

Exposition à la chaleur durant la grossesse : conséquences périnatales à court et long terme en Régions bruxelloise et wallonne

Auteurs : Elizaveta Fomenko¹, Charlotte Leroy², Sarah Michel², Virginie Van Leeuw², Hayat Bentouhami¹ et Stanley Luchters, au nom du groupe de recherche HIGH Horizons

¹ Studiecentrum voor Perinatale Epidemiologie | ² Centre d'Epidémiologie Périnatale

1. Introduction

Ces dernières années, la Belgique, comme l'ensemble de l'Europe, a connu une augmentation marquée des températures moyennes, principalement en raison de la combustion d'énergies fossiles (1, 2). Comme le montre la Figure 1, depuis les années 1980, les températures annuelles moyennes dépassent presque systématiquement celles de la période de référence 1961-1990 (représentées par les barres rouges dans les relevés climatiques). En d'autres termes, les écarts par rapport au climat antérieur sont presque chaque année positifs, ce qui témoigne d'un réchauffement continu. Sur l'ensemble de la période 1981-2024, la tendance à la hausse en Belgique est en moyenne de 0,41 °C par décennie, un chiffre qui peut sembler modeste, mais qui représente une augmentation très marquée et préoccupante dans les termes de la science climatique (3, 4). Cette évolution reflète l'augmentation mondiale des températures d'environ 1,5 °C par rapport à l'ère préindustrielle, un seuil qu'il est préférable de ne pas dépasser selon les projections scientifiques (4, 5). Ce changement climatique s'accompagne de vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses, d'une qualité de l'air dégradée, de périodes de sécheresse prolongées, de précipitations plus violentes, d'une perte de biodiversité, de la montée du niveau des mers, d'une pression accrue sur les systèmes agricoles et hydriques, et de risques importants pour la santé publique (4, 6-8).

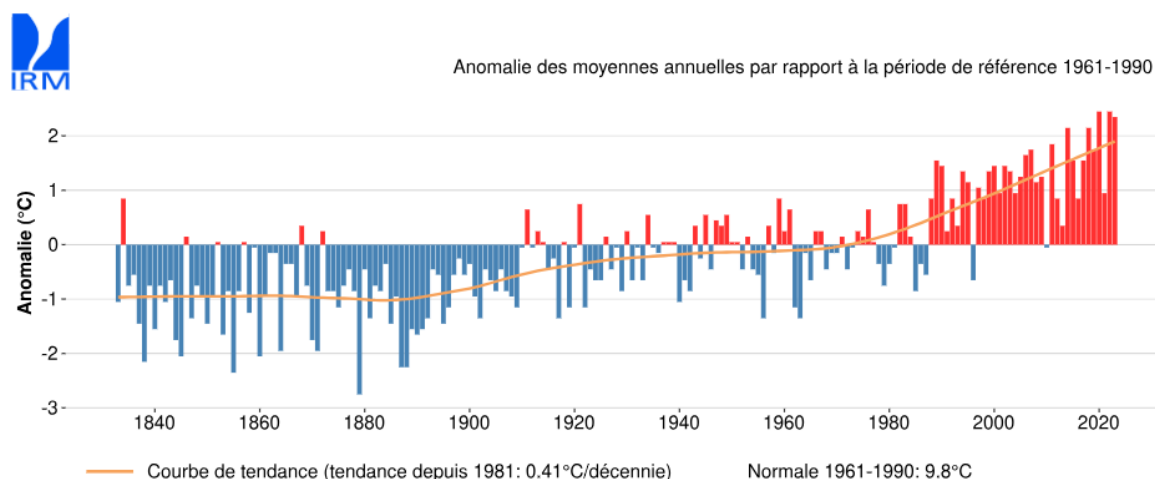


Figure 1: Température moyenne annuelle à Bruxelles - Uccle de 1833 à 2024 (3).

Cette situation inquiète les professionnels de la santé publique, car elle expose la population, et en particulier les groupes vulnérables, à des températures extrêmes susceptibles de nuire à la santé. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) affirme même que « le changement climatique constitue une menace fondamentale pour la santé humaine » (OMS, 2016) (9). Parmi les groupes à risque figurent les femmes enceintes, dont les capacités de thermorégulation sont altérées en raison des adaptations physiologiques liées à la grossesse (10). Ces adaptations incluent notamment des modifications du profil hormonal, du système immunitaire et de la circulation sanguine, ainsi qu'une augmentation du métabolisme de base. À mesure que la grossesse progresse, des changements placentaires surviennent également, tels qu'une réduction du flux sanguin, une taille et une capacité placentaires limitées, un stress oxydatif accru, la libération de cytokines pro-inflammatoires, etc. Parallèlement, les processus embryonnaires et fœtaux peuvent être affectés, entraînant des modifications épigénétiques, une altération de l'empreinte génétique, du stress physiologique et des restrictions de croissance du fœtus (11-20).

Ces mécanismes augmentent le risque de complications pour la mère et l'enfant, telles que la prématurité, le retard de croissance, les anomalies congénitales, les troubles hypertensifs, le décollement placentaire, l'asphyxie et la mortalité fœtale (11-22). Ces issues défavorables représentent un enjeu majeur de santé publique. À titre d'exemple, en 2020, environ 13,4 millions d'enfants sont nés prématurément à travers le monde, représentant près de 10 % de tous les accouchements. La prématurité est bien connue pour être associée à une mortalité néonatale plus élevée ainsi qu'à des complications de santé à long terme.

Si la plupart des études internationales se sont jusqu'à présent concentrées sur des expositions à court terme (c'est-à-dire, les jours précédant l'accouchement) (14), il est tout aussi important d'examiner les effets à long terme d'une exposition chronique à des températures extérieures élevées au cours de la grossesse. La grossesse dure en moyenne neuf mois, période durant laquelle la femme enceinte est continuellement exposée aux conditions thermiques de son environnement. Certains trimestres pourraient d'ailleurs être plus vulnérables que d'autres, bien que cette question reste encore peu explorée dans la littérature scientifique (11, 12, 16-19).

Par ailleurs, la majorité des recherches se sont concentrées sur des pays à climat chaud, où les vagues de chaleur sont plus fréquentes et plus intenses (11, 12, 14-19). Les effets de températures extérieures élevées dans des régions au climat tempéré, comme la Belgique, ont été moins étudiés, souvent en raison de l'hypothèse que les températures extrêmes y sont moins préoccupantes. Pourtant, des études récentes menées en Suède, en Allemagne et en Belgique montrent que même dans ces contextes, des températures élevées peuvent avoir un impact significatif sur la santé périnatale (20, 23, 24). Une étude réalisée à Bruxelles a notamment montré qu'une augmentation de 1°C de la température était associée à une hausse de 2,6 % du risque de naissance prématurée quatre jours plus tard (23). Une analyse antérieure des données du *Studiecentrum voor Perinatale Epidemiologie* (SPE), portant sur les naissances en Flandre entre 1998 et 2011, avait déjà mis en évidence que, même dans un climat tempéré, des températures extérieures plus élevées pouvaient accroître le risque de prématurité (24).

