli, E., Biasucci, G., . . . Freddi, A. (2021). Prenatal maternal stress during the COVID-19 pandemic and infant regulatory capacity at 3 months: A longitudinal study. *Dev Psychopathol*, 1-9. doi:10.1017/S0954579421000766

- Rosales-Rueda, M. (2018). The impact of early life shocks on human capital formation: Evidence from El Niño floods in Ecuador. *J Health Econ*, 62, 13-44. doi:10.1016/j.jhealeco.2018.07.003
- Sayakhot, P., & Carolan-Olah, M. (2016). Internet use by pregnant women seeking pregnancy-related information: a systematic review. *J BMC pregnancy childbirth* 16(1), 65. doi:10.1186/s12884-016-0856-5
- Shiab, N. (2021). Évolution de la COVID-19. Retrieved from <https://ici.radio-canada.ca/info/2020/coronavirus-covid-19-pandemie-cas-carte-maladie-symptomes-propagation/>
- Simcock, G., Cobham, V. E., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Gruber, R., Kildea, S., & King, S. (2019). A cross-lagged panel analysis of children's sleep, attention, and mood in a prenatally stressed cohort: the QF2011 Queensland Flood Study. *J Affect Disord*, 255, 96-104. doi:10.1016/j.jad.2019.05.041
- Simcock, G., Elgbeili, G., Laplante, D. P., Kildea, S., Cobham, V., Stapleton, H., . . . King, S. (2017). The effects of prenatal maternal stress on early temperament: the 2011 Queensland Flood Study. *J Dev Behav Pediatr*, 38(5), 310-321. doi:10.1097/DBP.0000000000000444
- Simcock, G., Laplante, D. P., Elgbeili, G., Kildea, S., & King, S. (2018). A trajectory analysis of childhood motor development following stress in pregnancy: The QF2011 Flood Study. *Dev Psychobiol*, 60(7), 836-848. doi:10.1002/dev.21767
- Sinikovic, D. S., Yeatman, H. R., Cameron, D., & Meyer, B. (2009). Women's awareness of the importance of long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acid consumption during pregnancy: knowledge of risks, benefits and information accessibility. *Public Health Nutr*, 12(4), 562-569. doi:10.1017/S1368980008002425
- St-Hilaire, A., Steiger, H., Liu, A., Laplante, D. P., Thaler, L., Magill, T., & King, S. (2015). A prospective study of effects of prenatal maternal stress on later eating-disorder manifestations in affected offspring: Preliminary indications based on the project ice storm cohort. *Int J Eat Disord*, 48(5), 512-516. doi:10.1002/eat.22391
- Sutherland, S., & Brunwasser, S. M. (2018). Sex differences in vulnerability to prenatal stress: a review of the recent literature. *Curr Psychiatry Rep*, 20(11), 1-12. doi:10.1007/s11920-018-0961-4
- Thomas, B., Ciliska, D., Dobbins, M., & Micucci, S. (2004). A process for systematically reviewing the literature: providing the research evidence for public health nursing interventions. *Worldviews Evid Based Nurs*, 1(3), 176-184. doi:10.1111/j.1524-475X.2004.04006.x
- Torche, F. (2018). Prenatal exposure to an acute stressor and children's cognitive outcomes. *Demography*, 55(5), 1611-1639. doi:10.1007/s13524-018-0700-9
- Turcotte-Tremblay, A.-M., Lim, R., Laplante, D. P., Kobzik, L., Brunet, A., & King, S. (2014). Prenatal maternal stress predicts childhood asthma in girls: project ice storm. *Biomed Res Int*, 2014. doi:10.1155/2014/201717
- Van den Bergh, B. R., van den Heuvel, M. I., Lahti, M., Braeken, M., de Rooij, S. R., Entringer, S., . . . King, S. (2020). Prenatal developmental origins of behavior and mental health: The influence of maternal stress in pregnancy. *Neurosci Biobehav Rev*, 117, 26-64. doi:10.1016/j.neubiorev.2017.07.003
- Walder, D. J., Laplante, D. P., Sousa-Pires, A., Veru, F., Brunet, A., & King, S. (2014). Prenatal maternal stress predicts autism traits in 6½ year-old children: Project Ice Storm. *Psychiatry Res*, 219(2), 353-360. doi:10.1016/j.psychres.2014.04.034

- White, K. (2019). *Publications output: US trends and international comparisons*. (NSB-2020-6). Alexandria, VA, USA Retrieved from <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20206/>.
- World Health Organization. (2016). *WHO recommendations on antenatal care for a positive pregnancy experience*. Geneva, Switzerland.
- Zubedat, S., Aga-Mizrachi, S., Cymerblit-Sabba, A., Ritter, A., Nachmani, M., & Avital, A. (2015). Methylphenidate and environmental enrichment ameliorate the deleterious effects of prenatal stress on attention functioning. *Stress*, 18(3), 280-288. doi:10.3109/10253890.2015.1023790