

Faculté des sciences économiques,
sociales, politiques et de communication
École des sciences politiques et sociales (PSAD)

Impacts de l'exposition *in utero* aux vagues de chaleur sur les issues défavorables à la grossesse

Analyse du cas de l'Inde en 2019

Auteur : Lola Marchal
Promoteur : Bruno Masquelier
Lecteur : Damien Delforge
Année académique 2022-2023
Master en Science de la Population et du Développement

REMERCIEMENTS

J'aimerais tout d'abord remercier mon promoteur Monsieur Bruno Masquelier pour sa disponibilité, ses conseils méthodologiques et son soutien du début à la fin de l'élaboration de ce mémoire.

Je remercie également le corps professoral du Master en Sciences de la Population et du Développement qui m'ont permis d'acquérir les compétences et la maîtrise des outils nécessaires à la rédaction d'un travail de recherche comme celui-ci.

D'un point de vue plus personnel, j'aimerais remercier mes parents, mes cokoteurs du Kap Vert et du FairKot, ainsi que mes amies Romane Saillez et Carole Warny. Ces personnes ont constitué pour moi un véritable pilier tout au long de mes études et je leur suis infiniment reconnaissante pour l'écoute attentive, le soutien constant et les précieux conseils qu'ils m'ont offerts au fil de ces années et pour la concrétisation de ce travail final.

Je souhaite également exprimer ma gratitude envers Monsieur Damien Delforge pour avoir accepté de relire avec attention ce texte en vue de sa défense orale.

DÉCLARATION DÉONTOLOGIQUE

« Je déclare sur l'honneur que ce mémoire a été écrit de ma plume, sans avoir sollicité d'aide extérieure illicite, qu'il n'est pas la reprise d'un travail présenté dans une autre institution pour évaluation, et qu'il n'a jamais été publié, en tout ou en partie. Toutes les informations (idées, phrases, graphes, cartes, tableaux...) empruntées ou faisant référence à des sources primaires ou secondaires sont référencées adéquatement selon la méthode universitaire en vigueur.

Je déclare avoir pris connaissance et adhérer au Code de déontologie pour les étudiant(e)s en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses et savoir que le plagiat constitue une faute grave. »

1 TABLE DES MATIERES

1	TABLE DES MATIERES	1
2	TABLE DES ILLUSTRATIONS	2
2.1	FIGURES	2
2.2	TABLEAUX	3
3	INTRODUCTION	5
4	REVUE DE LA LITTERATURE.....	7
4.1	CONTEXTE	7
4.1.1	<i>Changement climatique</i>	<i>7</i>
4.1.2	<i>Santé environnementale</i>	<i>8</i>
4.2	LES VAGUES DE CHALEUR	10
4.2.1	<i>Définition.....</i>	<i>10</i>
4.2.2	<i>Prévisions des vagues de chaleur dans le futur</i>	<i>11</i>
4.2.3	<i>Effets de la chaleur extrême sur la santé humaine</i>	<i>13</i>
4.3	LES ISSUES DEFAVORABLES A LA GROSSESSE	14
4.3.1	<i>Facteurs associés à des issues défavorables à la grossesse</i>	<i>15</i>
4.3.2	<i>Description détaillée des issues défavorables à la grossesse</i>	<i>18</i>
4.4	EFFETS CONNUS DE L'EXPOSITION <i>IN UTERO</i> A LA CHALEUR SUR LES RESULTATS DEFAVORABLES A LA GROSSESSE.....	22
5	QUESTION DE RECHERCHE ET HYPOTHESES	28
6	ANALYSE DE CAS : L'INDE.....	29
6.1	ÉTAT DES LIEUX DES ISSUES DEFAVORABLES A LA GROSSESSE EN INDE	30
6.1.1	<i>Faible poids à la naissance</i>	<i>30</i>
6.1.2	<i>Petite taille à la naissance.....</i>	<i>30</i>
6.1.3	<i>Prématurité</i>	<i>30</i>
6.1.4	<i>Mortalité néonatale et mortalité néonatale précoce.....</i>	<i>31</i>
6.1.5	<i>Mortinatalité.....</i>	<i>31</i>
6.2	CARACTERISTIQUES DU CLIMAT DE L'INDE	32
6.3	VAGUES DE CHALEUR EN INDE	34
6.3.1	<i>Définition adoptée.....</i>	<i>34</i>
6.3.2	<i>Tendances historiques et prédiction des futures vagues de chaleur</i>	<i>34</i>
6.3.3	<i>La vague de chaleur de 2019 en Inde</i>	<i>38</i>
6.4	STRATEGIES D'ADAPTATION ET DE PREVENTION	39
7	METHODOLOGIE	43
7.1	SOURCES DES DONNEES.....	43

7.1.1	<i>Les issues défavorables à la grossesse</i>	43
7.1.2	<i>Les températures</i>	43
7.2	PREPARATION DE L'ANALYSE	45
7.2.1	<i>Pondération des données et exclusions</i>	45
7.2.2	<i>Variables relatives aux vagues de chaleur</i>	46
7.2.3	<i>Variables relatives aux issues défavorables à la grossesse</i>	47
7.2.4	<i>Variables de contrôle</i>	48
7.3	ÉCHANTILLON	50
7.4	ANALYSE	50
8	RESULTATS	52
8.1	DESCRIPTION DES DONNEES	52
8.1.1	<i>Exposition à la vague de chaleur</i>	52
8.1.2	<i>Issues défavorables à la naissance</i>	53
8.1.3	<i>Variables de contrôle</i>	54
8.2	ANALYSE UNIVARIEE	56
8.2.1	<i>L'exposition à la vague de chaleur</i>	56
8.2.2	<i>Les variables de contrôle</i>	58
8.3	ANALYSE MULTIVARIEE.....	60
9	DISCUSSION ET LIMITES	63
10	CONCLUSION	66
11	BIBLIOGRAPHIE	68
12	ANNEXES	78

2 TABLE DES ILLUSTRATIONS

2.1 FIGURES

FIGURE 1 : RESUME SCHEMATIQUE DES PRINCIPALES VOIES PAR LESQUELLES LE CHANGEMENT CLIMATIQUE AFFECTE LA SANTÉ DE LA POPULATION (MCMICHAEL, WOODRUFF & HALES, 2006)	9
FIGURE 2 : NOMBRE DE JOURS PAR AN AVEC DES TEMPERATURES MAXIMALES SUPERIEURES A 35 °C POUR (DE HAUT EN BAS) DES NIVEAUX DE RECHAUFFEMENT DE 1,5, 2, 3 ET 4 °C (DOMEISEN & AL., 2023 ; DONNEES ISSUES DE IPCC, 2023)	12
FIGURE 3 : FACTEURS DE RISQUE ASSOCIES AUX ISSUES DEFAVORABLES A LA GROSSESSE (ADAPTE DE TAMIRAT & AL., 2021)	15
FIGURE 4 : CARTE POLITIQUE DE L'INDE REPRESENTANT LES ÉTATS ET LES DIFFERENTES ZONES GEOGRAPHIQUES DU PAYS (PRODUCTION PROPRE)	29
FIGURE 5 : TEMPERATURES ANNUELLES MOYENNES DE L'INDE (ISSU DE SIROHI & MICHAELOWA, 2007)	32

FIGURE 6 : NOMBRE DE DECES CAUSES PAR UNE VAGUE DE CHALEUR / VAGUE DE CHALEUR SEVERE : 1970-2010. LES BARRES VERTICALES CORRESPONDANT AUX ANNEES EL NIÑO (LA NIÑA) SONT ETIQUETTES E (L) (PAI, NAIR & RAMANATHAN, 2013).	35
FIGURE 7 : REPRESENTATION GEOGRAPHIQUE DE L'INDICE DE VULNERABILITE A LA CHALEUR (AZHAR & AL., 2017)	36
FIGURE 8 : INTENSIFICATION DES VAGUES DE CHALEUR SEVERES POUR DIFFERENTS SCENARIOS D'EMISSIONS (MURARI & AL., 2015)	37
FIGURE 9: TEMPERATURES ENREGISTREES LE 10 JUIN 2019 DANS DIFFERENTES VILLES D'INDE (NASA EARTH OBSERVATORY, 2019)	38
FIGURE 10 : LOCALISATION DES STATIONS METEOROLOGIQUES SELECTIONNEES	45

2.2 TABLEAUX

TABLEAU 1: EXPOSITION A LA VAGUE DE CHALEUR DANS LES DIFFERENTS ÉTATS INDIENS, NOS CALCULS A PARTIR DES DONNEES EDS ET DES BASES DE DONNEES DE NOAA ET DE L'IMD (2023)	52
TABLEAU 2: EFFECTIF ET POURCENTAGE DES ISSUES DEFAVORABLES A LA GROSSESSE RECENSEES DANS CHAQUE ZONE GEOGRAPHIQUE D'INDE	54
TABLEAU 3: STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES VARIABLES INCLUSES DANS L'ANALYSE, POUR L'ÉCHANTILLON ET LA POPULATION ENTIERE	55
TABLEAU 4: REGRESSIONS LOGISTIQUES UNIVARIEES ENTRE LES ISSUES DEFAVORABLES A LA GROSSESSE ET A) L'EXPOSITION A LA VAGUE DE CHALEUR ; B) LE NOMBRE DE JOURS D'EXPOSITION A LA VAGUE DE CHALEUR	57
TABLEAU 5: REGRESSIONS LOGISTIQUES UNIVARIEES POUR CHAQUE ISSUE DEFAVORABLE A LA GROSSESSE ET LES VARIABLES DE CONTROLE	59
TABLEAU 6 : REGRESSIONS LOGISTIQUES UNIVARIEES ET MULTIVARIEES ENTRE LES ISSUES DEFAVORABLES A LA GROSSESSE ET A) L'EXPOSITION A LA VAGUE DE CHALEUR ; B) LE NOMBRE DE JOURS D'EXPOSITION A LA VAGUE DE CHALEUR	61

3 INTRODUCTION

Le 23 juin dernier, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) annonçait dans un communiqué de presse la nomination de la Docteure Vanessa Kerry au poste tout récemment créé d'Envoyée spéciale du Directeur général pour les changements climatiques et la santé, réaffirmant ainsi sa détermination à accorder une priorité majeure à la problématique des changements climatiques et à leur influence sur la santé mondiale. Les évolutions que connaît notre climat seraient, selon l'Organisation, en passe de devenir « *le plus grand défi sanitaire du XXI^e siècle* » (World Health Organization, 2023a). En effet, alors que divers facteurs environnementaux sont de plus en plus pointés du doigt comme étant associés à une morbidité et une mortalité accrue, la communauté scientifique alerte sur l'intensification du changement climatique dans le futur.

L'Inde, en raison de sa population considérable et de sa diversité climatique, est fortement concernée par ces enjeux de santé publique. Notamment, les impacts sanitaires causés par les vagues de chaleur qui frappent le pays de plus en plus intensément constituent un risque majeur pour la population. C'est particulièrement préoccupant pour les groupes vulnérables desquels font partie les femmes enceintes. En effet, en raison de leurs capacités thermorégulatrices réduites, celles-ci risquent de souffrir de la chaleur extrême plus que d'autres personnes. Or, la santé maternelle est l'un des principaux déterminants de différentes issues défavorables à la grossesse, qui à leur tour peuvent causer de graves problèmes de santé pour les bébés qui en souffrent, y compris sur le long terme.

La vague de chaleur qui s'abattit sur l'Inde au printemps de l'année 2019 semble être un cas pertinent pour étudier l'association entre l'exposition prénatale aux vagues de chaleur et diverses issues défavorables à la grossesse, association qui, par ailleurs, a déjà démontrée par la littérature dans d'autres contextes. Cet événement fut en effet l'un des plus longs de l'histoire du pays et s'étendit à de nombreuses régions. En outre, la forte prévalence de ces problèmes ainsi que des vagues de chaleur en Inde nous amènent à penser qu'il est essentiel de mieux comprendre la relation qui lie ces deux phénomènes dans ce pays.

A travers cette étude, nous nous interrogerons donc sur les impacts potentiels que l'exposition *in utero* à la vague de chaleur de 2019 ont pu avoir sur la survenue d'issues défavorables à la grossesse, dans le contexte de l'Inde. Cette étude cherchera donc à

déterminer s'il existe des associations entre cette exposition et la présence de tels résultats à savoir un faible poids ou une petite taille à la naissance, une prématurité ou un décès néonatal (précoce ou non). Il s'agira en outre d'évaluer si ces associations sont modifiées par la prise en compte différents facteurs de risque d'ordre obstétrique, socio-économique et sanitaire, prouvés comme influençant la survenue de ces résultats négatifs.

Pour répondre à ces questionnements, une large revue de la littérature a été effectuée avant de réaliser des analyses statistiques. Plusieurs régressions logistiques univariées et multivariées ont ainsi été menées à partir de données issues de l'Enquête Démographique et de Santé (EDS) réalisée en Inde entre 2019 et 2021 ainsi que de données de températures issues du Service Météorologique Indien (IMD) et de l'Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA). Au total, ce sont 27 129 naissances ayant eu lieu dans 26 États indiens entre le mois de mai 2019 et le mois de mars 2020 qui ont été étudiées.

Dans un premier temps, nous établirons le contexte général dans lequel se situe cette recherche. Nous détaillerons ensuite le phénomène des vagues de chaleur, leur évolution dans le temps ainsi que leurs effets sur la mortalité et la morbidité. Une description détaillée des diverses issues défavorables à la grossesse et des facteurs les affectant sera également réalisée. Dans un second temps, cette étude se penchera sur le cas particulier de l'Inde. Un état des lieux concernant les cas de faible poids et taille à la naissance, de prématurité, de mortalité néonatale (précoce ou non) et de mortinatalité dans le contexte indien sera tout d'abord dressé. Ensuite, les caractéristiques climatiques et celles des vagues de chaleur qui touchent le pays seront décrites. Les différentes stratégies d'adaptation et de prévention existant pour lutter contre les effets néfastes de ces phénomènes météorologiques seront en outre présentées. Une partie méthodologique détaillant les sources de données et les informations relatives aux analyses statistiques menées précédera la description des résultats de la recherche. Enfin, ces derniers seront discutés et ce mémoire conclu par diverses perspectives pour des recherches futures.

4 REVUE DE LA LITTÉRATURE

4.1 CONTEXTE

4.1.1 CHANGEMENT CLIMATIQUE

Au sein de la communauté scientifique, il existe un consensus quasi unanime quant à la responsabilité des activités humaines dans l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Depuis le début de l'ère d'industrialisation, cette accumulation a perturbé considérablement le système terrestre en modifiant profondément le climat de notre planète. D'après le récent rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), l'intensification de l'utilisation de combustibles fossiles principalement, mais aussi les pratiques agricoles et la déforestation, ont entraîné une augmentation de la température moyenne de la surface terrestre de 1,1 °C par rapport à la moyenne préindustrielle (IPCC, 2023). Compte tenu de l'inertie du système climatique et de la longévité des gaz à effet de serre, ce réchauffement devrait se poursuivre et s'accroître même si des mesures drastiques pour réduire les émissions étaient prises à l'échelle mondiale (McMichael, Woodruff & Hales, 2006). Selon les dernières estimations, la hausse devrait atteindre entre 1,4 °C et 4,4° d'ici la fin de ce siècle, en fonction de la quantité d'émissions futures et des stratégies d'atténuation (*mitigation* en anglais) mises en place (IPCC, 2023). Les effets de ce dérèglement du climat sont déjà démontrés et observés depuis de nombreuses années. Parmi ces effets, on note des variations des températures, des modifications du régime de précipitations, une acidification des océans, un réchauffement et par conséquent une hausse du niveau des mers, la fonte des glaces, ainsi qu'une augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements météorologiques extrêmes. Ces phénomènes sont associés à des risques accrus de sécheresses, d'inondations, d'incendies, de tempêtes, mais aussi de vagues de chaleur (IPCC, 2023).

Notons à ce sujet l'aspect profondément inégalitaire du changement climatique. Ce dernier ne manifeste pas ses effets de manière uniforme à travers le monde. Les impacts sont différents et subis de manière variable selon les régions et les populations exposées (Houghton, 2005). Paradoxalement, ce sont les pays qui contribuent généralement le moins, du moins à l'échelle individuelle, à l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère qui en subissent le plus les conséquences. En effet, si

l'on part du principe selon lequel chaque personne aurait droit à une part égale de l'atmosphère lui conférant un certain budget d'émissions sécurisé, il est possible de déterminer quelles nations sont les plus responsables des dommages climatiques. Un pays ayant émis plus que sa part équitable de budget d'émissions alloué en fonction de sa population est ainsi considéré comme ayant une dette climatique par rapport à ceux qui n'ont pas contribué au dépassement du budget mondial. Selon cette méthode de calcul, on estime que le groupe de pays composant ce qu'on appelle le Nord Global, c'est-à-dire les États-Unis, le Canada, l'Europe, Israël, la Nouvelle-Zélande et le Japon seraient ensemble responsables de 92 % du changement climatique historique (Hickel, 2020).

En outre, les pays les plus sévèrement touchés par ces effets néfastes sont aussi souvent ceux qui disposent de moins d'infrastructures, de ressources financières et humaines pour y faire face (Costello & al. 2009). Il existerait donc une relation négative entre émissions et vulnérabilité climatique (Althor, Watson et Fuller, 2016). Selon Guivarch et Taconet (2020), le changement climatique agirait dès lors comme un amplificateur d'inégalités, rendant les individus les plus pauvres et les régions les moins avantagées encore plus vulnérables, non seulement en raison de leur plus grande exposition et sensibilité à celui-ci, mais aussi en raison d'une moindre capacité d'adaptation à ses impacts (infrastructures inadaptées, accès à la santé limité, etc.).