Sur la base de ces résultats antérieurs et du fait que l'exposition à des températures élevées tout au long de la grossesse a jusqu'à présent reçu peu d'attention, nous avons examiné dans la présente étude l'impact de l'exposition à des températures extérieures élevées sur la santé périnatale en Régions bruxelloise et wallonne, en poursuivant deux objectifs complémentaires :

1. Analyser les effets à court terme de l'exposition à la chaleur, en se concentrant sur la semaine précédant l'accouchement.
2. Analyser les effets à long terme de l'exposition à la chaleur par trimestre de grossesse.

En combinant ces deux approches d'analyses, nous souhaitons identifier les périodes de vulnérabilité maximale pendant la grossesse et décrire les effets sur la santé périnatale. Cette étude offre, pour la première fois, une vision globale de l'impact de la chaleur sur la santé périnatale en Wallonie et à Bruxelles.

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet *Heat Indicators for Global Health (HIGH) Horizons* (25), dont l'objectif est d'évaluer les impacts de la chaleur sur la santé périnatale à l'échelle internationale à partir d'analyses harmonisées dans plusieurs pays. Les résultats présentés correspondent à la partie belge du projet et ont été produits selon un protocole standardisé afin d'alimenter deux méta-analyses internationales et multi-pays.

2. Méthodologie

2.1. Conception de l'étude et population étudiée

Dans cette étude, les données proviennent du registre du Centre d'Épidémiologie Périnatale (CEpiP). Ce registre constitue une base de données de haute qualité regroupant des informations médicales et sociodémographiques relatives à toutes les naissances survenues dans les Régions bruxelloise et wallonne.

Toutes les naissances survenues entre 2012 et 2022, avec une durée de gestation d'au moins 22 semaines et un poids de naissance d'au moins 500 grammes, ont été incluses dans l'analyse ($n = 654\,136$). La mortalité provoquée par une interruption médicale de grossesse, les naissances multiples ainsi que toutes les observations incomplètes pour les variables nécessaires aux analyses ont été exclues. De plus, seules les naissances ayant eu lieu dans une maternité située en Wallonie ou à Bruxelles, et dont la mère résidait au moment de l'accouchement dans une commune de ces mêmes régions, ont été retenues ($n = 541\,421$; 83 %).

2.2. Variables

Les **caractéristiques périnatales** incluses dans cette étude sont les suivantes :

- La **césarienne** : aucune distinction n'a été faite entre les césariennes programmées (primaires ou électives) et non programmées (secondaires).
- Le **score d'Apgar** : évalue cinq paramètres (la fréquence cardiaque, la respiration, la coloration de la peau, le tonus et la réactivité), chacun noté de 0 à 2. Un score total < 7 à 5 minutes indique une adaptation difficile à la vie extra-utérine.
- La **mortalité fœtale** : définie comme tout décès survenu avant ou pendant l'accouchement (à partir de 22 semaines de gestation ou 500 grammes de poids à la naissance)
- La **prématurité** : définie comme toute naissance survenue avant 37 semaines d'âge gestationnel.
- L'**hypotrophie** (ou petit poids pour l'âge gestationnel) : définie comme un poids de naissance $\leq$ 10e percentile pour l'âge gestationnel et le sexe, selon les courbes de référence Intergrowth-21st.
- L'**hypertrophie** (ou poids élevé pour l'âge gestationnel) : définie comme un poids de naissance > 90e percentile pour l'âge gestationnel et le sexe, selon les courbes de référence Intergrowth-21st.
- Le **faible poids de naissance** : défini comme un poids de naissance < 2 500 grammes, indépendamment de l'âge gestationnel.

Les **variables de contrôle** comprennent : le sexe de l'enfant (garçon, fille), l'âge de la mère ($\leq$ 24 ans, 25–34 ans, $\geq$ 35 ans), l'indice de masse corporelle (IMC) de la mère (insuffisance pondérale, poids normal, surpoids, obésité, inconnu), le niveau d'éducation (aucun ou enseignement primaire, enseignement secondaire, enseignement supérieur, inconnu), la saison et l'année de conception, ainsi que le mois de naissance.

Dans ce dossier spécial, l'attention est portée spécifiquement sur les Régions wallonne et bruxelloise. La variable géographique a été définie sur la base du code postal du lieu de résidence de la mère au moment de l'accouchement. Ce code postal a permis d'identifier la commune de résidence, ce qui a rendu possible la comparaison entre les provinces wallonnes (Brabant wallon, Hainaut, Liège, Luxembourg, Namur) et la Région bruxelloise.

2.3. Données d'exposition à la chaleur

Les températures ont été extraites de la **base de données ERA5**¹ (réanalyse climatique avec une résolution spatiale de 0,25° x 0,25°). L'exposition à la chaleur a été estimée au niveau communal, en se basant sur le lieu de résidence de la mère. Plusieurs indices thermiques ont été pris en compte, notamment la température de l'air à deux mètres de hauteur², l'indice universel du climat thermique (UTCI)³, l'indice de température au thermomètre-globe mouillé (WBGT)⁴ et l'indice de chaleur⁵, ainsi que différentes valeurs journalières (minimale, maximale et moyenne).

Pour ce dossier spécial, la température moyenne quotidienne de l'air (mesurée à deux mètres de hauteur) a été retenue comme indicateur principal. Ce choix repose sur les résultats des deux méta-analyses du projet *HIGH Horizons* (26, 27), qui ont montré que les tendances observées restent très similaires, quel que soit l'indice thermique ou le type de valeur journalière considéré.

Étant donné que l'analyse des effets de l'exposition à la chaleur repose sur des percentiles (c'est-à-dire une augmentation du 75e au 99e percentile de la température moyenne quotidienne), il est essentiel d'en préciser la signification concrète. Les percentiles indiquent à quel point une journée est chaude par rapport aux autres jours d'une même période, c'est-à-dire au sein d'une même saison et dans une même région. Le 75e percentile correspond à une journée relativement chaude, tandis que le 99e percentile renvoie à une journée extrêmement chaude dans le climat local et à ce moment de l'année.