4.1.2 SANTE ENVIRONNEMENTALE

Les modifications de l'environnement naturel impactent de manière significative les sociétés humaines, notamment en matière d'agriculture, d'économie et de santé. Les interactions entre cette dernière et le changement climatique ont d'ailleurs fait l'objet d'une attention croissante au cours des dernières décennies (Kjellstrom, 2009). Pour certains auteurs, le changement climatique serait « *la plus grande menace pour la santé mondiale au XXIe siècle* » (Costello & al., 2009, p. 1693). L'étude des impacts de celui-ci sur la santé humaine relève de ce que l'on appelle la « santé environnementale ». D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), celle-ci comprend les aspects de la santé humaine, y compris la qualité de vie qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre environnement (World Health Organization, 1994). Elle fait donc référence à l'ensemble des facteurs exogènes à l'individu qui peuvent influencer son état de santé, comme la qualité des milieux, les activités humaines ou les

conditions de vie (Lajarge & al., 2017). Cela inclut, entre autres, la pollution de l'air, des sols et de l'eau, les expositions liées à l'habitat ou le lieu de travail, le rayonnement solaire ultraviolet, le bruit, ou encore le changement climatique. On appelle communément ces éléments des « déterminants environnementaux » de la santé. Selon Prüss-Üstun & al. (2016), 23 % des décès et 22 % de la charge de morbidité sont attribuables à des ces derniers. Cela comprend des maladies transmissibles et non transmissibles, des affections néonatales et des blessures. Comme principales affections déterminées par l'environnement, on peut ainsi citer les maladies cardiovasculaires, les maladies entériques, les infections respiratoires et les cancers (IHME, 2019, Prüss-Üstun & al., 2016).

Dans le cadre de ce mémoire, ce sont principalement les affections liées à la variabilité et au changement climatiques qui nous intéressent. Les principales voies par lesquelles la santé des populations est touchée par ces éléments sont schématisées dans la Figure 1, provenant de McMichael, Woodruff et Hales (2006).

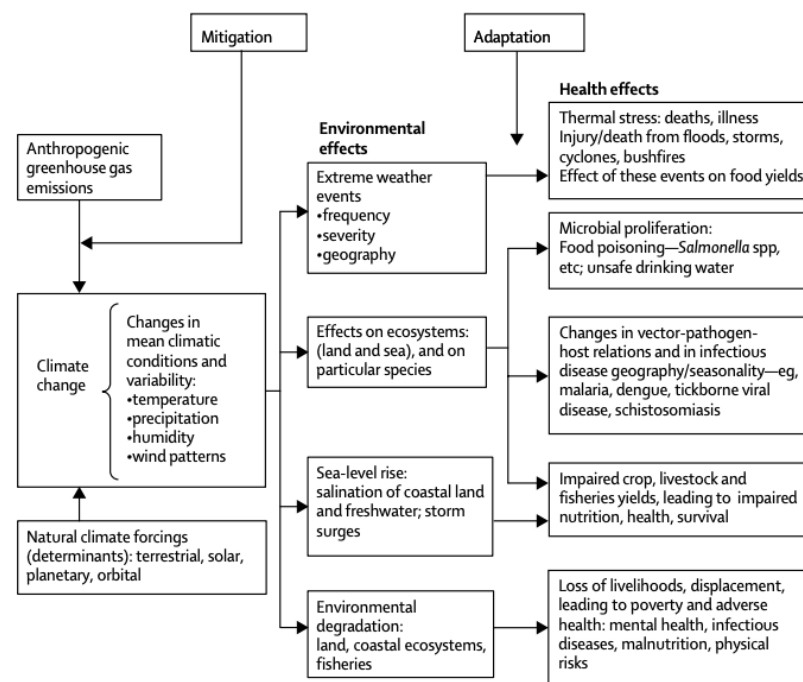


Figure 1 : Résumé schématisé des principales voies par lesquelles le changement climatique affecte la santé de la population (McMichael, Woodruff & Hales, 2006)

Bien que la complexité de certaines de ces voies rende l'attribution parfois difficile, les effets environnementaux du changement climatique provoquent indéniablement les effets suivants sur la santé humaine. L'augmentation de la fréquence, de la sévérité et de l'aire géographique couverte par les événements météorologiques extrêmes tels que

les vagues de chaleur, les inondations, les sécheresses, les feux de forêt et les cyclones peut provoquer une augmentation du stress thermique, des maladies, des blessures et de la mortalité. Les changements des conditions climatiques peuvent en outre causer un manque de nourriture et d'eau potable, une perte des moyens de subsistance et une réduction des rendements alimentaires. Ces éléments peuvent mener à une plus grande pauvreté et pousser les populations à se déplacer, menant à des effets néfastes sur la santé, comme la malnutrition. De plus, une plus grande variabilité des conditions météorologiques peut être responsable d'une modification des régimes de transmission et de l'incidence de certaines maladies vectorielles et infectieuses telles que la malaria, la dengue, ou encore la maladie de Lyme (McMichael, Woodruff & Hales, 2006 ; Patz & al., 2005 ; Haines & Patz, 2004). On peut donc noter que les impacts sur la santé se manifestent soit par une exposition directe ou indirecte aux effets du changement climatique, soit à cause des perturbations sociales et économiques que celui-ci déclenche.

En plus des inégalités liées à la répartition géographique des effets du changement climatique, la littérature montre que les impacts sur la santé touchent de façon disproportionnée les groupes vulnérables, en exacerbant les inégalités déjà existantes en matière de santé. Cela concerne notamment les personnes âgées, racisées, souffrant d'un handicap, moins avantagées socioéconomiquement parlant, mais aussi les femmes, les femmes enceintes, les enfants et les nouveau-nés (Molina & Saldarriaga, 2017 ; World Health Organization, 2022a).

4.2 LES VAGUES DE CHALEUR

La section précédente mentionne que les vagues de chaleur peuvent influencer l'état de santé des populations de plusieurs manières. Celle-ci vise à définir ces phénomènes, à décrire leur évolution historique et prévue dans le futur dans le contexte du changement climatique et à détailler plus amplement leurs impacts sur la santé humaine.

4.2.1 DEFINITION

Une vague de chaleur est définie de façon large comme une « *période de jours consécutifs où les conditions sont excessivement chaudes par rapport à la normale* » (Perkins & Alexander, 2013, p. 4500). Il n'existe toutefois pas à ce jour de définition standard permettant de qualifier et de mesurer avec précision ce phénomène (World

Health Organization, 2004). En effet, malgré l'importance des effets de ces phénomènes climatiques sur les sociétés humaines, notamment sur la santé, l'agriculture et l'économie nationale, la définition et la mesure des vagues de chaleur restent largement ambiguës et variables d'un pays à l'autre. Ceci s'explique par le fait que l'impact d'une vague de chaleur soit conditionné par des facteurs très variables d'un endroit à l'autre tels que le climat, mais aussi par les caractéristiques sociodémographiques, le niveau d'acclimatation de la population à la chaleur ainsi que par les pratiques culturelles et sociales. Ces éléments influencent chacun la perception et les réponses humaines aux chaleurs extrêmes (Tong & al., 2015 ; Robinson, 2001). En conséquence, les seuils à partir desquels une région est dite effectivement exposée à une vague de chaleur restent endémiques à la population et à la zone géographique concernées. Différentes définitions sont donc employées dans différents pays, ce qui complique la comparabilité entre les régions et entre les études (Perkins & Alexander, 2013 ; Pai, Nair & Ramanathan, 2013).

La littérature scientifique décrit néanmoins la présence d'une vague de chaleur sur base du dépassement soit d'un seuil de température absolu, soit d'un seuil de température relatif, soit une combinaison des deux (absolu et relatif) (World Health Organization, 2004). Le premier cas consiste à déterminer un seuil de températures au-dessus duquel la majeure partie de la population est affectée, quelle que soit la température à laquelle elle est régulièrement exposée tandis que le second prend en compte un écart entre les températures observées et la température normale attendue. Dans ce cas-là, c'est lorsque cet écart atteint un certain nombre de degrés que l'on considère que les conditions météorologiques représentent un danger pour la population exposée (Robinson, 2001). Cette seconde façon de déterminer la présence d'une vague de chaleur a comme avantage de prendre en compte les variations locales en termes de perception de la chaleur (World Health Organization, 2004). Comme mentionné plus haut, le dépassement de ces seuils doit de surcroît se poursuivre pendant un certain nombre de jours consécutifs.

4.2.2 PREVISIONS DES VAGUES DE CHALEUR DANS LE FUTUR

Selon le GIEC « *il est désormais pratiquement certain que les événements de chaleur extrême (y compris les vagues de chaleur) sont devenus plus fréquents et plus intenses dans la plupart des régions terrestres depuis les années 1950* » (IPCC, 2023, p. 12). Il est en outre attendu que ces événements extrêmes continueront d'augmenter en

intensité, en durée, en fréquence et en étendue spatiale dans le futur. Dans des conditions où l'on continue d'observer une hausse des températures moyennes et de la variabilité du climat, ces événements météorologiques que l'on considère aujourd'hui comme extrêmes pourraient même devenir la norme (Russo & al., 2014 ; Domeisen & al., 2023). Une récente étude de Mora & al. (2017) montre en effet que, d'ici la fin du siècle, compte tenu des émissions actuelles de gaz à effet de serre, 3 personnes sur 4 dans le monde seront exposées à des conditions de chaleur mortelles chaque année, avec une occurrence plus élevée de ces conditions dans les zones intertropicales. Une illustration d'une mesure similaire, c'est-à-dire du nombre de jours par excédant 35 °C, est présentée dans la Figure 2.

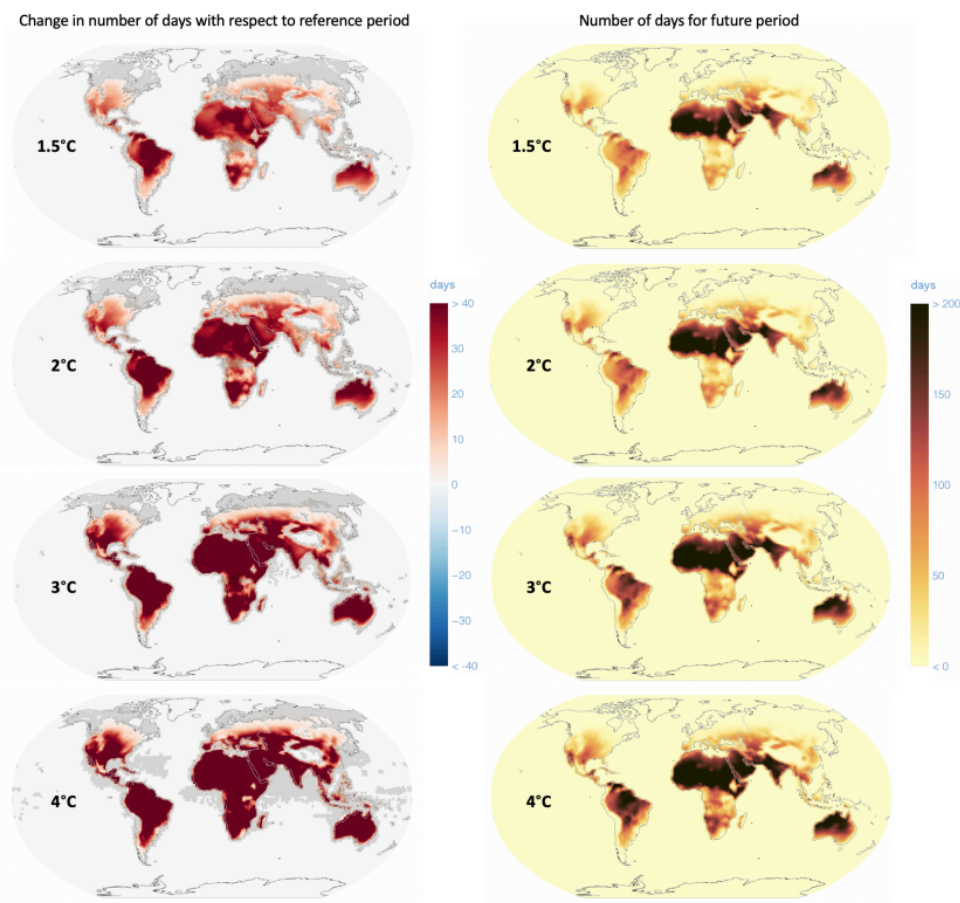


Figure 2 : Nombre de jours par an avec des températures maximales supérieures à 35 °C pour (de haut en bas) des niveaux de réchauffement de 1,5, 2, 3 et 4 °C (Domeisen & al., 2023 ; données issues de IPCC, 2023)

Puisque l'on peut s'attendre à une intensification et une augmentation de l'occurrence des vagues de chaleur, il est nécessaire de mieux comprendre comment celles-ci affectent les sociétés humaines, et notamment leur santé (Tong & al., 2015). En effet, comme le signalent Domeisen & al. (2023, p.18), « les seuils de température et

d'humidité qui affectent négativement la morbidité et la mortalité humaines seront de plus en plus souvent atteints » dans le cadre du changement climatique à venir.

4.2.3 EFFETS DE LA CHALEUR EXTREME SUR LA SANTE HUMAINE

En raison des tendances historiques observées et des prévisions d'intensification dans le futur, les épisodes de chaleur extrêmes sont de plus en plus considérés comme une préoccupation majeure de santé publique. En effet, l'exposition à de telles conditions impacte la santé des populations exposées à travers une large variété de mécanismes (Cil & Cameron, 2017). Les effets directs peuvent inclure la déshydratation, des crampes, des évanouissements, l'épuisement par la chaleur, des coups de chaleur et une exacerbation des maladies cardiovasculaires et respiratoires déjà présentes (Kovats & Hajat, 2008). S'ils ne sont pas traités, ces effets peuvent devenir fatals et parfois causer un important excès de mortalité au sein de la population (voir Fouillet & al., 2006 ; Rooney & al., 1998). Par exemple, la vague de chaleur survenue en France en août 2003 aurait provoqué plus de 14 800 décès, soit une augmentation de 60 % par rapport au nombre de décès moyen à la même période entre 2000 et 2002 (Kovats & Hajat, 2008). Plus récemment, une étude menée par Ballester & al. (2023) visant à quantifier la charge de mortalité liée à la chaleur au cours de l'été 2022 en Europe a démontré que 61,672 décès étaient attribuables aux températures anormalement élevées malgré les différentes stratégies d'adaptation mises en place suite aux événements de 2003.

Il est donc largement admis que l'exposition à des températures extrêmes est associée à une mortalité et une morbidité accrues. Le changement climatique en cours entraînera une hausse de cette exposition pour des milliards de personnes (Kjellstrom, 2009). Notons toutefois que, si l'entièreté de la population est à risque, certains groupes sont plus vulnérables que d'autres. C'est le cas des personnes âgées, des enfants et des personnes présentant déjà des maladies chroniques ou travaillant à l'extérieur, mais aussi des personnes caractérisées par certains déterminants sociaux tels qu'un faible statut socio-économique, le manque d'accès à des espaces verts ou le fait de vivre isolé (Li & al., 2015 ; Tong & al., 2015 ; Campbell & al., 2018).

Parmi les personnes présentant un risque particulier de souffrir de la chaleur, on retrouve notamment les femmes enceintes. En effet, en raison de leur grossesse, ces dernières risquent davantage de « surchauffer » et donc d'être plus sévèrement affectées par les températures extrêmes que d'autres personnes (Rylander, Øyvind

Odland & Manning Sandanger, 2013 ; Cil & Cameron, 2017). Dans ce cadre, on peut dire que les femmes enceintes subissent un double fardeau, puisque, en plus des changements naturels de leurs capacités de thermorégulation causés par l'état de grossesse, elles sont aussi souvent socialement plus vulnérables (Chersich & al., 2020). Cette vulnérabilité peut avoir, on va le voir dans la suite de ce mémoire, de nombreux effets néfastes sur la santé de la mère et du fœtus et causer des issues défavorables à la grossesse.

Rappelons toutefois que l'ampleur des impacts sur la santé dépend non seulement des caractéristiques énoncées ci-dessus, mais également de la magnitude de la vague de chaleur, des capacités physiologiques, de l'acclimatation de la population ainsi que des mesures de santé publique adoptées dans chaque contexte (Koppe & al., 2004 ; Robinson, 2001).

En raison du changement climatique, l'ensemble de ces effets néfastes pour la santé humaine devraient se voir exacerbés dans les années à venir, en particulier dans les pays à faible revenu. Cependant, la plupart des cas de mortalité et de morbidité causés par la chaleur pourraient être évités grâce à une meilleure préparation et à une limitation de l'exposition (Ebi & al., 2021). Des programmes de prévention et des plans d'action visant à lutter contre ces effets néfastes se sont d'ailleurs déjà révélés très efficaces (Hess & al., 2018). Une explication plus approfondie des mécanismes mis en place à ce sujet sera détaillée dans la section 6.4 dans le cas particulier de l'Inde.

4.3 LES ISSUES DEFAVORABLES A LA GROSSESSE

La section qui suit vise à définir les différentes issues défavorables à la grossesse reconnues dans la littérature. Après avoir décrit les facteurs de risque connus comme étant associé à la survenue de ces issues, elle dressera un état des lieux de celles qui seront prises en considération dans ce travail, à savoir les faibles poids et taille à la naissance, les naissances prématurées et les décès néonataux, précoces ou non. Une partie concernant les mortinaissances a également été élaborée.

Partout dans le monde, de nombreux bébés naissent avec des caractéristiques qui sont défavorables pour leur santé. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) définit celles-ci comme des « issues défavorables à la grossesse » (*adverse birth outcomes* ou *adverse pregnancy outcomes*), qui comprennent « *des cas de faible poids à la naissance, de naissance prématurée, de mortinaissance ou de décès périnatal* »

(Tamirat & al., 2021). D'autres études considèrent également la taille à la naissance ou les retards de croissance intra-utérins, un état de santé général mauvais, mais aussi des anomalies et déformations congénitales (Andalón & al. 2016 ; Syed, O'Sullivan & Philipps, 2022 ; Farley & al. 2006 ; Poursafa, Keikha & Kelishadi, 2015).

L'atténuation des risques associés à la grossesse est l'un des moyens d'améliorer la santé maternelle et de réduire la mortalité infanto-juvénile, deux cibles des Objectifs de Développement Durable (ODD) adoptés en 2015 par les Nations Unies. Si des progrès ont pu être observés dans ce sens au cours des dernières années, une accélération des progrès est toutefois nécessaire pour atteindre ces objectifs à l'horizon 2030 (United Nations, 2022a). En effet, de récentes estimations ont montré une diminution de 59 % de la mortalité des enfants de moins de cinq ans et de 52 % de la mortalité néonatale entre 1990 et 2019 (Sharro & al., 2022). De plus, Helldén & al., (2021, p. 164) notent que le changement climatique « *pourrait entraver les progrès futurs, voire inverser les améliorations apportées à la survie et au bien-être des enfants au cours des dernières décennies* ».