Les températures exactes associées à ces percentiles varient selon la saison et la localisation. Par exemple, lors d'un été typique en Wallonie, le 75e percentile peut correspondre à une température moyenne journalière de 21 °C, tandis que le 99e percentile atteint 27 °C. Dans une période ou une région plus chaude, ces valeurs peuvent être respectivement de 24 °C et 30 °C. Au printemps (par exemple en avril ou mai), des journées relativement chaudes peuvent déjà exercer un effet : le 75e percentile s'établit alors autour de 14 °C et le 99e percentile autour de 20 °C.

¹ La **base de données ERA5** est une vaste compilation de données météorologiques et climatiques mondiales, élaborée par le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT / ECMWF). Elle combine des observations (provenant notamment de satellites et de stations météorologiques) avec des modèles informatiques afin de fournir une image détaillée du climat passé, à tout moment de la journée et en tout point du globe.

² La **température de l'air à deux mètres de hauteur** est la hauteur standard à laquelle la température extérieure est mesurée, soit deux mètres au-dessus du sol. Cela correspond à la taille moyenne d'un adulte et donne une estimation réaliste de la température effectivement ressentie par les personnes.

³ L'**UTCI** est un indicateur avancé de la température ressentie par l'être humain, prenant en compte plusieurs facteurs simultanément : la température, l'humidité de l'air, la vitesse du vent et le rayonnement solaire. Cet indice est utile pour mieux comprendre l'impact des conditions météorologiques sur la santé humaine.

⁴ Le **WBGT** est une mesure de la charge thermique sur le corps, particulièrement pertinente en cas d'effort physique. Il tient compte de la température, de l'humidité, du vent et du rayonnement solaire. Cet indice est souvent utilisé en médecine du sport et du travail pour évaluer les risques sanitaires liés à la chaleur.

⁵ L'**indice de chaleur** combine la température mesurée avec l'humidité de l'air pour indiquer à quel point la chaleur est réellement ressentie. En cas d'humidité élevée, la température peut être perçue comme bien plus élevée que celle indiquée par le thermomètre. Cet indice est également appelé « température ressentie en cas de chaleur ».

Ces éléments montrent que l'analyse ne repose pas sur un seuil de température fixe à partir duquel les risques apparaissent, mais sur l'impact de températures relativement élevées par rapport à ce qui est habituel pour une région et une période données.

2.4. Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R 4.5.1. Deux approches complémentaires ont été employées pour évaluer les effets à court et à long terme de la chaleur sur la santé périnatale dans les Régions bruxelloise et wallonne. Pour ce faire, les données du registre CEpiP ont été combinées avec les données de température issues de la base de données ERA5, en utilisant le code postal du lieu de résidence de la mère comme clé de correspondance.

2.4.1. Effets de l'exposition à court terme : exposition durant la semaine précédant l'accouchement

Pour étudier les effets de l'exposition à court terme, un modèle de type *case-crossover*⁶ a été utilisé. La variable d'exposition était la température moyenne, exprimée en percentiles. L'effet d'une chaleur extrême (99e percentile) a été comparé à celui d'une chaleur modérée (75e percentile) pour quatre issues périnatales : la césarienne, le faible score d'Apgar à 5 minutes de vie (< 7), la mortalité fœtale et la prématurité.

Afin de modéliser à la fois l'effet non linéaire et l'effet différé de la température, un modèle à retards distribués non linéaire (*Distributed Lag Non-Linear (DLNM)*)⁷ a été utilisé. Ce modèle permet d'examiner l'effet de l'exposition jusqu'à six jours avant l'accouchement. Les résultats sont rapportés sous forme d'odds ratios (OR)⁸ avec des intervalles de confiance (IC) à 95 %.

Tous les modèles ont été ajustés pour les facteurs de confusion pertinents tels que le sexe de l'enfant, l'âge de la mère, la saison de conception et le mois de naissance. Des analyses par sous-groupes ont également été réalisées par province.

⁶ Dans un **modèle case-crossover**, chaque mère est comparée à elle-même : les conditions juste avant un événement (l'accouchement) sont comparées à celles d'autres jours chez cette même mère, où l'événement ne s'est pas produit. Cela permet de maintenir constantes toutes les caractéristiques personnelles (comme l'âge ou le mode de vie).

⁷ Le **DLNM** est une méthode d'analyse avancée qui permet d'étudier simultanément deux aspects : 1) l'effet différé (lag), où l'impact d'une exposition peut se manifester plusieurs jours plus tard ; 2) l'effet non linéaire, où la relation entre l'exposition et l'issue n'est pas nécessairement proportionnelle. L'effet peut par exemple s'intensifier au-delà d'un certain seuil de température. Grâce au DLNM, il est donc possible d'analyser à la fois l'intensité et le délai d'apparition d'un effet après l'exposition.

⁸ L'**odds ratio** (OR) compare la probabilité qu'un événement se produise entre deux groupes (ou deux percentiles). Il indique dans quelle mesure les odds qu'une issue survienne sont plus élevés (ou plus faibles) dans un groupe par rapport à l'autre. Un OR de 1 signifie qu'il n'y a pas de différence, un OR supérieur à 1 indique une probabilité accrue, et un OR inférieur à 1 une probabilité réduite.

2.4.2. Effets de l'exposition à long terme : exposition par trimestre de grossesse

Dans une seconde analyse, les effets de l'exposition aux températures élevées ont été examinés au cours des trois trimestres de la grossesse (1er trimestre : semaines 1–12, 2e trimestre : semaines 13–27, 3e trimestre : semaines 28 jusqu'à l'accouchement).

Les associations entre cette exposition et les cinq caractéristiques périnatales (**mortalité fœtale, prématurité, hypotrophie, hypertrophie et faible poids à la naissance**) ont été évaluées à l'aide de modèles de Cox à risques proportionnels (*Cox proportional hazards models*)⁹, qui permettent de prendre en compte le temps écoulé avant la survenue d'un événement (par exemple, une naissance prématurée). Le suivi a commencé à 22 semaines de grossesse. Les résultats sont exprimés en *hazard ratios* (HR)¹⁰ avec leur IC à 95 %, pour la différence entre le 99e et le 75e percentile. Pour modéliser les relations non linéaires entre la température et les issues de naissance, des *splines*¹¹ cubiques naturelles (courbes de lissage flexibles) à trois degrés de liberté ont été appliqués.

Tous les modèles ont été ajustés pour le sexe de l'enfant, l'IMC de la mère, l'âge maternel, le niveau d'éducation de la mère, l'année et la saison de conception. Des analyses en sous-groupes ont également été réalisées par province.

⁹ Le **modèle de Cox à risques proportionnels** est un modèle statistique utilisé pour étudier à quelle vitesse un événement donné se produit dans le temps (par exemple, une naissance prématurée). Il compare des groupes ayant des niveaux d'exposition différents (par exemple, différents niveaux de température) et calcule comment cette exposition influence le rythme ou le « moment d'apparition » de l'événement.

¹⁰ Le terme **hazard** désigne la probabilité qu'un événement (comme une naissance prématurée) survienne à un moment donné, à condition qu'il ne se soit pas encore produit jusque-là. Un **hazard ratio** (HR) compare cette probabilité entre deux groupes (ou deux percentiles).

¹¹ Les **splines** sont une technique statistique permettant de tracer une courbe lisse à travers les données, plutôt qu'une ligne droite. Cela permet de représenter des relations complexes, notamment lorsque l'effet diffère selon les niveaux de température.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques descriptives par province

Au total, 541 421 singletons ont été inclus dans l'analyse, dont 110 913 (20,5 %) sont nés par césarienne, 10 849 (2,0 %) présentaient un score d'Apgar inférieur à 7 à 5 minutes, 2 153 (0,4 %) étaient des mortinaissances, 36 135 (6,7 %) prématurés, 42 378 (7,8%) hypotrophiques, 66 500 (12,3 %) hypertrophiques et 31 747 (5,9 %) avaient un faible poids à la naissance. La température moyenne entre 2012 et 2022 était de 10 °C.

Tableau 1 : Prévalence des caractéristiques périnatales par province (2012–2022).

	TOTAL (n = 541 421)	Brabant wallon (n = 38 154)	Hainaut (n = 112 499)	Liège (n = 121 925)	Namur (n = 52 977)	Luxembourg (n = 30 084)	Bruxelles- Capitale (n = 185 782)
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Césarienne^a	110 913 (20,5)	7 463 (19,6)	24 147 (21,5)	28 228 (23,2)	10 184 (19,2)	6 100 (20,3)	34 791 (18,7)
Score d'Apgar < 7 à 5 min^a	10 849 (2,0)	906 (2,4)	2 381 (2,1)	2 235 (1,8)	845 (1,6)	491 (1,6)	3 991 (2,1)
Mortalité fœtale^{a,b}	2 153 (0,4)	124 (0,3)	417 (0,4)	508 (0,4)	176 (0,3)	110 (0,4)	818 (0,4)
Prématurité^{a,b}	36 135 (6,7)	2 398 (6,3)	8 514 (7,6)	8 970 (7,4)	3 873 (7,3)	1 972 (6,6)	10 408 (5,6)
Hypotrophie^b	42 378 (7,8)	2 417 (6,3)	10 358 (9,2)	10 322 (8,5)	4 418 (8,3)	2 404 (8,0)	12 459 (6,7)
Hypertrophie^b	66 500 (12,3)	5 009 (13,1)	12 331 (11,0)	14 256 (11,7)	6 480 (12,2)	3 754 (12,5)	24 670 (13,3)
Faible poids à la naissance^b	31 747 (5,9)	1 860 (4,9)	7 944 (7,1)	8 047 (6,6)	3 330 (6,3)	1 584 (5,3)	8 982 (4,8)

^a Ces indicateurs font partie de l'approche à court terme.

^b Ces indicateurs font partie de l'approche à long terme.

3.2. Effets à court terme de l'exposition à la chaleur

Aucune des caractéristiques périnatales analysées ne présentait d'association statistiquement significative avec les températures élevées (Figure 2). En comparant le 99^e percentile de la température moyenne durant la semaine précédant l'accouchement au 75^e percentile, nous avons observé une augmentation du risque de césarienne de 1 % (OR = 1,01 ; IC 95 % : 0,95 – 1,08), une augmentation du risque d'avoir un score d'Apgar < 7 à 5 minutes de 4 % (OR = 1,04 ; IC 95 % : 0,83 – 1,31), une diminution du risque de mortalité fœtale de 18 % (OR = 0,82 ; IC 95 % : 0,44 – 1,52) et une augmentation du risque de prématurité de 6 % (OR = 1,06 ; IC 95 % : 0,94 – 1,19). Aucune différence significative n'a été observée entre les provinces.

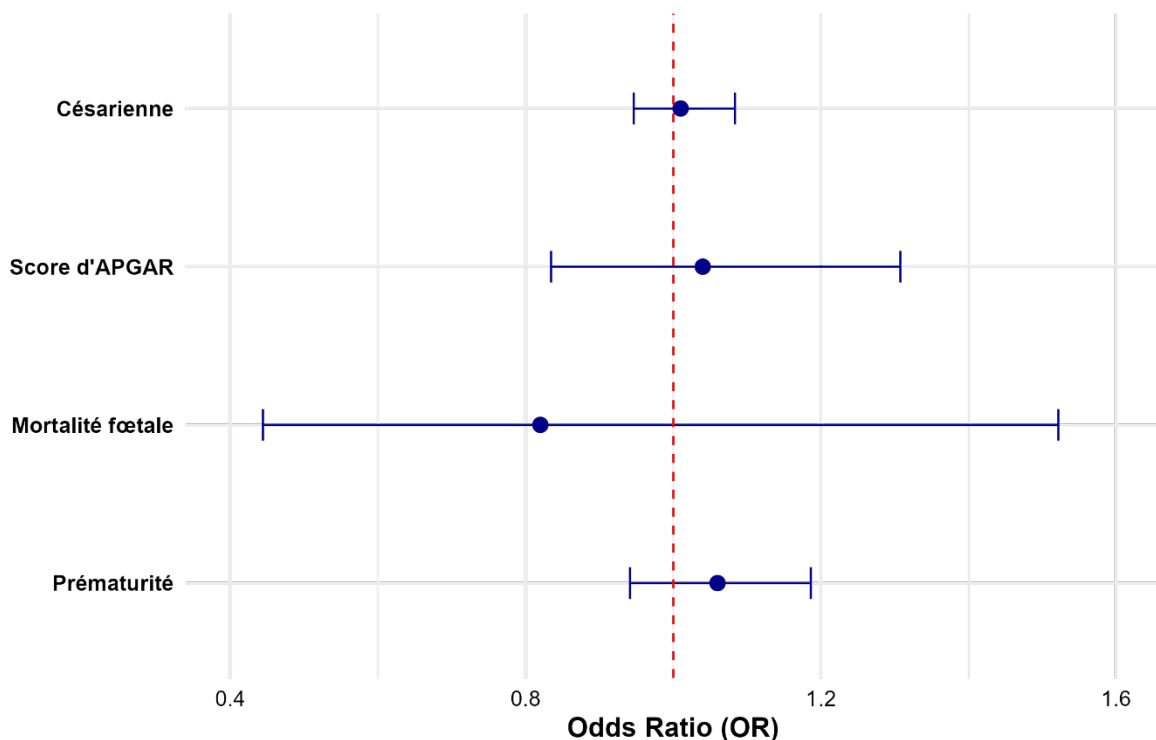


Figure 2 : Effets à court terme d'une exposition à des températures élevées sur quatre caractéristiques périnatales. Comparaison entre le 99^e percentile et le 75^e percentile de la température moyenne sur les six jours précédant l'accouchement, exprimée en *odds ratios* (OR) et intervalles de confiance (IC) à 95 %, pour chaque caractéristique étudiée : césarienne, score d'Apgar < 7 à 5 minutes, mortalité fœtale et prématurité.