4.3.1 FACTEURS ASSOCIES A DES ISSUES DEFAVORABLES A LA GROSSESSE

Un nombre important de facteurs sont associés aux issues défavorables à la grossesse. L'étude de ces derniers permettra de choisir quelles variables de contrôle intégrer dans le modèle explicatif que ce mémoire se propose d'élaborer. Tamirat et ses collègues (2021) regroupent ces facteurs en trois catégories principales : les caractéristiques sociodémographiques et économiques, les facteurs liés à l'utilisation des services de santé et les facteurs obstétriques (Figure 3).

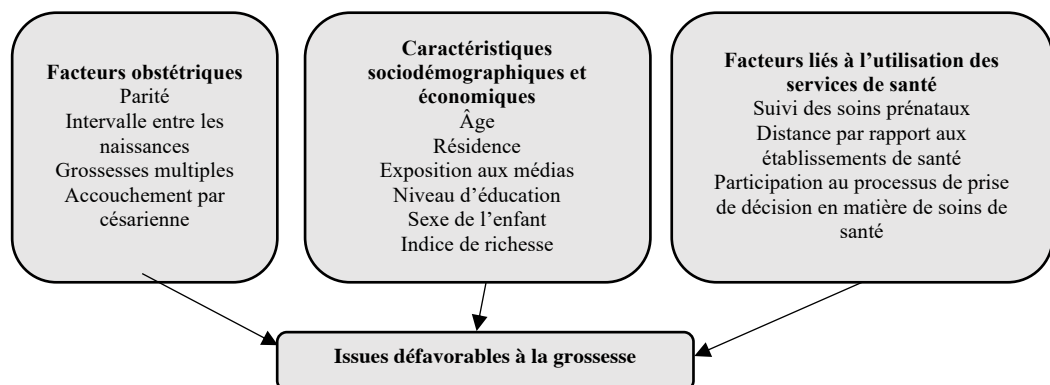


Figure 3 : Facteurs de risque associés aux issues défavorables à la grossesse (adapté de Tamirat & al., 2021)

Tout d'abord, de courts (moins de 18 mois) et de très longs (plus de 59 mois) intervalles intergénéraliques sont associés à une plus grande prévalence d'issues

défavorables à la grossesse telles que des naissances prématurées, de faibles poids à la naissance, de petites tailles pour l'âge gestationnel, des mortinaissances et des décès néonataux (Williams & al. 2008 ; Conde-Agudelo, Rosas-Bermudez & Kafury-Goeta, 2006). Les grossesses multiples elles aussi sont susceptibles d'avoir des conséquences néfastes pour les nouveau-nés, notamment un plus haut risque de naissances prématurées pouvant mener à des décès périnataux (Qazi, 2011). Il a en outre été démontré que les grossesses de femmes nullipares ainsi que de celles en étant à leur troisième enfant ou plus étaient celles qui risquaient le plus de présenter ces mêmes résultats négatifs. Ce risque était encore plus grand pour les femmes âgées de moins de 18 ans (Kozuki & al. 2013). En effet, comme divers travaux de recherche l'indiquent, il existe une association significative entre l'âge de la mère et la présence de plusieurs résultats défavorables de la grossesse. Akseer et son équipe (2022) révèlent à ce sujet que la corrélation entre l'âge maternel et diverses complications à la naissance suit une tendance en forme de courbe en U : la prévalence de ces complications serait la plus élevée parmi les mères les plus jeunes (âgées de moins de 20 ans), diminuerait progressivement avec l'âge, pour ensuite augmenter à nouveau chez les mères âgées de 35 ans ou plus. Une étude menée en Inde montre des résultats cohérents avec ce constat, puisqu'elle trouve que les jeunes mères accouchent davantage de bébés prématurés (34,5 %), de petite taille (25,9 %) ou de faible poids (27,4 %) (Gogoi, 2014). De plus, les résultats défavorables à la grossesse varient selon le sexe du fœtus. Selon certaines études, il y aurait un excès de garçons parmi les naissances prématurées et des risques de mortalité et de morbidité, et de restriction de la croissance intra-utérine plus élevés pour ceux-ci.

La littérature montre en outre que la prévalence des issues défavorables à la grossesse est supérieure parmi les femmes des groupes socio-économiques les plus désavantagés (Blumenshine & al. 2010 ; Conte Keivabu & Cozzani, 2022 ; Kramer, 2000). Le statut socio-économique (SSE) est en effet connu pour être l'un des prédicteurs les plus fiables des disparités en matière de santé, notamment en termes de résultats de la grossesse (Campbell & al., 2016). Parmi les indicateurs les plus importants se rapportant au SSE, on retrouve le niveau d'éducation et de revenu. La plupart des études réalisées à ce sujet ont démontré que des niveaux faibles d'éducation maternelle et un indice de richesse bas étaient associés à des risques plus importants de naissances prématurées, de petite taille pour l'âge gestationnel et de mortinatalité (Blumenshine

& al., 2010). Un article portant sur le Québec de Luo, Wilkins & Kramer (2006) montre par exemple que les chances de présenter un de ces résultats défavorables au terme de la grossesse étaient entre 1,3 et 1,8 fois plus élevées parmi les femmes provenant de quartiers à revenu bas ou ayant une éducation peu avancée par rapport aux autres.

Ensuite, une étude de Fatema et Lariscy (2020) portant sur l'Inde, le Bangladesh, le Népal et le Pakistan a démontré que l'utilisation des soins de santé maternels était significativement plus élevée parmi les femmes exposées aux médias, à savoir celles qui regardaient la télévision, écoutaient la radio ou lisaient le journal. En effet, comme le font remarquer ces auteurs, les médias peuvent promouvoir des changements de comportement sains en proposant des informations sur la santé et en encourageant à avoir recours aux services soins, y compris les soins prénataux. Il est d'ailleurs bien établi que ces derniers jouent un rôle crucial dans la détermination de l'issue de la grossesse (Nylander & Adekunle, 1990). Dans un contexte où ils sont largement accessibles et utilisés comme en Finlande, une étude menée par Raatikainen, Heiskanen et Heinonen (2007) a montré que, par rapport à celles qui avaient reçu des soins prénataux adéquats et réguliers, les femmes qui n'y avaient pas recours, ou du moins pas assez, présentaient un risque accru de faible poids à la naissance, de mortinaissance et de décès néonataux. Des résultats similaires ont été trouvés par Kuhnt et Vollmer (2017) dans une étude portant sur 69 pays à revenu faible et intermédiaire. Ces scientifiques montrent que les soins prénataux sont associés à une réduction des chances de présenter ces différentes issues néfastes. Cependant, il faut noter que dans beaucoup de ces pays, l'accès et la disponibilité d'établissements proposant des services de soins prénataux est une barrière à leur utilisation. Plusieurs études ont effectivement montré qu'une plus grande distance jusqu'à l'établissement de santé le plus proche était associée à un moindre nombre de visites prénatales (Simkhada & al., 2008).

La prévalence des problèmes auxquels s'intéresse cette recherche est également connue pour varier selon le milieu de résidence. Dongarwar et Salihu (2019) montrent par exemple que les enfants de femmes indiennes vivant en milieu rural avaient plus de chance de vivre une mortinaissance ou une mortalité néonatale et infantile par rapport à leurs homologues vivant en milieu urbain (Dongarwar & Salihu, 2019).

Enfin, plusieurs facteurs de type environnementaux sont associés à des issues défavorables à la grossesse. L'impact de ceux-ci est décrit dans la section 4.4.

4.3.2 DESCRIPTION DETAILLÉE DES ISSUES DÉFAVORABLES À LA GROSSESSE

4.3.2.1 Faible poids à la naissance

La dernière version de la Classification internationale des maladies mise en place par l'OMS indique qu'un faible poids à la naissance est un poids inférieur à 2500 grammes au moment de l'accouchement, quel que soit l'âge gestationnel (World Health Organization, 2022b). L'insuffisance pondérale à la naissance (ou hypotrophie) est un indicateur important de la santé des nouveau-nés puisqu'elle est associée à un risque accru de mortalité et de morbidité pour les nourrissons (OCDE, 2007). En effet, ceux qui en souffrent présentent un risque plus élevé de décéder au cours de leur premier mois de vie par rapport à ceux qui naissent avec un poids normal. Les bébés en insuffisance pondérale qui survivent subissent en outre des conséquences tout au long de leur vie, notamment en termes de développement cognitif, de retard de croissance et de maladies chroniques apparaissant à l'âge adulte, telles que l'obésité, le diabète et les maladies cardiaques (UNICEF et WHO, 2019).

À l'échelle mondiale, on estime que de 15 % à 20 % des nouveau-nés naissent avec une insuffisance pondérale, ce qui correspond à environ 25 millions de cas chaque année. La prévalence de ce problème varie considérablement d'une région à l'autre, ainsi qu'à l'intérieur des pays. Cependant, c'est principalement dans les pays à revenu faible ou intermédiaire que l'on observe une prévalence plus élevée, en particulier parmi les groupes les plus vulnérables. Au sein des pays de l'OCDE, la prévalence moyenne est d'environ 6,5 %, tandis qu'elle atteint 28 % en Asie méridionale (OCDE, 2007 ; OMS, 2017).

Un faible poids à la naissance peut être causé par une multiplicité de facteurs. Le risque est accru dans les cas de prématurité et de ralentissement de la croissance dans l'utérus (UNICEF et WHO, 2019). Parmi les déterminants ayant un effet de causalité reconnu et important sur ces cas, Kramer (1987) cite entre autres la primiparité, les mauvaises conditions socio-économiques, la faible éducation des mères, l'âge maternel très jeune, le tabagisme, le faible apport calorique ainsi que le faible nombre de visites de soins prénataux au cours de la grossesse (permettant notamment de prescrire des suppléments alimentaires pour la mère).

Une meilleure connaissance de ces facteurs de risque et des interventions à mettre en place pour remédier à ce problème ont permis de réaliser des progrès vers l'objectif de diminution du nombre de naissances présentant un poids faible. Ces avancées restent cependant insuffisantes pour atteindre d'ici 2025 la cible de réduction de 30 % fixée en 2012 par l'Assemblée mondiale de la Santé. De plus, dans de nombreux pays, l'enregistrement et la pesée au moment de la naissance ne sont pas systématiques, rendant la disponibilité et la qualité des données sur l'hypotrophie limitées. Au niveau mondial, on estime que l'on ne dispose pas de données sur le poids à la naissance de près d'un tiers des nouveau-nés. Les chiffres pourraient dès lors être sous-estimés par rapport à la réalité (UNICEF et WHO, 2019).

4.3.2.2 *Faible taille à la naissance*

Tout comme en cas d'hypotrophie, il a été démontré qu'une petite taille à la naissance était associée à une propension accrue à des problèmes de santé à l'âge adulte, notamment des maladies cardiovasculaires (Lucas, Fewtrell & Cole, 1999). Comme le suggère Eriksson (2016), la taille à la naissance peut servir de marqueur de l'environnement prénatal et un bébé petit présente aussi souvent un poids faible. On peut donc supposer qu'une partie des facteurs de risques présentés ci-dessus pour les cas de faible poids à la naissance ont également un rôle à jouer dans le résultat défavorable qu'est la petite taille. Ces deux issues sont en effet souvent corrélées puisqu'un bébé de petite taille sera vraisemblablement moins lourd, et inversement.

L'OMS recommande de qualifier un nouveau-né comme petit pour son âge gestationnel (PGA) lorsqu'il présente une taille inférieure au 10^e percentile par rapport des courbes anthropométriques précises. Ces données sont néanmoins souvent indisponibles, particulièrement dans les pays dits « en voie de développement » (Zeve & al., 2016). Lorsqu'une mesure des enfants n'est pas possible, des données d'enquêtes sont parfois utilisées, dans lesquelles on demande aux mères d'indiquer si la taille de leur enfant à la naissance se trouvait dans une des catégories suivantes : très petit, plus petit que la moyenne, moyen, plus grand que la moyenne ou très grand (UNICEF et WHO, 2019).

4.3.2.3 *Prématurité*

On dit qu'un bébé est né de manière prématurée lorsque la période de gestation est de moins de 37 semaines complètes, soit moins de 269 jours. Lorsqu'un bébé naît après 6 ou 7 mois de grossesse, on parle de grande prématurité (World Health Organization,

2022b). En 2020, on estime que 13,4 millions de bébés sont nés prématurément, soit environ un nouveau-né sur 10. À nouveau, de fortes variations de ces chiffres existent d'un pays à l'autre (de 4,1 % en Serbie à 16,2 % au Bangladesh), avec des valeurs généralement plus élevées dans les pays à faible et moyen revenu, probablement en raison du moindre suivi des grossesses (World Health Organization, 2023). Sur les dix pays présentant les taux les plus élevés, neuf font partie de cette catégorie (McElroy & al., 2022). Notons cependant que malgré les avancées des connaissances sur les facteurs de risque et les interventions médicales et de santé publique visant à les réduire, le taux de naissances prématurées a augmenté au cours des dernières décennies, y compris dans la plupart des pays industrialisés (Goldenberg & al., 2008). Les complications résultant de naissances prématurées sont de plus la cause principale de mortalité néonatale, représentant près d'un million de décès directs en 2021. Encore une fois, les pays à haut revenu présentent des taux de survie bien plus élevés que dans les milieux moins dotés en ressources, qui présentent des systèmes de santé en moindre capacité de répondre aux besoins des prématurés (World Health Organization, 2023b ; Lincetto & Banerjee, 2020). En plus du risque de mortalité, les enfants nés prématurés courent un plus grand risque de complications, non seulement au cours de la période néonatale, mais aussi sur le long terme. Ils ont effectivement davantage de chances de souffrir de problèmes respiratoires, des troubles neurologiques et émotionnels et de retards de développement cognitif (Platt, 2014 ; Vogel & al., 2018).

Un accouchement prématuré peut être initié par une multitude de mécanismes. De manière cohérente à ce qui a été décrit plus haut, les auteurs relèvent que l'âge maternel très jeune ou âgé, la primiparité, un faible niveau d'éducation, un faible niveau de suivi prénatal, un bas statut socio-économique, un court intervalle de temps entre les grossesses, les grossesses multiples, le tabagisme et l'usage de drogues, ainsi que divers facteurs liés à l'état de santé de la mère, étaient associés à une plus grande prévalence de naissances prématurées (Vogel & al., 2018 ; Berkowitz & al., 1998 ; Goldenberg & al., 2008). Cependant, « *bien qu'il ait été démontré que de nombreux facteurs sociodémographiques, nutritionnels, médicaux, obstétriques et environnementaux augmentent le risque d'accouchement prématuré spontané, son étiologie reste imparfaitement comprise* » (Vogel & al., 2018, p. 6).

4.3.2.4 Mortalité néonatale et mortalité néonatale précoce

Un décès néonatal est un décès qui concerne les bébés nés vivants, mais qui décèdent dans la période comprise entre la naissance et le 28^e jour de vie. Lorsqu'il survient au cours des sept premiers jours de vie, le décès est qualifié de néonatal précoce (World Health Organization, 2022b). Le premier mois est considéré comme la période la plus vulnérable pour la survie des enfants. En 2021, environ 2,3 millions d'enfants sont décédés au cours de cette période, ce qui représente 47 % des décès d'enfants de moins de 5 ans (UN IGME, 2023b).

Entre 1990 et 2021, le taux de mortalité néonatale au niveau mondial a été divisé par deux, passant de 36,62 à 17,55 décès pour 1000 naissances vivantes et d'environ 5 à 2,4 millions de décès par an au cours de la même période. À nouveau, on observe de larges disparités entre les nations puisque des pays comme Singapour, le Monténégro ou le Belarus présentent des taux inférieurs à 1 tandis qu'au Pakistan et au Sud-Soudan ils atteignent presque 40. Des disparités concernant les chances de survie existent également selon les niveaux de revenu, avec les pays à revenu faible et intermédiaire inférieur présentant les taux les plus élevés de mortalité néonatale. Pris ensemble, ces deux groupes représentent environ 87 % des décès néonataux dans le monde (UN-IGME, 2021 ; Sharrow & al., 2022).

Parmi les principales causes des décès néonataux dans le monde, Lawn, Cousens & Zupan (2005) signalent les infections (telles que la septicémie, la pneumonie ou le tétanos), les complications liées à des naissances prématurées et l'asphyxie. Ils montrent de plus que 60 à 80 % des décès néonataux surviennent chez des bébés présentant un faible poids à la naissance. Une étude menée en Inde sur des données de 2007 et 2008 montre en outre que le risque de décéder pendant le premier mois de vie est plus élevé pour les nouveau-nés de sexe masculin, de mères nullipares et avec un niveau bas d'éducation (Singh, Kumar & Kumar, 2013).

Notons que, selon l'OMS, près de la moitié des décès néonataux se produisent au cours des 24 premières heures de vie, et seulement 25 % surviennent après la première semaine (Blencowe & Cousens, 2013 ; World Health Organization, 2022c).

4.3.2.5 *Mortinaissance*

La mortinaissance se produit lorsqu'un bébé naît sans signe de vie à la 28^e semaine de gestation ou après (World Health Organization, 2022b). Celle-ci peut se produire soit avant le début du travail (*antepartum*), soit pendant le travail (*intrapartum*). Si on estime que, dans de nombreux cas, aucune raison particulière ne peut expliquer le

décès intra-utérin, on sait qu'une grande partie des décès pendant le travail peuvent être prévenus lorsque les femmes reçoivent des soins de qualité pendant la grossesse et l'accouchement. Le taux de mortinatalité est d'ailleurs largement reconnu comme un indicateur clé de la qualité des soins prodigués pendant cette période (World Health Organization, 2006).

En 2021, environ 1,9 million de mortinaissances se sont produites dans le monde. Si le taux de mortinaissance est estimé à 13,9 pour 1000 naissances à l'échelle mondiale, il existe de grandes variations selon les pays. En 2021, ce taux était en effet compris entre 1,6 à 31,2, soit une prévalence 20 fois plus élevée pour le pays présentant le taux le plus élevé par rapport à celui avec le taux le plus bas (UN IGME, 2023a). Selon les chiffres de 2011, 98 % des mortinaissances avaient lieu dans des pays « en voie de développement » et deux tiers d'entre elles survenaient dans des familles rurales (Lawn & al., 2011).

Ces chiffres pourraient toutefois sous-estimer la réalité, puisque les mortinaissances restent extrêmement difficiles à recenser, notamment parce que la plupart des pays dans lesquels la majorité de ces événements surviennent disposent d'un enregistrement des naissances et de leurs caractéristiques incomplets (Bhati, 2013 ; Lawn & al. 2011), mais aussi parce qu'elles sont des événements tabou parfois cachés (UN IGME, 2023a).

D'après Aminu & al. (2014, p. 141), les facteurs associés à la mortinaissance dans les pays à bas et moyen revenu sont « *la pauvreté et le manque d'éducation, l'âge maternel (>35 ou <20 ans), la parité (1, ≥5), l'absence de soins prénataux, la prématurité, l'insuffisance pondérale à la naissance et la mortinatalité antérieure* ». À ceci, la littérature ajoute des facteurs de risque tels que la résidence en milieu rural, la consommation d'alcool et de tabac, de mauvaises conditions de santé maternelles, ainsi que l'exposition à des températures élevées et à un air pollué (Gardosi & al., 2013 ; UN-IGME, 2023a).

4.4 EFFETS CONNUS DE L'EXPOSITION *IN UTERO* A LA CHALEUR SUR LES RESULTATS DEFAVORABLES A LA GROSSESSE

Il est bien établi que des événements survenus au cours de la grossesse et de l'accouchement ainsi que les conditions dans lesquelles ceux-ci se déroulent peuvent être à l'origine de nombreux problèmes de santé (Bakketeig & Bergsjø, 2011). La

littérature économique et médicale a en effet démontré, suivant l'hypothèse des « origines précoces » suggérée initialement par l'épidémiologiste David Barker (1990), que les circonstances *in utero* ainsi que les chocs environnementaux ou nutritionnels, même de petite ampleur, peuvent avoir des effets négatifs significatifs sur la santé après la naissance. Ces effets, notamment la présence des issues défavorables à la grossesse décrites plus haut, sont corrélés à un moindre état de santé durant l'enfance, se prolongeant parfois même jusqu'à l'âge adulte. Des études ont également signalé des conséquences négatives sur le plan socio-économique par exemple sur les niveaux d'éducation et de revenus (Almond & Currie, 2011). Comme dit plus haut, différentes études ont démontré le rôle des déterminants environnementaux sur les issues défavorables à la grossesse. Selon Prüss-Üstun et ses collègues (2016), 11 % des affections néonatales seraient attribuables à ces facteurs. Cette partie vise à dresser un état des lieux des connaissances quant à l'exposition *in utero* à ceux-ci, et en particulier l'exposition à des conditions de températures extrêmement chaudes telles que les vagues de chaleur au cours de la grossesse.

Tout d'abord, plusieurs études en épidémiologie environnementales ont démontré un lien avec la pollution de l'air et différents résultats négatifs à la grossesse. Les bébés nés de mères exposées à des niveaux élevés de polluants de l'air tels que des particules fines présentent davantage de signes de retard de croissance dans l'utérus, de prématurité et de faible poids à naissance (Shah & al., 2011). Parallèlement, l'étude d'événements météorologiques extrêmes et de catastrophes naturelles tels que des tempêtes de glace, des ouragans, des feux de forêt et des tremblements de terre a montré des effets différentiels selon les issues (McElroy & al., 2022 ; Andalon & al., 2016). Les résultats de ces recherches coïncident toutefois de manière générale avec l'idée selon laquelle les circonstances dans lesquelles la grossesse se déroule peuvent affecter fortement la santé des nouveau-nés à leur naissance (Barker, 1990).

Ensuite, au moins cinq mécanismes par lesquels les niveaux de température peuvent influencer la santé du fœtus ont été identifiés dans la littérature : « (i) les maladies qui sont liées aux changements des niveaux de température en soi ; (ii) l'exposition à des températures extrêmes ; (iii) la transmission de maladies infectieuses causées par des vecteurs biologiques ; (iv) les maladies mentales maternelles ; et (v) l'insécurité alimentaire résultant de chocs agricoles négatifs induits par des températures plus élevées » (Molina & Saldarriaga, 2017, p. 112). Dans le cadre de ce mémoire, c'est

principalement l'exposition prénatale à des températures extrêmement chaudes, notamment à des vagues de chaleur, qui nous intéresse. Les preuves épidémiologiques établissant un lien entre celle-ci et les résultats de la grossesse sont de plus en plus nombreuses, mais encore limitées. Plusieurs études ont néanmoins prouvé les effets néfastes de cette exposition, en faisant de celle-ci un facteur de risque relativement important. Les températures anormalement hautes pendant la grossesse affecteraient négativement le développement du fœtus, c'est-à-dire sa croissance et son poids, et augmenteraient le risque de mortinaissance et de naissance prématurée, rendant ainsi le risque de mortalité néonatale plus élevé (Rylander, Øyvind Odland & Manning Sandanger, 2013 ; Wang & al., 2019 ; Syed, O'Sullivan & Philipps, 2022).

Premièrement, de nombreuses recherches ont démontré un risque accru de prématurité en cas d'exposition à des températures très élevées pendant la grossesse. La force de cette association varie cependant fortement d'une étude à l'autre (Carolan-Olah & Frankowska, 2014 ; Helldén & al., 2021). Une méta-analyse des résultats de six articles à ce sujet montre que les chances de naître prématurément étaient 1,16 (CI 95 % : 1,10-1,23) fois plus élevées pendant les vagues de chaleur que dans des conditions météorologiques normales (Chersich & al., 2020). De la même manière, Auger et ses collègues (2014) signalent, suite à leur étude menée à Montréal, que ces épisodes peuvent déclencher un accouchement précoce parmi les grossesses à terme. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par McElroy & al. (2022) portant sur 14 pays à revenu intermédiaire inférieur. Ils ont montré que les femmes exposées à une chaleur extrême dans les sept jours précédant l'accouchement présentaient un risque accru d'accoucher prématurément. Les analyses menées dans le cadre de cette recherche ont en outre trouvé que les femmes enceintes vivant dans des zones rurales, dans des ménages moins riches et avec un faible niveau d'éducation, couraient un plus grand risque de donner naissance à des enfants prématurés par rapport à leurs homologues. Seule une poignée d'étude ne démontre pas d'association entre les températures et diverses issues défavorables à la grossesse, mais nous noterons que celles-ci concernent presque toutes des pays à revenu élevé, qui ont généralement davantage de moyens à leur disposition pour se protéger des chaleurs extrêmes (Chersich & al., 2020).

Deuxièmement, la littérature montre que l'effet d'une exposition *in utero* à des températures extrêmes sur le poids à la naissance varie en termes d'amplitude et de

direction. La majeure partie des études à ce sujet présentent toutefois des résultats indiquant que les vagues de chaleur seraient un facteur de risque (Zhang, Yu & Wang, 2017). Par exemple, les recherches de Chen & al., (2020) portant sur la Chine rurale dans la période allant de 1991 à 2000 ont montré que l'exposition prénatale à ce phénomène météorologique était associée avec une diminution du poids à la naissance. De la même manière, une étude menée en Bolivie, en Colombie et au Pérou a mis en évidence qu'une augmentation de la température d'un écart-type par rapport à la température moyenne était associée à une réduction du poids de naissance de 20 grammes et augmentait la probabilité d'un poids inférieur à 2500 grammes à la naissance de 0,7 point de pourcentage (Molina & Saldarriaga, 2017). Chersich et son équipe (2020) soulignent en outre dans une revue systématique de la littérature que, parmi les recherches identifiant une association entre de fortes températures et une réduction du poids de naissance, les impacts les plus importants concernaient les femmes âgées de moins de 22 ans ou de plus de 40 ans, appartenant à des groupes ethniques noirs, indigènes ou hispaniques et ayant un statut socio-économique faible. De la même manière que pour les naissances prématurées, seules quelques études ont présenté des résultats contradictoires ou n'ont pas trouvé d'association (Zhang, Yu & Wang, 2017)

En troisième lieu, l'association entre la chaleur et la petite taille (pour l'âge gestationnel) est encore peu explorée et donc peu établie (Baharav & al., 2023). Les quelques recherches réalisées à ce sujet montrent en effet des effets variables et peu cohérents les uns avec les autres. Une étude portant la petite localité de Matlab au Bangladesh montre par exemple que lorsqu'une augmentation des températures se produisait à 8 semaines de grossesse, la taille à la naissance était réduite, mais que l'effet inverse était observé lorsque cette hausse se produisait au cours du dernier mois de gestation (Rashid & al., 2017). Une recherche américaine a trouvé par ailleurs que des températures élevées pendant la grossesse étaient associées à un risque 1,041 fois plus élevé de petite taille pour l'âge gestationnel (Ha & al., 2017). En contraste, les résultats de l'étude de Kloog & al. (2018) en Israël suggèrent que l'augmentation de la température ambiante pendant la grossesse pourrait diminuer les risques de petite taille pour l'âge gestationnel chez les enfants nés à terme.

Quatrièmement, des études se sont penchées sur le risque de mortalité en lien avec la chaleur extrême pendant la grossesse (Konkel, 2019). Parmi les 12 études

examinées dans une récente revue systématique concernant ce lien, toutes ont constaté un risque accru de mortinatalité associé à l'exposition aux températures ambiantes tout au long de la grossesse (Sexton & al., 2021). Une étude menée à Brisbane montre par exemple des preuves d'une association entre une température ambiante élevée et un risque accru de mortinatalité (Strand, Barnett & Tong, 2012). L'étude de McElroy et son équipe (2022) déjà mentionnée dans cette section est l'une des rares recherches à ce sujet qui s'intéresse au contexte des pays à faible et moyen revenu. Ils signalent une augmentation des mortinaissances pour les femmes exposées à de fortes températures au cours des sept jours précédant un accouchement. Une dernière étude dans le contexte californien a en outre observé un plus grand risque de mortinaissance pour les fœtus de sexe masculin ainsi que pour les mères jeunes et moins éduquées (Basu, Sarovar & Malig, 2016).

Enfin, à notre connaissance, aucune recherche n'a encore étudié le lien spécifique entre l'exposition *in utero* à une vague de chaleur et le risque de décès néonatal (précoce ou non) après la naissance. Notons toutefois que, comme relevé plus haut, la mortalité néonatale est associée à la prématurité et au faible poids à la naissance, des issues qui elles ont prouvé leur association avec l'exposition à des températures élevées pendant la grossesse. Cela laisse suggérer qu'une association entre cette dernière et le risque de décéder au cours du premier mois de vie pourrait exister, mais qu'elle ne serait pas directe.

En résumé, la littérature montre que dans beaucoup de cas, l'exposition à des températures extrêmement chaudes serait un facteur de risque pour différentes issues défavorables à la grossesse. Seules quelques études trouvent une association contraire ou pas d'association. Toutefois, comme le notent Chen & al. (2020), ces résultats pourraient s'expliquer à la fois par un effet de sélection de la conception au cours des vagues de chaleur, mais aussi par une sélection de la mortalité *in utero* suite à cette exposition. Le fait que la plupart des études ne montrant pas d'association entre ces éléments soient situées dans des contextes socioéconomiquement avantagés pourrait également expliquer cette absence d'association étant donné la meilleure capacité de ces régions à faire face aux fortes températures. Cil et Cameron (2017, p.3) ajoutent que, souvent, « *les corrélations entre les conditions environnementales, les contextes culturels et les facteurs socio-économiques font qu'il est difficile de discerner les contributions additionnelles des seules températures* ».

Ajoutons qu'il existe, au sein de la littérature, une grande diversité dans les définitions des issues à la grossesse, les seuils déterminant la présence d'une vague de chaleur et les différents modèles d'étude. Les résultats des recherches peuvent en outre varier en fonction des méthodes statistiques employées et de la fenêtre d'exposition considérée. De plus, celles-ci se rapportent à des environnements sociaux, économiques, démographiques et météorologiques particuliers. C'est pourquoi il peut être fallacieux de tirer des conclusions des études antérieures pour les appliquer à de nouveaux contextes (McElroy & al., 2020, Konkel, 2019 ; Syed, O'Sullivan & Philipps, 2022).

5 QUESTION DE RECHERCHE ET HYPOTHESES

La diversité qui caractérise les études existantes concernant les impacts de l'exposition prénatale sur les différentes issues défavorables à la grossesse justifie de mener des recherches complémentaires sur certains contextes spécifiques. C'est ce que se propose de faire ce mémoire, en étudiant cette association le cas particulier de la vague de chaleur qui s'est abattue sur l'Inde en 2019.

Au cours de cette recherche, nous tenterons de répondre à la question suivante : *Quel a pu être l'impact de l'exposition in utero à la vague de chaleur du printemps 2019 sur les issues défavorables à la grossesse en Inde ?*

L'objectif de cette recherche est donc d'évaluer la possible relation entre l'exposition des femmes enceintes à la vague de chaleur qui a touché l'Inde aux mois de mai et juin 2019 et la présence d'issues défavorables à la grossesse qui découleraient de cette exposition au cours de la grossesse. Les résultats négatifs de la grossesse inclus dans cette étude comprennent la présence d'un faible poids, d'une petite taille, d'une naissance prématurée, d'un décès néonatal, précoce ou non.

Comme l'indique la littérature scientifique, ces effets sont probablement médiés par une série de facteurs obstétricaux, sociodémographiques ou propres l'état de grossesse (Tamirat & al., 2021 ; Cil & Cameron, 2017). Au vu des données disponibles et de la revue de la littérature réalisée, des variables relatives au niveau d'éducation de la mère, au niveau d'équipement des ménages, au lieu de résidence (urbain ou rural), à l'âge de la mère, à l'exposition aux médias, à la parité, au sexe du fœtus, au nombre de visites prénatales, ainsi qu'à la zone géographique seront incluses dans l'analyse. Il s'agira dès lors d'évaluer si les possibles effets sur les résultats à la grossesse de l'exposition à la vague de chaleur, sur une durée plus ou moins prolongée, persistent ou sont modifiés après un contrôle par ces facteurs de risque.

Plusieurs hypothèses, basées sur la revue de littérature et sur notre intuition, seront testées par les analyses menées. Premièrement, on suppose qu'il sera possible de discerner une augmentation des chances de présenter une grossesse aux résultats défavorables pour les fœtus ayant été exposés *in utero* aux températures extrêmes par rapport à ceux qui ne l'ont pas été. Deuxièmement, on présume que cet effet restera significatif malgré l'introduction de variables de contrôle.

6 ANALYSE DE CAS : L'INDE

La République de l'Inde est un pays d'Asie du Sud que la Banque Mondiale situe dans la catégorie des pays à revenu moyen inférieur. Elle est administrativement divisée en 28 États et 8 territoires de l'Union, représentés ci-dessous (Figure 4). Il s'agit, depuis cette année, du pays le plus peuplé du monde, avec plus de 1,4 milliard d'habitants (United Nations, 2022b). Ce chapitre a pour objectif de présenter les informations nécessaires à la compréhension du contexte dans lequel s'inscrit ce mémoire. Pour ce faire, un état des lieux des issues défavorables à la grossesse ainsi que des caractéristiques climatiques du pays sera dressé. Les tendances historiques et les prévisions concernant les vagues de chaleur seront ensuite décrites ainsi que les différentes stratégies d'adaptation et de prévention mises en place pour y faire face.

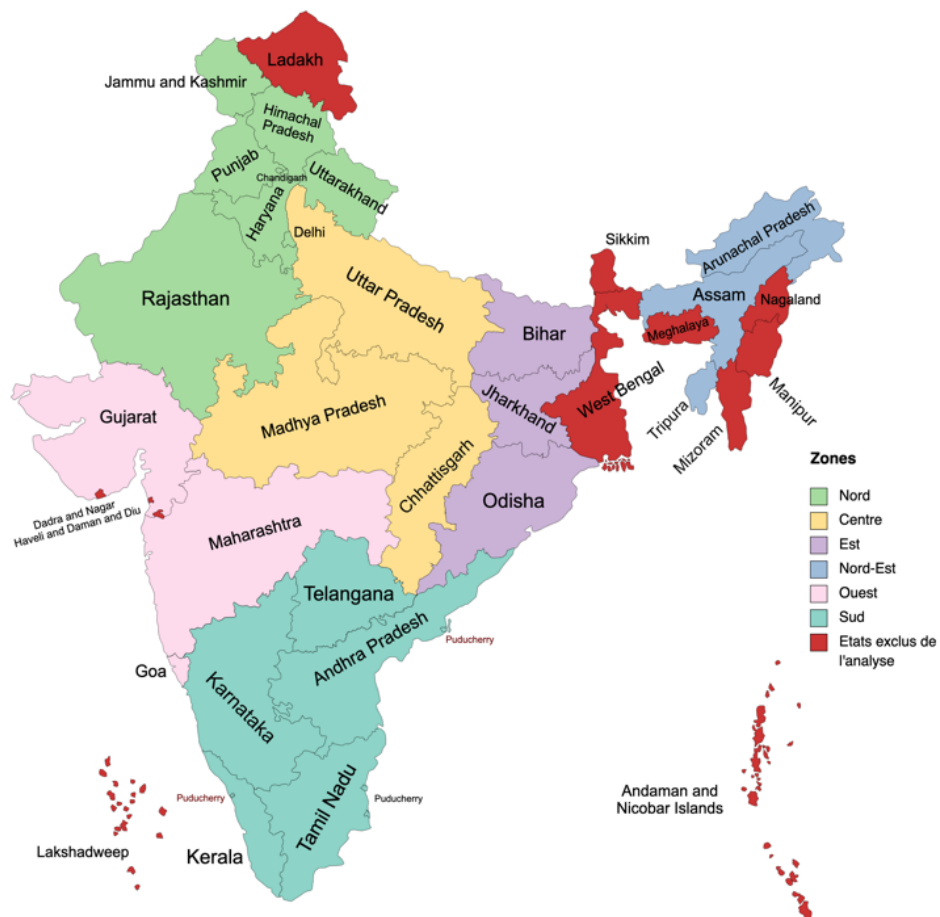


Figure 4 : Carte politique de l'Inde représentant les États et les différentes zones géographiques du pays (production propre)

6.1 ÉTAT DES LIEUX DES ISSUES DEFAVORABLES A LA GROSSESSE EN INDE

6.1.1 FAIBLE POIDS A LA NAISSANCE

Parmi les 25 millions des bébés souffrant d'insuffisance pondérale chaque année, 95 % ont lieu dans des pays à faible et moyen revenu et 52 % sont nés dans la seule Asie du Sud. Les données spécifiques à l'Inde sont toutefois incomplètes (UNICEF et WHO, 2019). C'est donc grâce à des enquêtes démographiques et de santé que des estimations peuvent être faites. Ainsi, une étude de Girotra & al. (2023) portant sur la plus récente de ces enquêtes en Inde (2019-2021) montre que la prévalence des nouveau-nés avec un poids inférieur à 2500 grammes à la naissance était de 17,29 %, soit près d'un bébé sur cinq ; et que la diminution de ce cette proportion n'avait évolué que de façon modeste au cours des dernières années. Cette étude montre également que, comparés aux autres régions, le Nord-Est, l'Est et le Sud du pays présentaient de meilleurs résultats en matière de poids à la naissance. Les résultats montrent de plus que les femmes enceintes avant leur vingtième anniversaire, avec un niveau faible d'éducation et appartenant à un milieu socio-économique défavorisé présentaient de plus grandes chances d'accoucher d'un bébé souffrant d'hypotrophie.