3.3. Effets à long terme de l'exposition à la chaleur selon le trimestre de grossesse

Ces résultats montrent que les associations les plus fortes ont été observées de manière cohérente au cours du troisième trimestre pour l'ensemble des caractéristiques périnatales étudiées (Figure 3). Une augmentation de la température moyenne du 75^e au 99^e percentile durant le troisième trimestre était associée à une augmentation de 80 % du risque de mortalité fœtale (HR = 1,80 ; IC 95 % : 1,44 – 2,24), une augmentation de 54 % du risque de naissance prématurée (HR = 1,54 ; IC 95 % : 1,47 – 1,61), une augmentation de 20 % du risque d'hypotrophie (HR = 1,20 ; IC 95 % : 1,15 – 1,25), une augmentation de 6 % du risque d'hypertrophie (HR = 1,06 ; IC 95 % : 1,03 – 1,10) et une augmentation de 45 % du risque de faible poids à la naissance (HR = 1,45 ; IC 95 % : 1,38 – 1,52).

En outre, une augmentation de 30 % du risque de mortalité fœtale (HR = 1,30 ; IC 95 % : 1,08 – 1,57) a été observé, ainsi que 5 % du risque de prématurité (HR = 1,05 ; IC 95 % : 1,01 – 1,10) lors d'une exposition à des températures élevées au cours du premier trimestre. Une augmentation de 5 % du risque d'hypertrophie (HR = 1,05 ; IC 95 % : 1,02 – 1,08) a également été constatée en cas d'exposition durant le deuxième trimestre. Aucune différence significative n'a été observée entre les provinces.

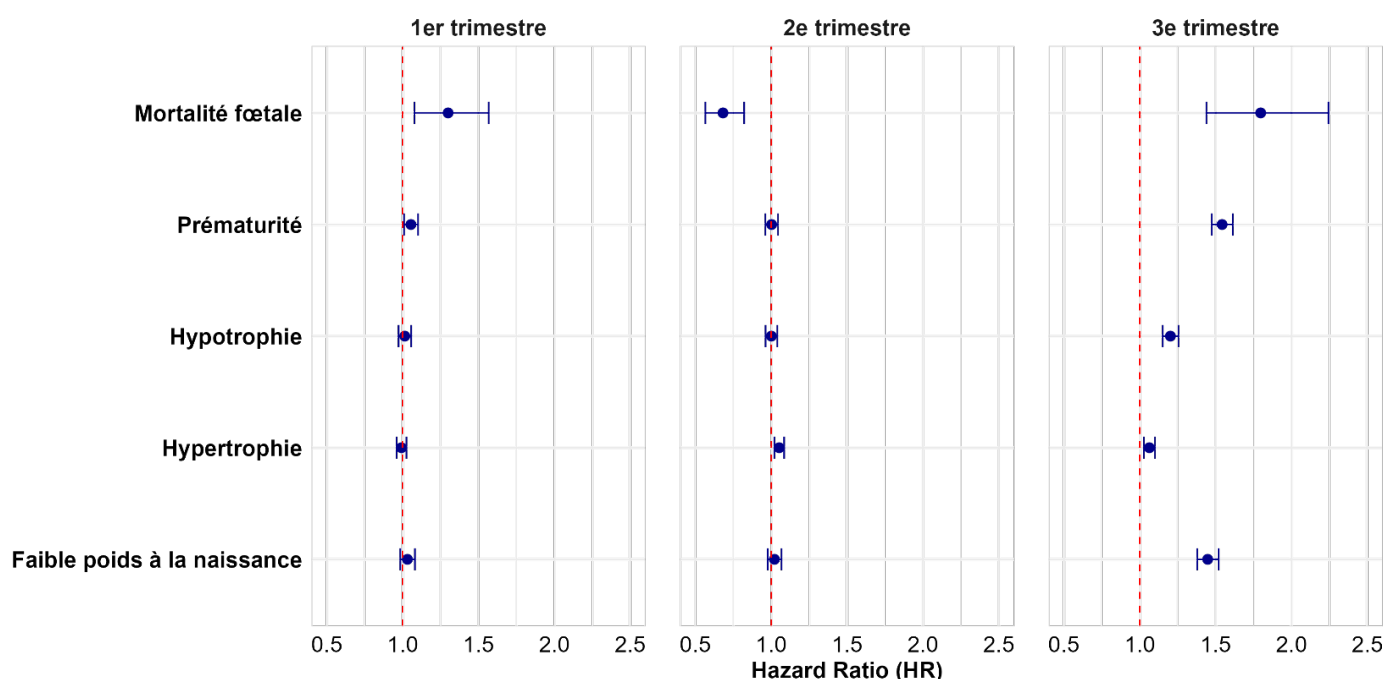


Figure 3 : Effets d'une exposition à des températures élevées durant la grossesse sur cinq caractéristiques périnatales. Comparaison entre le 99^e percentile et le 75^e percentile de la température moyenne au cours de chaque trimestre de grossesse (1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} trimestre), exprimée en *hazard ratios* (HR) et intervalles de confiance (IC) à 95 %, pour chaque caractéristique étudiée : mortalité fœtale, prématurité, hypotrophie, hypertrophie et faible poids à la naissance.

4. Discussion

Les données confirment que l'exposition maternelle à des températures élevées durant la grossesse constitue un facteur environnemental susceptible d'influencer défavorablement plusieurs issues périnatales. Dans les trois régions considérées — Wallonie, Bruxelles et Flandre (28)¹²— les associations les plus marquées sont systématiquement observées au cours du troisième trimestre de la gestation.

En Wallonie et à Bruxelles, une augmentation de la température du 75^e au 99^e percentile pendant ce trimestre était associée à une hausse de 80 % du risque de mortalité fœtale, de 54 % pour la prématurité, de 20 % pour l'hypotrophie, de 6 % pour l'hypertrophie et de 45 % pour le faible poids à la naissance. En Flandre, des tendances similaires ont été observées, avec des effets légèrement moins prononcés (respectivement 70 %, 55 %, 14 %, 6 % et 45 %). Ces résultats suggèrent une vulnérabilité accrue aux températures plus élevées pendant les derniers mois de la grossesse, indépendamment de la région.