6.1.2 PETITE TAILLE A LA NAISSANCE

En Inde, les données concernant la taille à la naissance sont également disponibles grâce aux différentes enquêtes EDS. Dans le pays, celles-ci ont permis de déterminer que, pour la période de 2019 à 2021, parmi les naissances vivantes, 11,8 % des bébés présentaient une taille très petite ou inférieure à la moyenne telle que déclarée subjectivement par leur mère. Ici aussi, le rapport final de l'enquête indique qu'il existe de différence selon les régions, puisque ce pourcentage varie de 21,3 % dans l'État du Tripura au Nord-Ouest à 6,2 % dans l'État méridional du Karnataka. La prévalence de cette issue défavorable est en outre moins élevée à mesure que l'indice de richesse et le nombre d'années d'études augmentent. On retrouve également légèrement moins de bébés de petite taille parmi les mères âgées 20 à 34 ans et résidant en milieu urbain (International Institute for Population Sciences [IIPS] et ICF, 2022).

6.1.3 PREMATURITE

En 2020, avec 13 % des naissances survenant avant 37 semaines de gestation, l'Inde se classait quatrième parmi les pays présentant les taux de prématurité les plus élevés. Un peu plus de trois millions d'enfants sont nés dans cette situation en Inde en 2020,

ce qui correspond à plus de 23 % du total des cas au niveau mondial (World Health Organization, 2023). Le fardeau des naissances prématurées serait toutefois inégalement réparti à l'intérieur de l'Inde puisque, selon des données de 2016, leur prévalence varierait de 8,1 % dans l'État oriental du Maharashtra à 28,25 % dans l'État méridional du Tamil Nadu (Devi & Singh, 2021).

6.1.4 MORTALITÉ NÉONATALE ET MORTALITÉ NÉONATALE PRÉCOCE

Environ 36 % de l'ensemble des décès néonataux ont lieu en Asie du Sud. 55 % de ceux-ci se déroulent en Inde. Ceci s'explique par un taux encore relativement élevé de mortalité néonatale dans le pays, mais aussi par la part démographique importante que représente l'Inde dans cette région. Une diminution considérable de ce taux a été observée au cours des dernières décennies, passant de 85,6 en 1969 à 19,12 en 2021, ce qui devrait permettre au pays d'atteindre la cible des ODD de 12 décès pour 1000 naissances vivantes en 2031 (UN-IGME, 2021 ; Sharrow & al., 2022).

Il existe toutefois de large variation selon les États, avec des taux variant, pour l'année 2007, de 49 (Madhya Pradesh et Orissa) à 7 (Kerala) décès au cours des 28 premiers jours de vie pour 1000 naissances vivantes. Le taux de mortalité néonatale est en outre supérieur en zone rurale, pour les 20 % les plus pauvres et pour les petits garçons (Lahariya & Paul, 2010). Ajoutons que si les petites filles présentent généralement un meilleur taux de survie pendant la période néonatale, il a été prouvé que dans le contexte de l'Inde et du Pakistan que cette différence de genre disparaissait une fois le seuil de sept jours de vie dépassé, c'est-à-dire pour des cas de décès néonataux qui ne sont plus dits précoces (Aghai & al., 2020 ; Zeitlin & al., 2002).

En ce qui concerne les niveaux de mortalité néonatale précoce, la récente enquête EDS menée en Inde entre 2019 et 2021 a permis d'estimer un taux de décès d'enfants au cours de leur première semaine de vie atteignant 21 pour 1000 naissances vivantes (International Institute for Population Sciences [IIPS] et ICF, 2022).

6.1.5 MORTINATALITE

En 2013, l'Inde présentait le taux de mortinatalité le plus élevé par rapport aux autres pays d'Asie du Sud-Est (Bhati, 2013). En 2021, le taux de mortinaissance était de 12,2 pour 1000 naissances vivantes. Comme ailleurs, il existe d'importantes disparités régionales, avec les États du centre du pays présentant un taux de 66 mortinaissances pour 1000 naissances. En Inde, des progrès ont été réalisés à ce sujet : le pays aurait réduit son taux de mortinatalité de 59 % entre 2000 et 2021 (UN IGME, 2023a ; Lawn

& al. 2011). Notons que, dans les pays à faible revenu comme l'Inde, les mortinaissances restent toutefois un phénomène largement invisible, puisque, même lorsqu'elles sont enregistrées dans les sondages (ce qui est rare), elles sont souvent incluses dans la catégorie de mortalité périnatale (Bhati, 2013 ; Lawn & al., 2011).

6.2 CARACTERISTIQUES DU CLIMAT DE L'INDE

L'Inde abrite une multitude de régions climatiques différentes. D'après les récentes mises à jour du système de Köppen-Geiger qui classifie les climats du monde en différentes grandes classes et sous-types, l'Inde abrite l'ensemble de cinq types principaux de climat : tropical, sec, tempéré, continental et polaire (Beck & al., 2018). La carte suivante permet de se donner une idée de la variété des températures annuelles selon les régions du pays (Figure 5).

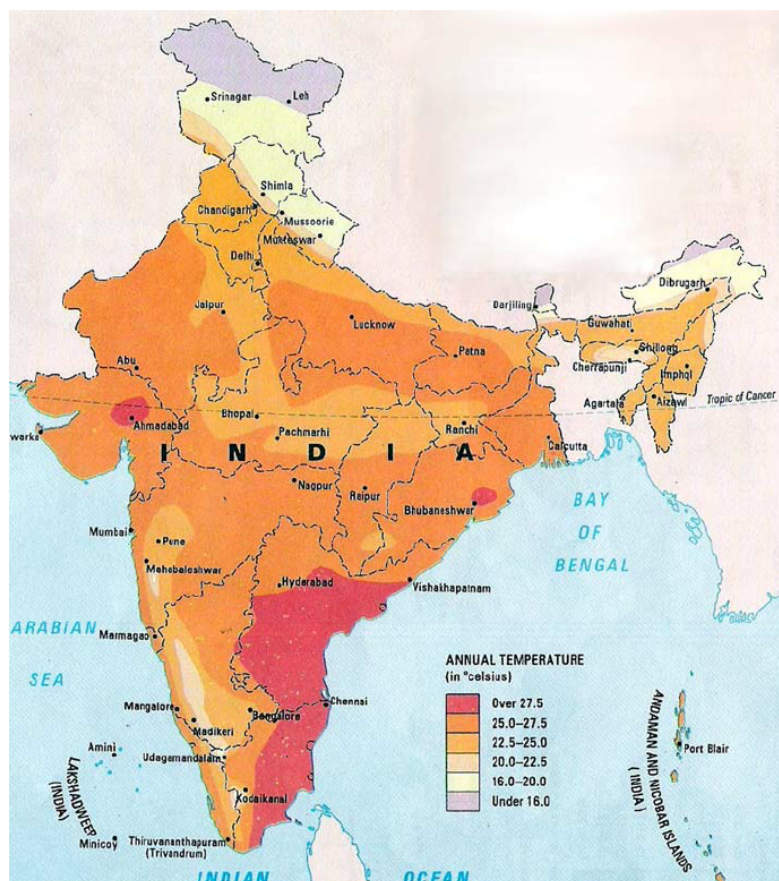


Figure 5 : Températures annuelles moyennes de l'Inde (issu de Sirohi & Michaelowa, 2007)

On observe ici que les régions les plus chaudes sont pour la plupart situées dans l'Est, couvrant les États d'Andhra Pradesh, de Tamil Nadu et de Telangana. De façon contraire, le Nord, plus proche de la chaîne de l'Himalaya, ainsi qu'une partie de la côte Ouest enregistrent les températures annuelles moyennes les moins élevées.

Cette hétérogénéité de climats explique donc les larges variations de températures moyennes à la fois entre les régions, mais aussi selon les saisons (Attri & Tyagi, 2010). Le Service Météorologique Indien (*India Meteorological Department, IMD*) considère en effet que le pays est traversé par quatre saisons : l'hiver (de janvier à février), l'été ou pré-mousson (de mars à mai, voire parfois jusque mi-juin en fonction de la date du déclenchement de la mousson), la mousson d'été ou saison des pluies (de juin à septembre) et la post-mousson ou retrait des moussons (d'octobre à décembre). Les mois les plus chauds sont les mois d'avril pour les régions occidentales et méridionales, et de mai pour le Nord. Durant ces mois, la plupart des régions du pays se réchauffent fortement, avec des moyennes de températures dépassant les 32 °C (IMD, 2020 ; Attri & Tyagi, 2010).

La mousson est un élément clé du climat indien puisqu'on estime que 70 % des précipitations annuelles ont lieu à cette saison (Attri & Tyagi, 2010 ; Murari & al. 2015). La durée de ces périodes peut varier de plusieurs semaines d'une région à l'autre et d'une année à l'autre. En effet, le déclenchement de la mousson, généralement attendu au début du mois de juin, est parfois retardé ou avancé de quelques semaines. Celui-ci est entre autres soumis à des phénomènes tels que le courant saisonnier El Niño qui détermine en partie son intensité, son apparition et son retrait (Attri & Tyagi, 2010).

À côté des variations naturelles de son climat, l'Inde n'échappe bien entendu pas aux effets du dérèglement climatique. En effet, l'analyse de données sur la période de 1901 à 2020 indique une augmentation de 0,62 °C de la température moyenne annuelle dans le pays (World Bank, 2021). Selon un scénario dans lequel les émissions de gaz à effet de serre continueraient d'augmenter au rythme actuel (scénario RCP 8.5 du GIEC), la température moyenne devrait atteindre une augmentation de 4,4 °C par rapport au passé récent d'ici la fin du siècle (Krishnan & al. 2020).

En plus d'être fortement touchée par le changement climatique, l'Inde est également profondément vulnérable aux chocs météorologiques provoqués par celui-ci (Banerjee & Maharaj, 2020). Le pays fait en effet face à des risques de catastrophes naturelles telles que les inondations, les sécheresses, les cyclones, les tempêtes et les vagues de chaleur parmi les plus élevés au monde, se classant 32^e sur 191 pays (World Bank, 2021). Selon le Global Climate Risk Index, en 2015, l'Inde était le quatrième pays ayant le plus souffert des événements météorologiques extrêmes au cours de l'année.

Ce classement notamment est dû au fait que le pays ait subi cette année-là l'une des vagues de chaleur les plus meurtrières de son histoire (Kreft, Eckstein & Melchior, 2016).

Notons à ce propos que, bien que l'Inde soit classée quatrième parmi les pays émettant le plus de CO₂ en termes absolus, la prise en considération du principe du partage équitable des émissions fait du pays le plus important créditeur climatique au niveau mondial (Hickel, 2020). Cette information fait écho à l'aspect inégalitaire du changement climatique déjà mentionné dans ce mémoire. En effet, bien que sa population émette moins individuellement que la moyenne globale, la combinaison de facteurs politiques, géographiques et sociaux fait de l'Inde un pays présentant un score de vulnérabilité aux impacts du changement climatique parmi les plus élevés (World Bank, 2021). Selon De, Dube et Rao (2005), cette vulnérabilité de la population indienne se serait même accrue en raison de la croissance démographique et de la tendance de migration vers les zones urbaines au cours des dernières décennies.

6.3 VAGUES DE CHALEUR EN INDE

6.3.1 DEFINITION ADOPTEE

Étant donné qu'il n'existe pas de définition uniforme des vagues de chaleur, le Service Météorologique Indien a adopté des critères propres permettant de décerner ces phénomènes sur le territoire indien. Pour qu'une vague de chaleur soit déclarée en Inde, plusieurs conditions doivent donc être rassemblées, basées à la fois sur la région concernée et sur le dépassement de seuils absolus et de seuils relatifs. Il faut en effet que la température maximale dépasse le seuil de 30 °C dans les régions vallonnées ou 40 °C dans les plaines. De plus, les conditions doivent représenter une certaine augmentation par rapport aux températures moyennes attendues. En fonction des normales propres à chaque région, l'écart entre les températures observées et les températures attendues doit être supérieur à 4, 5 ou 6 °C. Ces conditions doivent par ailleurs persister pendant au moins 2 jours consécutifs pour que la vague de chaleur soit déclarée (Pai, Nair & Ramanathan, 2013 ; IMD, 2021).

En cas de températures extrêmement élevées, et à fortiori quand une vague de chaleur est déclarée, différents mécanismes de prévention et d'adaptation sont mis en place dans le pays, comme décrit plus bas dans la section 6.4.

6.3.2 TENDANCES HISTORIQUES ET PREDICTION DES FUTURES VAGUES DE CHALEUR

En raison de leur situation géographique et des caractéristiques de leur climat, l'Asie du Sud, et l'Inde en particulier, est fortement exposée aux vagues de chaleur. Compte tenu des effets néfastes de celles-ci et des capacités d'adaptation limitées, il est important de comprendre leur évolution et leur variabilité dans cette région afin de mieux y répondre (Kishore & al., 2022 ; Malik, Bhardwaj & Singh, 2021).

En Inde, des vagues de chaleur se produisent pratiquement tous les ans, surtout au cours des mois d'avril, de mai et de juin et apparaissent le plus souvent dans le Nord-Est ou le Sud-Ouest du pays, avant de s'étendre aux régions voisines. Elles affectent le plus sévèrement parties du Nord, du Centre, et de l'Ouest du pays, mais les observations des dernières décennies ont montré qu'elles s'étaient également de plus en plus souvent étendues aux parties du Sud du pays, où les populations et les gouvernements y sont moins préparés (Jain & Jain, 2022, Pai, Nair & Ramanathan, 2013).

Ces épisodes de chaleur extrême ont été associés à un nombre important de décès dans le pays. La Figure 6 montre une estimation de ceux-ci au cours de la période allant de 1970 à 2010. Des auteurs signalent toutefois que les estimations de la mortalité causée par les vagues de chaleur pourraient être sous-estimées (Azhar & al., 2017).

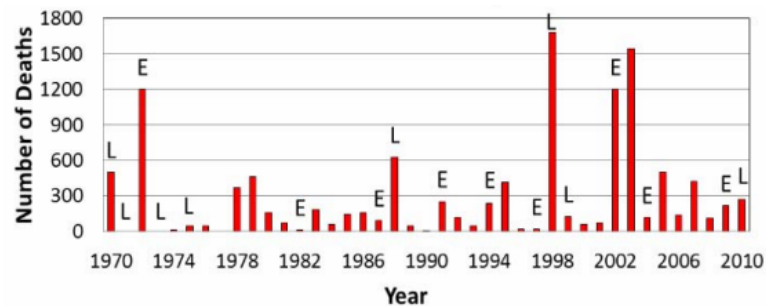
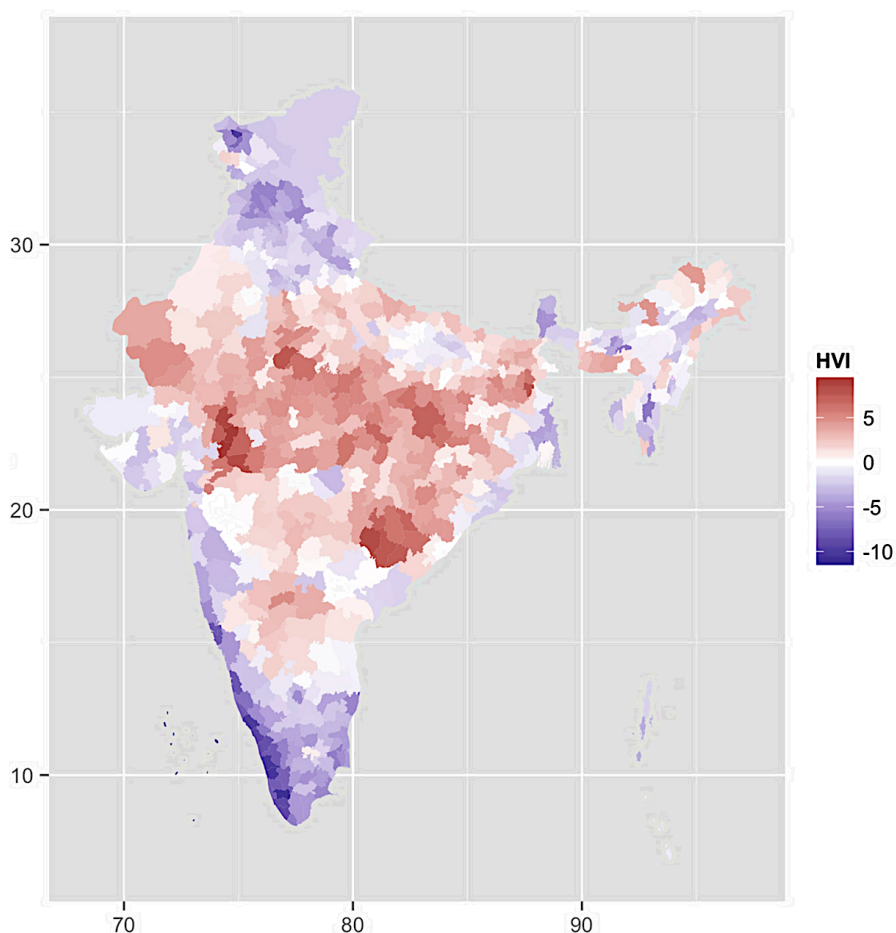


Figure 6 : Nombre de décès causés par une vague de chaleur / vague de chaleur sévère : 1970-2010. Les barres verticales correspondant aux années EL Niño (La Niña) sont étiquetées E (L) (Pai, Nair & Ramanathan, 2013).