Concernant les effets à court terme, analysés sur les six jours précédant l'accouchement, aucune association statistiquement significative n'a été mise en évidence en Wallonie et à Bruxelles. En Flandre, seule une augmentation significative de 14 % du risque de naissance prématurée a été observée. Toutefois, cette association disparaissait lorsqu'on procédait à une analyse par province. Bien que l'effet soit toujours présent dans la même direction, la taille réduite de l'échantillon à ce niveau a probablement entraîné une diminution de la puissance statistique. Pour les autres caractéristiques périnatales, telles que la césarienne, le faible score d'Apgar et la mortalité fœtale, aucun lien significatif n'a été démontré. Dans l'ensemble, l'exposition à court terme à des températures élevées semble donc avoir un impact plus limité et moins cohérent que l'exposition prolongée au cours de certains trimestres.

Les résultats observés en Belgique sont globalement en accord avec les constats d'une revue systématique récente (11) ainsi qu'avec les résultats d'autres pays européens participants au projet *HIGH Horizons*. En Suède, en Italie et en Grèce, des risques accrus de mortalité fœtale, prématurité, hypotrophie et hypertrophie ont également été constatés lors d'une exposition à des températures élevées durant le troisième trimestre (27). Il est intéressant de noter que ce ne serait pas tant la température absolue qui jouerait un rôle clé, mais plutôt l'exposition à des températures extérieures relativement élevées pour la période et la région concernées. Ainsi, les femmes enceintes en Suède et en Belgique se sont révélées plus sensibles aux effets de la chaleur à des températures modérées qui, dans leur climat local et leur saison, sont considérées comme exceptionnellement chaudes, contrairement aux femmes des pays d'Europe du Sud comme l'Italie ou la Grèce, où de telles températures sont plus fréquentes (27, 29).

Il est essentiel de souligner qu'il est impossible de définir une température seuil universelle à partir de laquelle les risques périnataux augmenteraient. Nos analyses indiquent que c'est plutôt

¹² Les résultats pour la Flandre sont basés sur une analyse distincte, réalisée selon exactement la même méthodologie, et sont présentés en détail dans le dossier spécial du *Studiecentrum voor Perinatale Epidemiologie* (SPE).

l'augmentation de température en elle-même, par exemple entre le 75^e et le 99^e percentile, qui est associée à un risque accru, indépendamment de la température de départ. Cela implique qu'en Belgique aussi, des hausses soudaines ou prolongées de température, même modérées (15 à 20 °C), peuvent être problématiques. Bien que nos modèles aient pris en compte la saison, aucune différence significative entre les saisons n'a été observée. Cela implique que le risque n'est pas limité aux mois d'été les plus chauds, mais peut également se manifester lors de périodes exceptionnellement chaudes au printemps ou en automne. Ce constat a des implications importantes en matière de prévention. En pratique, cela signifie que la vigilance ne doit pas se limiter aux périodes de canicule, mais aussi s'appliquer lors de périodes inhabituellement chaudes au printemps ou durant des semaines estivales modérément chaudes.

Bien que ces résultats apportent des éléments importants à la compréhension des effets de la chaleur sur les issues périnatales, leur interprétation doit rester prudente. L'exposition thermique a été estimée à partir des températures extérieures moyennes par commune ou ville, sans pouvoir tenir compte des variations individuelles liées notamment aux conditions de logement, au contexte professionnel ou aux comportements personnels. Il est également établi que la population passe en moyenne environ 90 % de son temps en intérieur (30), alors que les analyses reposent exclusivement sur des mesures de température extérieure.

D'autres déterminants environnementaux ou sociaux — tels que la qualité de l'habitat, l'accès à des espaces rafraîchissants, les conditions de travail ou le statut socio-économique — sont susceptibles de moduler l'exposition réelle à la chaleur et les vulnérabilités associées. Ces informations n'étaient toutefois pas disponibles dans les données utilisées et n'ont donc pas pu être intégrées dans les modèles analytiques.

Cette étude présente néanmoins plusieurs atouts majeurs. La mise en commun des données du CEpiP pour la Wallonie et Bruxelles et du SPE pour la Flandre a permis d'effectuer des comparaisons régionales au sein d'un même pays. Le protocole d'analyse harmonisé dans le cadre du projet *HIGH Horizons* a garanti une cohérence méthodologique et une comparabilité internationale. Les analyses spécifiques par trimestre ont apporté des informations précieuses sur les périodes de grossesse les plus sensibles aux effets de la chaleur. De plus, l'utilisation de modèles statistiques avancés a permis de distinguer les effets aigus et chroniques de l'exposition à la chaleur, tout en tenant compte de facteurs de confusion importants comme l'âge maternel, l'IMC et le niveau d'instruction. Un autre point fort réside dans la couverture exhaustive des naissances en Wallonie et à Bruxelles par le registre, avec une qualité de données élevée et des variables permettant de contrôler les facteurs individuels de confusion. Cela renforce non seulement la fiabilité des résultats, mais souligne également la valeur de ce type d'études de registre pour la prévention et l'élaboration de politiques publiques.

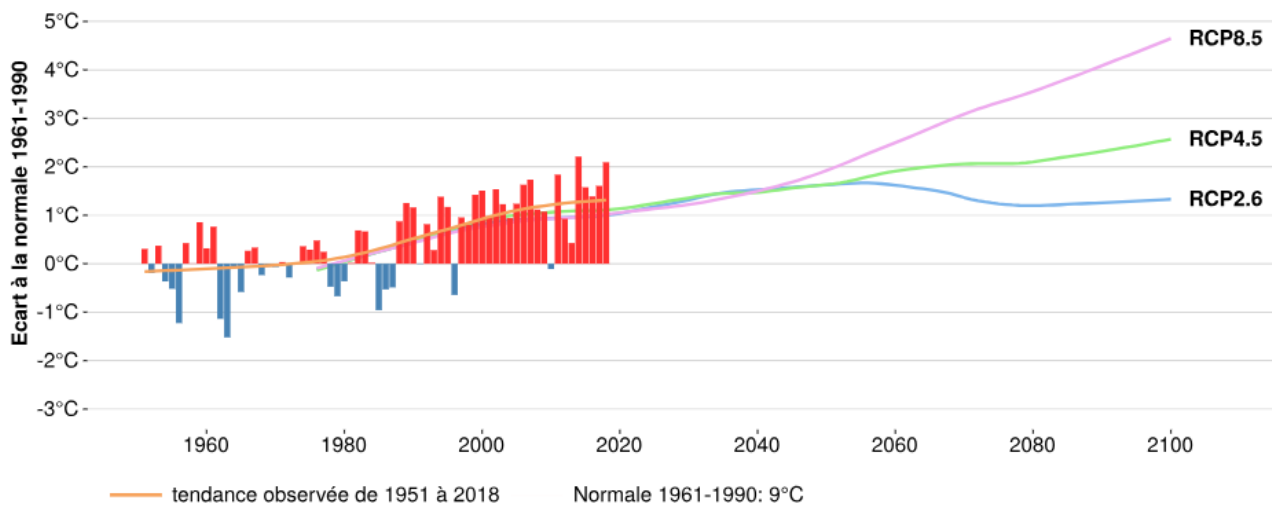
À ce jour, les femmes enceintes et les nouveau-nés sont encore trop peu considérés comme un groupe à risque dans les plans d'action contre la chaleur (31-34), y compris en Belgique. Pourtant, les résultats de cette étude soulignent l'importance d'intégrer la prévention des risques

liés à la chaleur dans les soins périnataux. Une vigilance accrue est particulièrement recommandée durant le troisième trimestre. Les prestataires de soins peuvent jouer un rôle actif en informant les femmes enceintes sur des mesures simples à adopter lors des périodes chaudes, telles que s'hydrater correctement, des pauses régulières et l'évitement des efforts physiques pendant les heures les plus chaudes. Un aperçu des recommandations concrètes à destination des professionnels et des décideurs est présenté en fin de dossier.

Dans ce contexte, un appel clair est également adressé aux décideurs politiques, tant aux niveaux national et européen qu'international, afin d'intensifier les efforts visant à atteindre les objectifs de l'Accord de Paris, à savoir maintenir l'augmentation de la température mondiale bien en deçà de 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle. Comme illustré dans la Figure 4, les projections climatiques pour la Belgique s'appuient sur trois scénarios : un scénario à fortes contraintes d'atténuation (RCP2.6) compatible avec les objectifs de Paris, un scénario intermédiaire (RCP4.5) et un scénario d'émissions non maîtrisées (RCP8.5) (1).

Les associations significatives observées entre des hausses de température relativement modérées et plusieurs issues périnatales défavorables démontrent que, même dans un climat tempéré comme celui de la Belgique, les effets du changement climatique sont déjà perceptibles. Ces constats rappellent que nul n'est épargné — y compris l'enfant à naître, et par conséquent les générations futures — et soulignent l'urgence de renforcer les mesures de prévention (9, 35, 36).

Projections climatiques jusqu'à 2100 selon 3 scénarios d'émission de GES (RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5).
Observations de 1951 à 2018 (moyenne de 8 stations historiques)



Evolution de la température moyenne en Belgique (représentée par l'écart à la normale 1961-1990) pour la période 1951-2100. Les lignes correspondent aux tendances observées ainsi qu'à celles du modèle climatique de l'IRM selon les divers scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GES). Les barres verticales rouges et bleues représentent les moyennes annuelles observées jusqu'en 2018.

Figure 4: Evolution de la température annuelle moyenne en Belgique (1).

5. Conclusion

Les résultats montrent que, même dans un climat tempéré comme celui de la Wallonie ou de Bruxelles, l'exposition à des températures élevées pendant la grossesse — en particulier au cours du troisième trimestre — est associée à une augmentation nette du risque d'issues périnatales défavorables. Ces observations s'inscrivent dans la continuité des travaux internationaux et confirment que la hausse des températures ne constitue pas un phénomène distant : elle exerce déjà un impact tangible sur la santé des femmes enceintes et de leurs enfants en Belgique.

Pour les prestataires de soins, ces constats soulignent l'importance d'une vigilance accrue lors des périodes de chaleur. Des mesures simples, telles qu'une hydratation suffisante, des périodes de repos régulières et l'évitement des efforts physiques durant les heures les plus chaudes, peuvent contribuer de manière significative à la prévention. L'information et l'accompagnement des femmes enceintes demeurent donc des éléments essentiels des soins périnataux.

Pour les décideurs politiques, ces résultats rappellent la nécessité d'intégrer pleinement la problématique de la chaleur dans les politiques de prévention et de santé publique. Les investissements dans les plans canicule, les campagnes de sensibilisation et les mesures structurelles visant à protéger les populations vulnérables représentent des actions indispensables. Par ailleurs, ces observations réaffirment l'importance stratégique des objectifs de l'Accord de Paris : la limitation de l'augmentation des températures mondiales entraînera des bénéfices majeurs pour la santé des générations actuelles et futures.

En définitive, la chaleur constitue un risque avéré pour les femmes enceintes et leurs enfants, même en Wallonie et à Bruxelles. Une action rapide, tant dans la pratique clinique que dans le domaine des politiques publiques, est essentielle pour réduire ce risque, prévenir des issues graves et protéger durablement la santé des populations.

6. Remerciements

Nous tenons à remercier le consortium *HIGH Horizons* pour l'invitation à participer à ce projet. Nous leur sommes particulièrement reconnaissants pour le partage du plan d'analyse, du dictionnaire de variables et des données d'exposition à la chaleur pour la Belgique, ainsi que pour leur précieux soutien dans l'interprétation des analyses et la gestion de grandes bases de données. Nous souhaitons remercier tout spécialement Lebohang Radebe, Mian Bao, Matthew Chersich, Jeroen de Bont, Michalis Koureas, Tobias Monthaler, Eline Holvoet et Birgit Kerstens pour leurs contributions concrètes.

Le projet *HIGH Horizons* a reçu un financement du *Horizon Europe Framework Programme* de l'Union européenne (Convention de subvention n° 101057843). Le partenaire du projet *LSHTM* a également bénéficié du soutien de *UKRI Innovate UK* (référence n° 10038478). Enfin, nous remercions l'Observatoire de la Santé et du Social de Bruxelles-Capitale et l'Agence pour une Vie de Qualité pour la mise à disposition des données.