On l'a vu, le phénomène El Niño influence grandement le climat Indien et par conséquent le déclenchement de vagues de chaleur dans le pays. Une étude de Chaudhury, Gore et Ray (2000) a d'ailleurs montré que les années successives étaient associées à des conditions météorologiques extrêmes causant des vagues de chaleur plus meurtrières que les autres années. Par exemple, au cours du mois de mai de l'année 2010, la vague de chaleur d'Ahmedabad aurait été associée, selon les estimations de Azhar & al., (2014), à un important excès de mortalité, causant une

augmentation de 43,1 % des décès par rapport à la même période l'année précédente. Cette tendance peut d'ailleurs être observée sur la Figure 6.

Si une grande partie des régions de l'Inde présentent un risque d'exposition à une vague de chaleur, la construction d'un indice de vulnérabilité à la chaleur par a permis de déterminer, sur base de facteurs démographiques, socio-économiques, environnementaux et liés au système de santé, quelles zones du pays étaient le plus à risque de souffrir de ces conditions météorologiques extrêmes. Ces auteurs montrent que les parties centrales du pays étaient celles qui présentaient la plus forte vulnérabilité à la chaleur (voir Figure 7). Ces États sont caractérisés par indicateurs socio-économiques et de développement globalement moins élevés par rapport au reste du pays ; ils sont, de manière générale, moins urbanisés, avec de faibles taux d'alphabétisation, d'accès à l'eau et à l'assainissement et de présence d'équipements ménagers (Azhar & al., 2017).



Bien qu'il s'agisse d'un phénomène courant en Inde, l'étude des vagues de chaleur des dernières décennies indique une augmentation statistiquement significative de la

fréquence, de l'intensité et de la durée de celles-ci dans le pays (Rohini, Rajeevan & Srivastava, 2016 ; Pai & al., 2013). Conformément à ce qui a été observé ailleurs en raison du changement climatique, les prédictions climatiques indiquent une continuation de cette tendance dans le futur. En effet, diverses analyses ont montré des résultats allant dans ce sens. Pour Krishnan et ses collègues (2020), d'ici la fin du siècle, la fréquence des jours de forte chaleur se verrait augmenter de 55 % et la fréquence des vagues de chaleur deviendrait trois à quatre fois plus élevée par rapport à la période 1976-2005. Pour Mishra et ses collègues (2017), la fréquence des vagues de chaleur dites sévères sera multipliée par 30 par rapport au climat actuel si les températures moyennes mondiales sont limitées à une augmentation de 2 °C au-dessus des conditions préindustrielles. De surcroît, Kishore & al. (2022) montrent que la superficie des zones touchées par ces phénomènes devrait augmenter significativement, rendant plus de 70 % des terres du pays exposées à celles-ci d'ici la fin du siècle. La Figure 8 ci-dessous illustre ces prévisions d'intensification des vagues de chaleur.

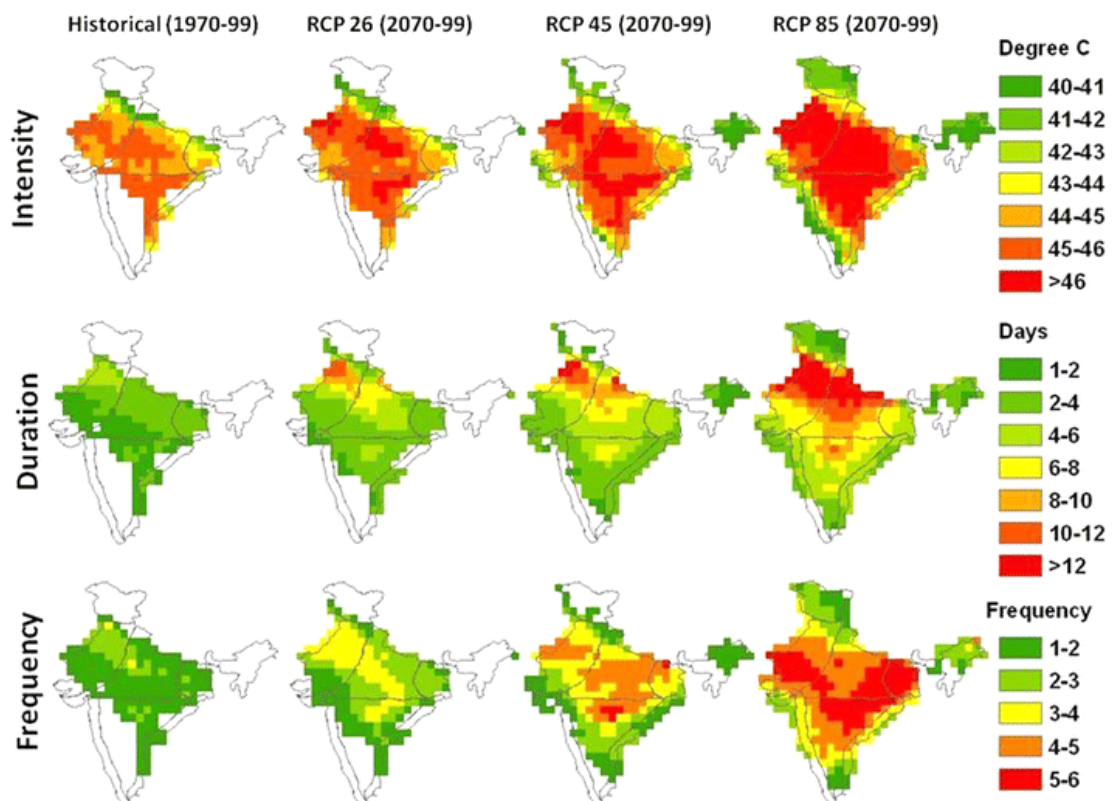


Figure 8 : Intensification des vagues de chaleur sévères pour différents scénarios d'émissions (Murari & al., 2015)

L'exemple de ces dernières années est évocateur de ces tendances avec des vagues de chaleur battant de nombreux records. En effet, plus de 2500 personnes perdirent la vie

en raison de la chaleur extrême en 2015, l'année 2019 enregistra l'une des plus longues vagues de chaleur, le mois de mars 2022 fut le plus chaud de ces 122 dernières années et tandis que la vague de chaleur de 2023 fut l'une des plus précoces, avec des températures maximales supérieures à la moyenne dans plus de 60 % du territoire dès la mi-avril (Jain & Jain, 2022 ; Madan, 2023 ; Rohini, Rajeevan & Srivastava, 2016).

6.3.3 LA VAGUE DE CHALEUR DE 2019 EN INDE

2019 fut la septième année la plus chaude en Inde depuis 1901, avec une température moyenne annuelle supérieure de 0,36 °C par rapport à la période 1981-2010. En juin, les températures moyennes ont dépassé les normales de saison de plus de 1 °C. Cette hausse a provoqué, durant les mois de mai et juin 2019, l'une des plus longues vagues de chaleur de l'histoire du pays (IMD, 2020). Pendant cette période, certains États ont affiché des températures dépassant les 45 °C pendant parfois plusieurs jours. Les températures ont même atteint les 48 °C, établissant un nouveau record pour le mois de juin (NASA Earth Observatory, 2019). Dans l'est et le centre du pays, plus de 20 jours consécutifs de canicule ont été signalés (Hari & Tyagi, 2021). La Figure 9 représentant les températures enregistrées le 10 juin montre l'ampleur de cette vague de chaleur. On observe que les régions les zones les plus touchées sont le Nord, le Centre et l'Est, tandis que le Sud et le Nord-Est semblent avoir été relativement épargnés.

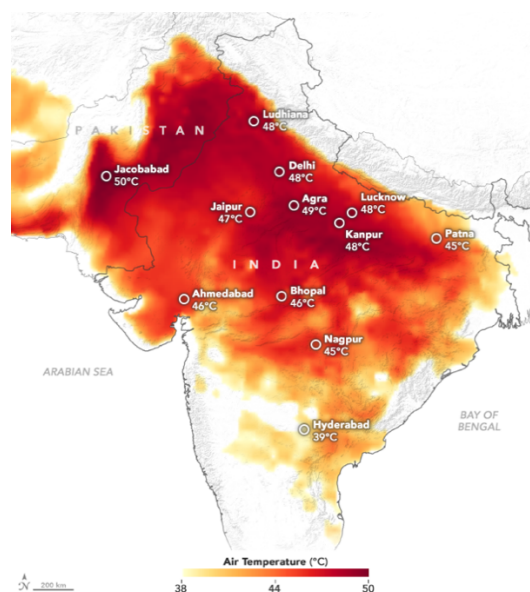


Figure 9: Températures enregistrées le 10 juin 2019 dans différentes villes d'Inde (NASA Earth Observatory, 2019)

Cette année-là, le retard du déclenchement de la mousson et l'important déficit de précipitations que cela a engendré ont aggravé les conditions de température, rendant les températures élevées d'autant plus difficiles à supporter pour la population (NASA Earth Observatory, 2019). En effet, plutôt que de démarrer le premier juin comme c'est habituellement le cas, la saison des pluies a été retardée de sept jours pour ne commencer que le 8 juin. De plus, la mousson ne s'est répandue que très lentement sur le territoire, pour ne couvrir qu'environ 15 % du pays le 19 juin, au lieu des deux tiers habituels (Bansal, 2019). Ce retard favorise une augmentation rapide des températures en Inde et favorise une prolongation des vagues de chaleur parfois jusqu'au mois de juillet (Hari & Tyagi, 2021). Un déclenchement tardif de la mousson a déjà été identifié comme une cause de surmortalité (Pai, Nair & Ramanathan, 2013). En 2015, un scénario similaire s'était produit dans le sud-est du pays, causant plus de 2500 décès (Rohini, Rajeevan & Srivastava, 2016).

Au total, les données de l'IMD indiquent que la vague de chaleur du printemps 2019 a causé plus de 350 décès, principalement dans les États du Bihar et du Maharashtra (IMD, 2020). Il n'existe pour le moment pas encore d'étude permettant de quantifier la morbidité additionnelle causée par ce phénomène, mais il est probable que de telles températures sur une durée si prolongée aient causé des problèmes de santé pour de nombreux Indiens, en particulier ceux qui étaient déjà vulnérables.

6.4 STRATEGIES D'ADAPTATION ET DE PREVENTION

En raison entre autres de la forte densité et croissance de la population, de l'urbanisation rapide et des carences en matière d'infrastructures, de ressources économiques et de santé, des auteurs soulignent que l'augmentation des vagues de chaleur et les effets qui y sont associés pourraient être assez sévères pour la population indienne (Murari & al., 2015 ; Sharma, Andhikaputra & Wang, 2022).

Au vu de cette vulnérabilité et des effets néfastes pour la santé que provoquent les vagues de chaleur, ces phénomènes sont de plus en plus reconnus comme un problème majeur de santé publique (Azhar & al., 2017). Des auteurs ont d'ailleurs souligné l'importance de mettre en place des mécanismes d'adaptation et de prévention pour réduire les risques de morbidité et de mortalité encourus par les populations exposées (Hess & al., 2018). Cette section vise à décrire ces mécanismes et à détailler ceux qui

sont adoptés dans le contexte d'un pays particulièrement exposé aux vagues de chaleur comme l'Inde.

Les stratégies d'adaptation et les approches visant à améliorer la résilience aux vagues de chaleur sont multiples. Celles-ci comprennent par exemple l'éducation et la sensibilisation, des adaptations infrastructurelles et architecturales, l'aménagement urbain, des mesures gouvernementales telles que les plans d'action contre la chaleur, l'application de systèmes d'alerte précoce et l'adaptation des comportements (Sharma, Andhikaputra & Wang, 2022 ; Kiarsi & al., 2023).

Quand il fait très chaud, les premières stratégies d'adaptation sont de type individuel. Comme l'expliquent Brager et de Dear (1998), la tolérance thermorégulatrice de chacun à ces épisodes dépend de : (i) *L'acclimatation physiologique (y compris les changements dans les réactions physiologiques telles que la transpiration et les changements dans le flux sanguin de la peau)* ; (ii) *L'adaptation psychologique (changements dans la perception de la température)* ; (iii) *L'adaptation comportementale (actions conscientes telles que changer de vêtements, boire de l'eau, rester à l'intérieur, utiliser des ventilateurs)* (Carolan-Olah & Frankowska, 2014, p. 51).

Ceci nous indique que les capacités d'adaptation varient d'une population à l'autre et que l'ensemble des stratégies ne se prêtent pas à tous les contextes. Par exemple, bien que l'utilisation de l'air conditionné ait prouvé son efficacité dans les régions socioéconomiquement avancées, cette solution ne semblerait pas, selon Azhar et ses collègues (2017), être une solution parfaitement applicable au cas de l'Inde en raison d'un réseau électrique encore peu étendu et irrégulier. Par ailleurs, peu de politiques nationales concernant la gestion des vagues de chaleur existent en Asie du Sud, en raison notamment de la grande diversité climatique et géographique des pays (Sharma, Andhikaputra & Wang, 2022). À la place, ce sont davantage des Plans d'Action contre la Chaleur (PAC) qui sont instaurés dans ces régions. Les PAC sont des outils administratifs ayant pour objectif de définir différents niveaux d'urgence liés à la chaleur au niveau de la ville ou de la localité et de renforcer la préparation des populations contre ses effets (Knowlton & al., 2014). Le premier des plans de ce genre a été implémenté en 2013 dans la ville d'Ahmedabad située au Nord-Ouest de l'Inde et représente un bon exemple des mesures qui peuvent être mises en place dans les zones les plus vulnérables de ce pays. Celui-ci s'est concentré sur trois stratégies

pilotes : 1) *La sensibilisation de la population aux risques des vagues de chaleur et aux pratiques permettant de prévenir les décès et les maladies qui y sont liés* ; 2) *La mise en place d'un système d'alerte précoce pour prévenir les habitants des prévisions de températures dangereusement élevées et* ; 3) *Le renforcement des capacités de professionnels de santé à reconnaître les maladies liées à la chaleur et à y répondre* (Knowlton & al., 2014, p. 3482).

Tout d'abord, Lowe, Ebi et Forsberg (2011) nous informent sur l'importance de sensibiliser activement la population aux actions à prendre pour éviter les effets néfastes de l'exposition à des températures extrêmes. Cela consiste par exemple à lui prodiguer des conseils pour se protéger contre les maladies liées à la chaleur, pour les reconnaître et pour les traiter. En effet, il a déjà été prouvé que la communication sur ces issues et l'éducation à la santé par le biais des médias ont permis à la fois d'améliorer la préparation des populations et de les inciter à adopter des comportements adéquats pour faire face aux menaces sanitaires (Sharma, Andhikaputra & Wang, 2022 ; Das & Smith, 2012). Par exemple, dans l'État indien d'Odisha, la diffusion d'alertes et des campagnes de sensibilisation à travers les médias sur les choses à faire ou ne pas faire (« *Do's and Don'ts* ») en cas de vague de chaleur ont prouvé leur efficacité pour réduire la mortalité causée par celles-ci. Les auteurs signalent toutefois que cette efficacité est conditionnée par un certain niveau d'éducation et par l'exposition aux médias (Das & Smith, 2012 ; Hess & al., 2018).

Ensuite, la littérature montre que les PAC sont généralement organisés en phases de prévision (*forecasting*), de surveillance (*monitoring*), d'avertissement (*warning*) et d'alerte (*alert*) (Lowe, Ebi & Forsberg, 2011). Grâce à son vaste réseau d'observatoires météorologiques, il est possible pour l'IMD de jouer un rôle dans ces différentes phases. Le service communique ensuite ces données aux centres régionaux, qui à leur tour pourront lancer des alertes précoces à l'attention de la population (IMD, 2021). Comme le suggèrent Lowe, Ebi et Forsberg (2011), la détermination des seuils et des durées nécessaires au déclenchement d'une alerte doit en effet différer d'une région à l'autre de manière à prendre en compte les différences de climat et des niveaux d'acclimatation des populations.

La littérature montre que ces systèmes d'alerte sanitaire peuvent constituer une approche efficace pour réduire la morbidité et la mortalité associées aux épisodes de chaleur extrême (Ebi, 2007). Une évaluation récente de l'efficacité du PAC

d'Ahmedabad a d'ailleurs montré que la mise en place de ce mécanisme aurait permis d'éviter plus de 1100 décès liés à la chaleur (Hess & al., 2018). S'appuyant sur ces constats, les PAC se sont démocratisées à travers le pays et, quelques années plus tard, ce sont plus de 100 villes indiennes qui ont mis en œuvre des plans de ce genre afin de mieux répondre aux défis posés par l'exposition croissante aux vagues de chaleur (IMD, 2021).

En plus des stratégies mises en lumière par le PAC d'Ahmedabad, une récente publication du Conseil de Défense des Ressources Naturelles ajoute que pour être réellement efficaces les Plans d'Action contre la Chaleur en Inde devraient d'une part intégrer des mesures d'atténuation et d'autre part prendre en compte les groupes à risque (NRDC, 2020). En ce qui concerne le premier point, l'Inde a mis en place en 2008 un Plan d'Action National sur le Changement Climatique visant la décarbonisation du pays, une urbanisation durable et des campagnes de sensibilisation du public (Sharma, Andhikaputra & Wang, 2022). Ces mesures mettent néanmoins du temps à être implémentées et à montrer un réel impact (Lowe, Ebi & Forsberg, 2011). Ensuite, comme on l'a vu, certains groupes de personnes sont davantage susceptibles de souffrir de la chaleur, que ce soit en raison de leur âge, de leur état de santé, de leur style de vie ou de leur statut socio-économique. Si certaines actions visant ces catégories en particulier ont déjà été développées en Inde, des actions à l'attention particulière des femmes enceintes sont encore manquantes. Une étude de Banerjee et Maharaj (2020) montre cependant que certaines politiques publiques avaient pu jouer un rôle dans la réduction des effets liant chaleur extrême et issues défavorables à la naissance. C'est notamment le cas du programme ASHA (*Accredited Social Health Activists Program*) qui dans son objectif de relier les communautés marginalisées aux systèmes de soins, a permis de fournir aux femmes enceintes un accès accru aux soins prénataux et des informations importantes sur les risques encourus suite à l'exposition aux fortes chaleurs. Ces données suggèrent que, en plus des campagnes de sensibilisation visant particulièrement les femmes enceintes, un meilleur accès aux soins prénataux pourrait être une stratégie d'adaptation efficace face aux vagues de chaleur (Bratti, Frimpong & Russo, 2021).