7. Références

1. IRM. Le climat à l'horizon 2100 [Available from: <https://www.meteo.be/fr/climat/changement-climatique-en-belgique/le-climat-a-lhorizon-2100>].
2. Quilcaille Y, Gudmundsson L, Schumacher DL, Gasser T, Heede R, Heri C, et al. Systematic attribution of heatwaves to the emissions of carbon majors. *Nature*. 2025;645(8080):392-8.
3. IRM. Tendances observées en Belgique [Available from: <https://www.meteo.be/fr/climat/changement-climatique-en-belgique/en-belgique>].
4. Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A, Connors SL, Péan C, Berger S, et al. Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. 2021;2(1):2391.
5. Bevacqua E, Schleussner C-F, Zscheischler J. A year above 1.5 °C signals that Earth is most probably within the 20-year period that will reach the Paris Agreement limit. *Nature Climate Change*. 2025;15(3):262-5.
6. WMO. State of the Global Climate 2024. World Meteorological Organization; 2025.
7. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change and Land: IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. Cambridge: Cambridge University Press; 2022.
8. Gallo E, Quijal-Zamorano M, Méndez Turrubiates RF, Tonne C, Basagaña X, Achebak H, et al. Heat-related mortality in Europe during 2023 and the role of adaptation in protecting health. *Nature Medicine*. 2024;30(11):3101-5.
9. Prüss-Üstün A, Wolf J, Corvalán C, Bos R, Neira M. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks: World Health Organization; 2016.
10. Samuels L, Nakstad B, Roos N, Bonell A, Chersich M, Havenith G, et al. Physiological mechanisms of the impact of heat during pregnancy and the clinical implications: review of the evidence from an expert group meeting. *International Journal of Biometeorology*. 2022;66(8):1505-13.
11. Lakhoo DP, Brink N, Radebe L, Craig MH, Pham MD, Haghighi MM, et al. A systematic review and meta-analysis of heat exposure impacts on maternal, fetal and neonatal health. *Nature Medicine*. 2025;31(2):684-94.
12. Chersich MF, Pham MD, Areal A, Haghighi MM, Manyuchi A, Swift CP, et al. Associations between high temperatures in pregnancy and risk of preterm birth, low birth weight, and stillbirths: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2020;371:m3811.
13. Mehta M, Basu R, Ghosh R. Adverse effects of temperature on perinatal and pregnancy outcomes: methodological challenges and knowledge gaps. *Frontiers in Public Health*. 2023;11:1185836.
14. Ilango SD, Weaver M, Sheridan P, Schwarz L, Clemesha RES, Bruckner T, et al. Extreme heat episodes and risk of preterm birth in California, 2005-2013. *Environment International*. 2020;137:105541.
15. Savitz DA, Hu H. Ambient heat and stillbirth in Northern and Central Florida. *Environmental Research*. 2021;199:111262.
16. Shankar K, Hwang K, Westcott JL, Saleem S, Ali SA, Jessani S, et al. Associations between ambient temperature and pregnancy outcomes from three south Asian sites of the Global

- Network Maternal Newborn Health Registry: A retrospective cohort study. *BJOG*. 2023;130(S3):124-33.
17. Ye T, Guo Y, Huang W, Zhang Y, Abramson MJ, Li S. Heat Exposure, Preterm Birth, and the Role of Greenness in Australia. *JAMA Pediatrics*. 2024;178(4):376-83.
 18. Chen X, Chen S, Zhu Z, Luo J, Wang H, Wulayin M, et al. Identifying the critical windows and joint effects of temperature and PM(2.5) exposure on small for gestational age. *Environment International*. 2023;173:107832.
 19. Ha S, Zhu Y, Liu D, Sherman S, Mendola P. Ambient temperature and air quality in relation to small for gestational age and term low birthweight. *Environmental Research*. 2017;155:394-400.
 20. de Bont J, Stafoggia M, Nakstad B, Hajat S, Kovats S, Part C, et al. Associations between ambient temperature and risk of preterm birth in Sweden: A comparison of analytical approaches. *Environmental Research*. 2022;213:113586.
 21. Bonell A, Sonko B, Badjie J, Samateh T, Saidy T, Sosseh F, et al. Environmental heat stress on maternal physiology and fetal blood flow in pregnant subsistence farmers in The Gambia, west Africa: an observational cohort study. *The Lancet Planetary Health*. 2022;6(12):e968-e76.
 22. Haghighi MM, Wright CY, Ayer J, Urban MF, Pham MD, Boeckmann M, et al. Impacts of High Environmental Temperatures on Congenital Anomalies: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(9).
 23. Blavier F, Barbe K, Faron G, Doutreloup S, Boukerrou M, Fuchs F, et al. Effect of air temperature on human births, preterm births and births associated with maternal hypertension. *Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*. 2022;35(25):6663-9.
 24. Cox B, Vicedo-Cabrera AM, Gasparrini A, Roels HA, Martens E, Vangronsveld J, et al. Ambient temperature as a trigger of preterm delivery in a temperate climate. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2016;70(12):1191-9.
 25. Horizons H. Protecting pregnant and postpartum women, infants, children, and health workers from increasing heat 2025 [Available from: <https://www.high-horizons.eu/>].
 26. Radebe L, Brimicombe C, Koureas M, Nobile F, Bao M, Pereda Suárez P, et al. Short term heat exposure and birth outcomes in Europe, Africa and Latin America and the Caribbean: a multi-country case-crossover analysis and meta-analysis Manuscript under review. 2025.
 27. Bao M, Nobile F, Koureas M, Bottini I, Fomenko E, Brimicombe C, et al. Trimester-specific exposure to multiple heat indicators and adverse birth outcomes across four European countries Manuscript under review. 2025.
 28. Fomenko E, Bentouhami H, Luchters S. Warmteblootstelling tijdens de zwangerschap in Vlaanderen: Korte- en langetermijneffecten op perinatale uitkomsten. Studiecentrum voor Perinatale Epidemiologie; 2025.
 29. European Commission. Heat Indicators for Global Health (HIGH Horizons): monitoring, Early Warning Systems and health facility interventions for pregnant and postpartum women, infants and young children and health workers HIGH Horizons Grant agreement ID: 1010578432025 [Available from: <https://doi.org/10.3030/101057843>].
 30. Klepeis NE, Nelson WC, Ott WR, Robinson JP, Tsang AM, Switzer P, et al. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*. 2001;11(3):231-52.
 31. Czerniewska A, Brimicombe C, Saez Reale A, Shumake-Guillemot J, Sharkey A, Portela A. How is maternal, newborn, and child health addressed in Heat Health Action Plans? A scoping review and content analysis. *Journal of Global Health*. 2025;15:04157.
 32. Service Public Fédéral Santé publique Sécurité de la chaîne alimentaire et Environnement. Plan Forte Chaleur et Pics d'Ozone. 2019.

33. AVIQ. Plan Wallon Forte Chaleur et Pics d'Ozone. 2015.
34. Bruxelles Environnement. Plan « Forte chaleur et pics d’ozone » 2025 [Available from: <https://qualitedelair.brussels/content/plan-forte-chaleur-et-pics-dozone>].
35. Thiery W, Lange S, Rogelj J, Schleussner CF, Gudmundsson L, Seneviratne SI, et al. Intergenerational inequities in exposure to climate extremes. *Science*. 2021;374(6564):158-60.
36. Bansal A, Cherbuin N, Davis DL, Peek MJ, Wingett A, Christensen BK, et al. Heatwaves and wildfires suffocate our healthy start to life: time to assess impact and take action. *The Lancet Planetary Health*. 2023;7(8):e718-e25.