7 METHODOLOGIE

7.1 SOURCES DES DONNEES

7.1.1 LES ISSUES DEFAVORABLES A LA GROSSESSE

Les données concernant les issues défavorables à grossesses ont été collectées à partir de l'Enquête Démographique et de Santé (EDS) menée en Inde entre juin 2019 et avril 2021 (International Institute for Population Sciences [IIPS] et ICF, 2021). Les EDS, financées en partie par l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), ont pour principaux avantages d'être représentatives à l'échelle nationale et de présenter des informations détaillées sur la santé maternelle et infantile standardisée d'un pays à l'autre (McElroy & al. 2020). Une fois collectées, les données sont classées dans plusieurs types de fichiers. Dans cette étude, c'est le fichier « *birth recode* » qui a été employé. Celui-ci présente, pour chaque femme interrogée, non seulement une liste de tous ses enfants, avec des informations sur leur date de naissance et leur sexe, mais aussi des informations détaillées sur les indicateurs de santé néonatale, comme le poids et la taille à la naissance, à la durée de la grossesse et à l'état de survie du nouveau-né, accompagné, le cas échéant, de l'âge au décès. L'ensemble de ces données permettent d'estimer le nombre et de caractériser les enfants ayant souffert d'issues défavorables à la grossesse et donc de répondre à la question de recherche. Du plus, des caractéristiques socio-économiques et démographiques sont collectées, ce qui permet de caractériser la population étudiée selon divers indicateurs. On retrouve par exemple des informations quant au lieu de résidence, au niveau d'éducation, ou encore le niveau de richesse.

Entre 2019 et 2021, au cours de la cinquième enquête du genre en Inde, 636 699 foyers, 724 115 femmes de 15 à 49 ans et 101 839 hommes de 15 à 54 ans ont été interrogés dans l'ensemble des États et Territoires de l'Union du pays, avec un taux de participation d'environ 97 % (International Institute for Population Sciences [IIPS] et ICF, 2022). Il s'agit de la plus vaste enquête du programme EDS à ce jour.

7.1.2 LES TEMPERATURES

Afin de déterminer si une femme indienne avait été exposée à la vague de chaleur des mois de mai et juin 2019 au cours de sa grossesse, il était nécessaire de connaître les températures maximales journalières (Tmax) dans chaque État au cours de la période

et de pouvoir les comparer que les températures maximales mensuelles moyennes, c'est-à-dire les « normales des température » (TN).

En ce qui concerne les TN, il a été possible de les collecter sur le portail en ligne du Service météorologique indien (IMD, 2023). Celui-ci permet d'accéder à des données historiques sur les températures normales maximales pour un large panel de stations météorologiques à travers l'Inde. Les données mensuelles pour les mois de mai et de juin ont donc été collectées pour la période allant de 1969 à 2019 pour chaque station sélectionnée pour l'analyse.

En revanche, malgré l'existence, en Inde, d'un vaste réseau de stations météorologiques et de relevés remontant au XIXe siècle, l'accès public aux données journalières relatives aux Tmax reste fortement limité (Burgess & al. 2014 ; Rohini, Rajeevan & Srivastava, 2016). Pourtant, comme le signalent Deschênes et Greenstone (2001), il est essentiel de considérer des données journalières pour pouvoir évaluer minutieusement la relation entre les températures et les résultats en matière de santé. En effet, des données mensuelles ou annuelles invisibilisent certains éléments caractérisant cette relation qui n'est par ailleurs souvent pas linéaire. Dans la cadre de ce mémoire, les relevés de températures maximales de chaque jour sont donc issus de la base de données météorologiques et climatiques de l'Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA). Celle-ci regroupe des observations climatiques journalières d'environ trente sources différentes (National Centers for Environmental Information, s. d.).

Afin de déterminer l'exposition ou non à une vague de chaleur, une station météorologique par État indien considéré a été prise en compte. Lorsqu'il y avait plusieurs stations pour un même État, la station comportant la meilleure disponibilité de données concernant les Tmax et se situant la plus proche des zones de l'État les plus peuplées a été sélectionnée manuellement. Ce choix s'explique par l'importance de la complétude des données journalières pour déterminer la présence d'une vague de chaleur d'une part, et d'autre part par l'objectif d'en capturer l'exposition pour un nombre maximal d'habitants. La liste des stations sélectionnées pour chacun des États peut être retrouvée dans le Tableau 1 (page 52) et leur localisation géographique selon les zones, dans la Figure 10 ci-dessous.

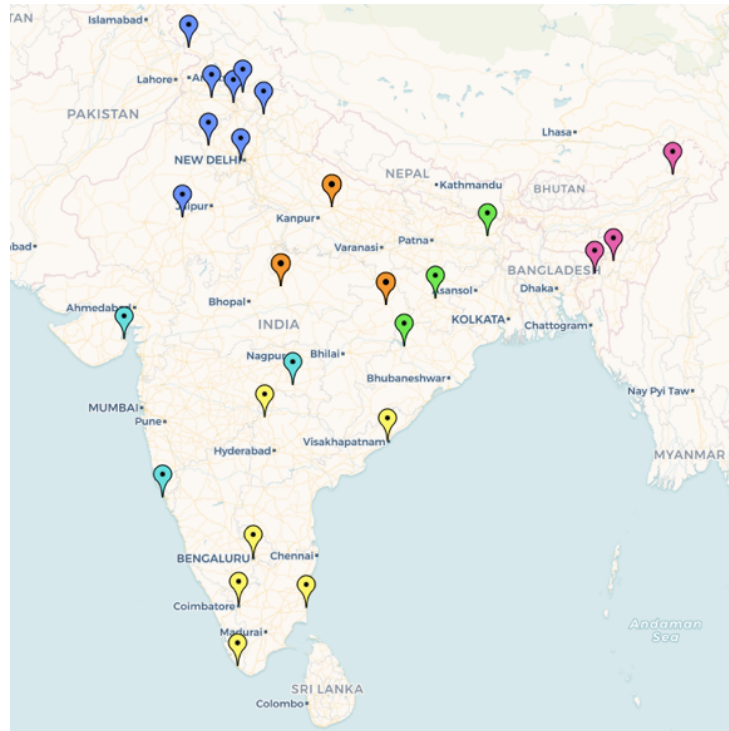


Figure 10 : Localisation des stations météorologiques sélectionnées

7.2 PREPARATION DE L'ANALYSE

Afin de connaître l'impact de l'exposition *in utero* à la vague de chaleur de 2019 sur la santé à la naissance, diverses analyses statistiques ont été menées à l'aide du logiciel SPSS. Cette partie vise à décrire les étapes préalables à ces analyses, c'est-à-dire la pondération des données, l'identification des outliers et leur exclusion, la sélection de l'échantillon, et la création des différentes variables, à la fois liées aux issues défavorables à la grossesse, aux vagues de chaleur, mais aussi des variables dites de contrôle.

7.2.1 PONDERATION DES DONNEES ET EXCLUSIONS

Afin de rendre les données issues de l'enquête EDS démographiquement représentatives à l'échelle nationale, il a fallu les pondérer. L'activation de la variable V005 a ainsi permis de donner un poids aux données et de redresser de cette façon l'échantillon pour le rendre représentatif au niveau national. Cela permet notamment de tenir compte des ménages qui étaient dans le plan de sondage, mais qui n'ont pas pu être interrogés.

De plus, ont été de prime abord exclues de la base de données les naissances multiples. La gémeauté est en effet souvent associée avec un poids à la naissance plus faible (Molina & Saldarriaga, 2017), ainsi qu'à un risque de naissance prématurée neuf fois

plus élevé que pour les naissances uniques (Vogel & al., 2018), ce qui pourrait perturber les résultats de l'analyse si on les prenait en compte.

Ensuite, la couverture spatiale de l'étude a été réduite en raison d'une disponibilité de données de température maximale trop réduite dans certains États du pays. Parmi les 36 États repris dans l'enquête EDS, dix ne présentaient pas de données journalières assez complètes dans la base de données de la NOAA. Ces territoires, à savoir 1) les îles Andaman et Nicobar ; 2) Sikkim ; 3) Nagaland ; 4) Manipur ; 5) Mizoram ; 6) Meghalaya ; 7) Bengale-Occidental ; 8) Dadra and Nagar Haveli et Daman & Diu ; 9) Ladakh ; et 10) Lakshadweep, ont donc été exclus de l'analyse. Ces États sont principalement situés au Nord-Est du pays, ou sont des îles. Ils correspondent donc à des régions climatiques bien particulières. Leur localisation géographique est représentée dans la Figure 4 (page 29).

Ces différentes étapes correspondent à une suppression de 127 188 observations, soit environ 10 % par rapport à la base de données originelle. Le détail de ces différentes étapes figure dans l'Annexe 1.

7.2.2 VARIABLES RELATIVES AUX VAGUES DE CHALEUR

On l'a vu, les critères pour définir l'occurrence d'une vague de chaleur dépendent fortement du lieu considéré. S'il existe une définition précise appliquée en Inde, celle-ci fait appel à des données dont l'accès public est compliqué. Pour déterminer l'exposition ou non à une vague de chaleur, cette étude a donc pris en considération en partie les critères repris dans cette définition indienne et des caractéristiques générales issues de la littérature scientifique. Les critères retenus par ce mémoire pour déclarer l'exposition à une vague de chaleur ont donc été définis comme suit : (1) lorsque la température maximale dépasse 45 °C ou ; (2) lorsque la température maximale du jour dépasse de 5 °C ou plus la température maximale mensuelle moyenne attendue pour l'État en question. Ces critères définissent les jours de chaleur extrême. Si de telles conditions se poursuivent pendant au moins trois jours consécutifs, alors on estime que la population de cet État a été exposée à une vague de chaleur.

Après avoir converti les données de températures en degrés Celsius, deux variables relatives aux vagues de chaleur ont été ajoutées dans la base de données EDS. La première, nommée EXP_HW, est une variable dichotomique représentant, selon les critères énoncés précédemment, l'exposition ou non à une vague de chaleur. Si les

critères énoncés ci-dessus étaient réunis dans un État au moins une fois au cours de la période d'intérêt, alors toutes les femmes enceintes résidant dans cet État à ce moment étaient considérées comme exposées à au moins une vague de chaleur au cours de leur grossesse et recevaient le code 1. Dans le cas contraire, on a considéré que les femmes de ces États n'avaient pas été exposées et on leur octroyait un code 0.

De plus, de manière à affiner la prise en compte des vagues de chaleur, une deuxième variable a été créée, indiquant le nombre total de jours d'exposition, autrement dit la somme des jours où une vague de chaleur a été déclarée au cours de la période de mai à juin 2019. Nommée NB_HW, cette variable permet de quantifier l'intensité de l'exposition (voir Annexe 2).

7.2.3 VARIABLES RELATIVES AUX ISSUES DEFAVORABLES A LA GROSSESSE

Afin de mener les analyses nécessaires pour répondre à la question de recherche, plusieurs variables dichotomiques représentant la présence ou non de chaque issue défavorable à la grossesse ont été constituées, à savoir LBW (*low birth weight*) pour un faible poids, SMALL pour une petite taille et PTB (*preterm birth*) pour une naissance prématurée. La base de données considérée ne comportant pas de données concernant les enfants mort-nés, l'analyse s'est concentrée à la place sur la mortalité néonatale, précoce ou non. Pour ce faire, deux variables ont été créées, à savoir DNP (décès néonataux précoces) et DN (décès néonataux) renvoyant à des décès d'enfants nés vivants ayant eu lieu soit respectivement le jour de la naissance, soit au cours de la première semaine de vie, soit au cours du premier mois de vie (voir Annexe 3).

La variable LBW, créée à partir de la variable M19 de la base de données EDS renvoyant au poids à la naissance a été codée 1 si l'enfant présentait un poids inférieur à 2500 grammes et 0 dans le cas contraire. Les cas où le nouveau-né n'avait pas été pesé ou que le poids n'était pas connu par la mère ont de plus été reclassés comme données manquantes. La variable SMALL a, quant-à-elle, été construite à partir de la variable M18 qui classe les nouveau-nés selon leur taille telle que déclarée subjectivement par la personne interrogée. Lorsque l'enfant avait été déclaré plus petit que la moyenne ou très petit, on lui a attribué un code de 1 et de 0 lorsque ce n'était pas le cas. Comme pour la variable précédente, les cas dans lesquels la répondante ne sait pas répondre ont été catégorisés comme manquants. Ensuite, la détermination de la variable PTB a été réalisée en suivant l'exemple de la méthodologie utilisée par McElroy et ses collègues (2020) dans une étude similaire à celle-ci. Ainsi, la présence

ou non d'une naissance prématurée a été inférée à partir de la variable S220A relative à la durée de la grossesse. Si celle-ci avait duré moins de neuf mois, on a considéré qu'elle s'était terminée prématurément, et on l'a codée 1. Pour déterminer enfin les cas de décès néonataux, les variables B5 et B6 ont été prises en compte. La variable B5 indique l'état de vie de l'enfant, tandis que la variable B6 renseigne sur l'âge au décès de l'enfant. Si, lors de l'interview, il était constaté que l'enfant n'était pas en vie et que l'âge au décès indiquait que l'enfant était décédé au cours de sa première semaine de vie ou au cours de son premier mois de vie, alors il lui a été attribué le code de 1 respectivement au sein des variables DN et DNP.

7.2.4 VARIABLES DE CONTROLE

Une partie importante des facteurs influençant les résultats à la grossesse identifiés dans la revue de la littérature ont pu entrer dans l'analyse en tant que variables de contrôle. Elles serviront à vérifier si le lien entre l'exposition *in utero* à la vague de chaleur de 2019 et la présence d'issues défavorables est modifié lorsque ces facteurs de risque sont pris en compte. Ainsi, les données disponibles ont permis d'étudier l'influence de facteurs tant socio-économiques, que démographiques, obstétriques ou encore liés à l'accès aux soins de santé. Cela concerne le niveau d'éducation de la mère, l'index de richesse, le type de lieu de résidence, l'âge de la mère, l'exposition aux médias, le nombre de visites prénatales, la distance par rapport à un établissement de santé, le sexe de l'enfant et la primiparité.

D'une part, certains de ces facteurs et les variables qui y correspondent ont dû être créés à partir d'autres variables ou être simplement recodés pour faciliter l'analyse. Tout l'abord, l'âge de la mère a été, en accord avec la littérature divisé en 3 tranches (moins de 20 ans, entre 20 et 35 ans et plus de 35 ans) au sein d'une nouvelle variable nommée « AGE ». Ensuite, en ce qui concerne l'exposition aux médias, on a considéré que cette exposition était significative lorsque la personne interrogée déclarait lire le journal (V157), écouter la radio (V158) ou regarder la télévision (V159) au moins une fois par semaine. La variable « MEDIA » créée pour représenter ce facteur a donc été codée 1 lorsqu'une de ces conditions était réunie. De plus, lorsque l'enfant était le premier enfant de la femme interrogée, celui-ci a été codé 1 dans la nouvelle variable « PRIMIP » relative à la primiparité. Lorsqu'au contraire, l'enfant n'apparaissait pas en premier dans l'ordre des naissances de sa mère, il était codé 0 pour cette variable. En ce qui concerne l'accès aux soins de santé, les femmes

qui déclaraient lors de l'interview que la distance par rapport aux établissements de santé était un gros problème pour elles se sont vues attribuées le code 1 au sein de la nouvelle variable « DIST ». Pour finir, le niveau de suivi des soins prénataux a été déterminé à partir de la variable M14 qui indique le nombre de visites prénatales réalisées au cours de la grossesse. Celle-ci a été recodée sous la nouvelle variable « ANTENAT » qui sépare les femmes n'ayant eu aucune visite (codées 0), de celles en ayant eu entre une et trois (codées 1) et de celles qui, conformément aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé se sont rendues à quatre visites prénatales ou plus (codées 2).

D'autre part, certaines variables n'ont pas dû être manipulées car elles étaient directement disponibles pour être employées dans le cadre de cette étude. C'est le cas de la variable V106 qui décrit le niveau d'éducation de la mère : aucun, primaire, secondaire ou supérieur ; de la variable B4 renvoyant au sexe de l'enfant ; et de la variable V025 relative au type de lieu de résidence (rural ou urbain). La variable V190 concernant l'index de richesse du ménage a pu également être utilisée sans modifications. Celui-ci est calculé à partir de données sur la possession par les ménages de certains biens, tels que téléviseurs et bicyclettes, sur les matériaux utilisés pour la construction des logements et sur les types d'accès à l'eau et d'installations sanitaires et permet de catégoriser chaque ménage dans cinq catégories allant des plus pauvres aux plus riches.

Enfin, une variable de variation spatiale a été prise en compte afin de déceler les différences géographiques dans l'éventuel impact de l'exposition *in utero* aux vagues de chaleur. Pour ce faire, la variable se référant à l'État de résidence des répondantes (V024) a été employée. Cette dernière a été reclassée dans une nouvelle variable nommée « ZONE » en six régions en s'inspirant de la catégorisation opérée par le rapport final de l'enquête en question, à savoir le Nord (1), le Centre (2), l'Est (3), le Nord-est (4), l'Ouest (5) et le Sud (6) (International Institute for Population Sciences [IIPS] et ICF, 2022). Une représentation de la localisation géographique de ces zones ainsi que des États ayant préalablement été exclus de l'analyse peut être retrouvée à la Figure 4 (page 29). Le détail de la syntaxe utilisée pour la création de l'ensemble de variables de contrôle citées ci-dessus peut également être retrouvé dans l'Annexe 4.

7.3 ÉCHANTILLON

Après avoir préparé et recodé les différentes variables nécessaires à l'analyse vient l'étape de l'échantillonnage. Il s'agit d'une étape importante car il permet de sélectionner les femmes qui auraient pu être exposées à la vague de chaleur des mois de mai et juin 2019 au cours de leur grossesse. Cela correspond aux femmes qui ont été enceintes à cette période, peu importe l'avancement de la grossesse à ce moment. On n'a donc pris en considération, dans le cadre de cette analyse, que les femmes ayant donné naissance entre le mois de mai 2019 et le mois de mars 2020, soit entre la période d'intérêt et neuf mois après la dernière exposition possible à la vague de chaleur. Cela correspond aux enfants ayant pour date de naissance un CMC (Century Month Code) compris entre 1433 et 1443. C'est donc à partir de la variable B3 qui renvoie au mois de naissance que les nouveau-nés ont été sélectionnés pour faire partie de l'échantillon (voir Annexe 5).

À la suite de ces différentes étapes de pondération, d'exclusion et de sélection de l'échantillon, ce sont finalement 27 129 enfants ayant été potentiellement exposés à la vague de chaleur avant leur naissance qui ont été inclus à cette analyse.

7.4 ANALYSE

La première étape des analyses a été de déterminer dans quels États avaient été exposés à la vague de chaleur au cours de la période étudiée. La prévalence d'issues défavorable à la grossesse a également été examinée avant de réaliser un état des lieux des données utilisées, ce qui permettra de mieux connaître les caractéristiques sociodémographiques, obstétriques et sanitaires de la population analysée.

Ensuite, afin de répondre à la question de recherche et de vérifier les hypothèses, diverses régressions logistiques ont été effectuées. Cette méthode statistique, grandement utilisée en épidémiologie, permet de « *mesurer l'association entre la survenue d'un événement (variable expliquée qualitative) et les facteurs susceptibles de l'influencer (variables explicatives)* » (El Sanharawi & Naudet, 2013, p. 710). Dans le cadre de ce mémoire, les événements en question sont la présence ou non d'un faible poids, d'une petite taille, d'une prématurité, d'un décès néonatal précoce ou d'un décès néonatal. Les variables explicatives sont, d'une part, l'exposition à la vague de chaleur, et d'autre part certains des facteurs de risque communément admis dans la littérature comme susceptibles d'influencer la survenue de ces événements.

Comme le suggère la méthodologie proposée par El Sanharawi & Naudet (2013) des régressions logistiques univariées mesurant l'association entre chaque issue défavorable à la grossesse et chaque variable explicative ont été réalisées en premier lieu. Cette opération permet de déterminer quels facteurs de risque influencent chacune des issues considérées, autrement dit ceux pour qui l'association est considérée comme statistiquement significative. Une fois passés les tests de colinéarité entre les variables de contrôle, l'étude des rapports de cote (*odds ratio* — OR) permettra de déterminer le sens de cette association et son intensité. Lorsque l'OR est supérieur à 1, on parle de « facteur de risque » tandis que lorsqu'il est inférieur à cette valeur, on considère qu'il s'agit d'un « facteur protecteur ». Ces premières analyses, lorsqu'elles portent sur l'association entre les variables d'exposition à la vague de chaleur et les issues négatives à la grossesse, permettront de vérifier les deux premières hypothèses de cette étude (voir Annexe 6).

La troisième hypothèse, quant à elle, nécessite de réaliser des régressions logistiques multivariées (voir Annexe 7). La comparaison des résultats obtenus par celles-ci avec ceux des analyses univariées permettra en effet de déterminer si l'introduction de variables explicatives reconnues comme étant des facteurs de risque favorisant la survenue d'issues défavorable à la naissance modifie l'association entre ces dernières et l'exposition *in utero* à la chaleur

8 RESULTATS

8.1 DESCRIPTION DES DONNEES

Avant de tester les hypothèses posées par cette recherche, il semble important de réaliser une description des données avec lesquelles nous travaillons.

8.1.1 EXPOSITION A LA VAGUE DE CHALEUR

Au cours de la période étudiée et dans les stations météorologiques sélectionnées, la température la plus haute atteinte a été de 47,8° dans l'État du Maharashtra et dans le territoire de Dehli. Les 45 °C ont été dépassés à un moment ou l'autre dans 8 États, à savoir dans les États d'Odisha, de Madhya Pradesh, du Telangana, de Punjab, d'Uttar Pradesh, d'Haryana, du Maharashtra et du Rajasthan.

L'application des critères choisis dans le cadre de cette étude pour déterminer l'exposition à la vague de chaleur offre les résultats suivants. Parmi les 26 États inclus dans la recherche, seuls 8 n'ont pas subi de vague de chaleur entre le début du mois de mai et la fin du mois de juin 2019, à savoir Assam, Goa, Gujarat, Karnataka, Kerala, Uttar Pradesh, Bihar et Tamil Nadu. Les États les plus sévèrement touchés, si l'on considère le nombre de jours déclarés comme faisant partie d'une vague de chaleur sont le Telangana, le Maharashtra, le Jharkhand et Chhattisgarh avec respectivement 41, 37, 35 et 34 jours cumulés.

Au total, 12 783 nouveau-nés ont été exposés *in utero* à la vague de chaleur, soit 47,1 % de l'échantillon. Le détail des résultats peut être observé dans le Tableau 1 qui suit.

Zone	État	Fréquence	%	Station de référence	TN mai (°C)	TN juin (°C)	EXP_HW	NB_HW
Nord		5099	18,7					
	Chandigarh	22	0,1	CHANDIGARH IAFB	38,8	33,7	x	27
	Haryana	796	2,9	HISSAR	41,2	30,2	x	10
	Himachal Pradesh	57	0,2	SHIMLA	22,7	23,3	x	11
	Jammu & Kashmir	176	0,6	JAMMU	32	35,8	x	25
	Dehli	440	1,6	NEW DEHLI PALAM	38,7	39,8	x	12
	Punjab	708	2,6	LUDHIANA	37,9	37,9	x	10
	Rajasthan	2598	9,6	AJMER	38	35,7	x	21
	Uttarakhand	302	1,1	DEHRADUN	33	32	x	10
	Centre		11346	41,8				
Chhattisgarh		854	3,1	AMBIKAPUR	35	32,2	x	34
Madhya Pradesh		2387	8,8	SAGAR	38,6	35,3	x	19
Uttar Pradesh		8105	29,9	LUCKNOW AMAUSI	39,9	38,4	o	0
Est		4526	16,7					
	Bihar	2188	8,1	PURNEA	33	33,2	o	0
	Jharkhand	1150	4,2	M.O. RANCHI	34	30	x	35

	Odisha	1188	4,4	SAMBALPUR	39,9	35,2	x	9
Nord- Est		463	1,7					
	Arunachal Pradesh	27	0,1	PASIGHAT	25,5	26,5	x	18
	Assam	400	1,5	SILCHAR	31,5	31,9	o	0
	Tripura	36	0,1	KAILASHAHAR	30	30,1	x	5
Ouest		1833	6,7					
	Goa	15	0,1	GOA PANJIM	33	30	o	0
	Gujarat	689	2,5	BHAUNAGAR	39,9	36,6	o	0
	Maharashtra	1129	4,2	CHANDRAPUR	42,9	38	x	37
Sud		3862	14,3					
	Andhra Pradesh	516	1,9	VISHAKHAPATNAM	32,5	32,2	x	16
	Karnataka	721	2,7	BANGALORE	33,2	29,5	o	0
	Kerala	296	1,1	THIRUVANANTHAPURAM	32,5	30,5	o	0
	Puducherry	17	0,1	KARAIKAL	33,8	34,2	x	7
	Tamil Nadu	1932	7,1	COIMBATORE PEELAMED	35	32,3	o	0
	Telangana	380	1,4	NIZAMABAD	38,5	32,4	x	41
Total		27129	100					

Tableau 1: Exposition à la vague de chaleur dans les différents États indiens, nos calculs à partir des données EDS et des bases de données de NOAA et de l'IMD (2023)

8.1.2 ISSUES DEFAVORABLES A LA NAISSANCE

Parmi les 27 129 enfants inclus dans cette recherche, 8905 (32,8 %) sont nés avec un faible poids à la naissance, 2905 (10,8 %) présentaient une petite taille, 3457 (12,7 %) sont nés prématurément et parmi les enfants qui sont décédés, 574 (63,8 %) sont morts au cours de leurs sept premiers jours de vie et 685 (76,2 %) au cours du premier mois. Au total, ce sont donc 0,21 % et 0,25 % des enfants de l'échantillon qui sont décédés respectivement au cours de leur première semaine ou de leur premier mois de vie.

En ce qui concerne la prévalence de bébés prématurés, présentant une petite taille à la naissance ou des décès néonataux, les résultats obtenus dans notre échantillon sont cohérents avec ceux attendus au regard de la revue de la littérature. En effet, pour les naissances prématurées, le taux était d'environ 10 % au niveau mondial et de 13 % pour l'Inde. Les résultats concernant la petite taille à la naissance sont aussi proches de ceux indiqués par l'ensemble de l'enquête EDS qui indiquait une proportion de 11,8 % des bébés qualifiés de plus petits que la moyenne. Enfin, la proportion d'environ 0,2 % observée dans notre échantillon correspond également aux moyennes attendues aux niveaux mondial et indien (respectivement 17,5 et 19,12 pour 1000 naissances vivantes). En revanche, en ce qui concerne les cas de faible poids à la naissance, la part de naissances touchée est beaucoup plus élevée dans notre échantillon que les 17,29 % pour l'Inde. Ceci pourrait s'expliquer par la part importante des bébés n'ayant pas été pesés.

La réalisation de tableaux croisant ces issues avec les différentes zones du pays montre les résultats suivants (Tableau 2). Les pourcentages sont ici et ne prennent pas en compte les données manquantes, c'est-à-dire qu'ils ne considèrent que les données pour lesquelles on dispose d'assez d'informations pour pouvoir déterminer la présence ou non d'un des résultats négatifs.

	LBW		SMALL		PTB		DNP		DN	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Données manquantes	20108	7,8	269	1	6	0	26230	96,7	26230	97,7
Nord	1950	40	493	9,7	848	16,6	77	57	95	70,9
Centre	4600	45,1	1355	12,1	1576	13,9	298	60,2	367	74,1
Est	1370	35	544	12,2	519	11,5	131	77,1	142	83,5
Nord-Est	148	34,2	52	11,3	59	12,7	12	85,7	13	92,9
Ouest	662	37	214	11,7	139	7,6	31	79,5	36	90
Sud	1075	28,1	247	6,4	316	8,2	25	54,3	32	69,6
Total	9805	39,2	2905	10,8	3457	12,7	574	63,8	685	76,2

Tableau 2: Effectif et pourcentage des issues défavorables à la grossesse recensées dans chaque zone géographique d'Inde

Notons que la prévalence de ces issues varie fortement d'une zone à l'autre. En ce qui concerne les enfants présentant un poids inférieur à 2500 grammes à la naissance, on observe une concentration dans les zones du Nord et du Centre de l'Inde. Tandis qu'un bébé né dans l'État du Sud comme Puducherry avait environ une chance sur dix de naître en situation d'hypotrophie, cette probabilité était presque cinq fois plus élevée dans l'État central d'Uttar Pradesh. Les cas de nouveau-nés très petits ou plus petits que la moyenne à la naissance présentent également des disparités, avec une prévalence presque deux fois plus élevée à l'Est et dans le Centre que dans le Sud. Le constat d'une forte variation de la prévalence des issues défavorables à la grossesse se poursuit lorsqu'on se penche sur les naissances prématurées. Les résultats obtenus montrent que les États du Nord présentent une prévalence de bébés nés « trop tôt » plus de deux fois supérieure à des États situés à l'Ouest ou au Sud. Enfin, parmi les enfants qui, au moment de l'enquête, étaient décédés, la proportion de ceux qui n'ont pas survécu au-delà de 7 jours ou au-delà d'un mois était la plus élevée dans les États situés au Nord, à l'Ouest et à l'Est du pays.

8.1.3 VARIABLES DE CONTROLE

Cette section a pour objectif de caractériser les données de l'échantillon et à préciser dans quelle mesure il diffère de la base de données entière (après la pondération et les

diverses exclusions décrites plus haut). Pour ce faire, de simples statistiques descriptives concernant les différentes variables de contrôle ont été réalisées. Les résultats se trouvent dans le tableau suivant (Tableau 3).

Caractéristique	Échantillon		Base de données entière	
	Fréquence	Pourcentage	Fréquence	Pourcentage
Zone				
Nord	5 098	18,8	168 920	14,7
Centre	11 346	41,8	335 955	29,3
Est	4 526	16,7	213 430	18,6
Nord-Est	464	1,7	35 670	3,1
Ouest	1 833	6,8	164 338	14,3
Sud	3 862	14,2	228 749	19,9
Niveau d'éducation de la mère				
Pas d'éducation	5 257	19,4	457 081	39,8
Primaire	3 098	11,4	173 095	15,1
Secondaire	13 623	50,2	428 539	37,4
Supérieur	5 152	19,0	88 346	7,7
Index de richesse				
Plus pauvres	6 131	22,6	251 889	22,0
Pauvre	5 699	21,0	242 523	21,1
Moyen	5 279	19,5	234 708	20,5
Riche	5 246	19,3	223 008	19,4
Plus riches	4 774	17,6	194 934	17,0
Type de lieu de résidence				
Urbain	6 875	25,3	326 281	28,4
Rural	20 254	74,7	820 781	71,6
Tranche d'âge de la mère				
15-19	2 930	10,8	11 821	1,0
20-35	23 298	85,9	516 752	45,1
36-49	899	3,3	618 316	53,9
Exposition aux médias				
Non	13 462	49,6	581 701	50,7
Oui	13 667	50,4	565 361	49,3
Nombre de visites prénatales				
Aucune	1 184	4,4	9 698	6,2
1 à 3	10 013	36,9	56 833	36,3
4 ou plus	15 187	56,0	89 904	57,5
Distance par rapport à un établissement de santé				
Pas problématique	20 576	75,8	864 799	75,4
Problématique	6 553	24,2	282 263	24,6
Sexe de l'enfant				
Masculin	14 088	51,9	602 900	52,6
Féminin	13 041	48,1	544 162	47,4
Primiparité				
Non	16 408	60,5	697 460	60,8
Oui	10 721	39,5	449 602	39,2
Total	27 129	100	1 147 062	100

Tableau 3: Statistiques descriptives des variables incluses dans l'analyse, pour l'échantillon et la population entière

Dans notre échantillon, une grande partie des naissances considérées ont eu lieu dans les États du Centre (41,8 %), suivi du Nord (18,8 %), de l'Est (16,8 %), du Sud (14,2 %), de l'Ouest (6,8 %) et du Nord-Ouest (1,7 %). De plus 69 % des mères possèdent un niveau d'éducation de niveau secondaire ou supérieur, tandis que 19,4 % sont considérées comme non éduquées. La répartition selon l'index de richesse est plus ou moins homogène, avec des proportions proches de 20 % pour chaque catégorie. En outre, environ 75 % de l'échantillon réside en milieu rural et un peu plus de la moitié de celui-ci est exposé aux médias. Les mères, dont 85,9 % sont âgées de 20 à 35 ans, sont seulement 56 % à s'être rendues à quatre visites prénatales ou plus. Pour 24,2 % des femmes incluses dans l'analyse, la distance vers un établissement de santé était un gros problème, ce qui pourrait en partie expliquer le chiffre précédent. Enfin, en ce qui concerne les caractéristiques des nouveau-nés pris en compte dans cette étude, on observe 51,9 % de petits garçons et 39,5 % de premiers enfants.

On observe que, les proportions indiquées pour variables liées à l'index de richesse, le type de lieu de résidence, l'exposition aux médias, le nombre de visites prénatales, la distance par rapport à un établissement de santé, le sexe de l'enfant et la primiparité sont relativement fidèles à celles de la base de données entière. L'échantillon semble donc assez représentatif en ce qui concerne ces variables. En ce qui concerne le niveau d'éducation et la tranche d'âge des femmes, on notera une proportion plus importante de femmes ayant un niveau d'éducation secondaire ou supérieur et appartenant aux tranches d'âge inférieures à 36 ans. De la même manière, on observe que les zones du Nord et particulièrement du Centre comprennent une plus grande part de la population dans l'échantillon sélectionné que dans la population totale.

8.2 ANALYSE UNIVARIEE

8.2.1 L'EXPOSITION A LA VAGUE DE CHALEUR

Les résultats des analyses univariées visant à quantifier l'association entre l'exposition à la vague de chaleur et le nombre total de jours d'exposition à celle-ci avec et les différentes issues défavorables à la grossesse se trouvent dans le Tableau 4 ci-dessous. Comme pour les analyses relatives aux variables de contrôle, le seuil de significativité retenu de 0,20 a été retenu et les valeurs correspondantes ont été annotées en gras. Les rapports de cote (OR) sont également indiqués, de même que leur intervalle de confiance (CI) de 95 %.

a) Exposition à une vague de chaleur (EXP_HW)

LBW Faible poids à la naissance	SIG	,186
	OR	,966
	CI 95 %	,918 - 1,017
SMALL Petite taille à la naissance	SIG	0,961
	OR	,998
	CI 95 %	,924 - 1,078
PTB Naissance prématurée	SIG	0,826
	OR	,992
	CI 95 %	,924 - 1,066
DNP Décès néonatal précoce	SIG	0,004
	OR	0,67
	CI 95 %	,508 — ,883
DN Décès néonatal	SIG	0,002
	OR	0,607
	CI 95 %	,445 — ,827

b) Nombre de jours d'exposition à une vague de chaleur (NB_HW)

LBW Faible poids à la naissance	SIG	,093
	OR	,998
	CI 95 %	,9996 - 1 000
SMALL Petite taille à la naissance	SIG	,402
	OR	,999
	CI 95 %	,996 - 1,002
PTB Naissance prématurée	SIG	,006
	OR	,996
	CI 95 %	,993 — ,999
DNP Décès néonatal précoce	SIG	0,118
	OR	0,991
	CI 95 %	,979 - 1,002
DN Décès néonatal	SIG	0,099
	OR	0,989
	CI 95 %	,977 - 1,002

Tableau 4: Régressions logistiques univariées entre les issues défavorables à la grossesse et a) l'exposition à la vague de chaleur ; b) le nombre de jours d'exposition à la vague de chaleur

Ces tableaux nous montrent des associations statistiquement significatives entre l'exposition *in utero* à une vague de chaleur et la présence d'un faible poids à la naissance, d'un décès néonatal et d'un décès néonatal précoce. En ce qui concerne la prématurité, une association significative n'a été trouvée que lorsque le nombre de jours d'exposition a été pris en compte. Aucune association significative n'a été relevée pour les cas de nouveau-nés présentant une petite taille à la naissance. Dans ces derniers cas de figure, nos données ne nous permettent donc pas de détecter un effet protecteur ou adverse de l'exposition à une vague de chaleur pendant la grossesse sur ces résultats défavorables.

En revanche, lorsque l'association est significative, la considération des *odds ratio* nous permet d'évaluer si l'exposition à la vague de chaleur a eu un effet positif ou négatif sur les issues défavorables à la naissance. L'analyse des résultats présentés ci-dessus ne permet toutefois pas de donner une réponse univoque à ce sujet. En effet, les rapports de cote calculés grâce aux régressions logistiques univariées sont pour la plupart proches de 1. Pour plusieurs issues, l'intervalle de confiance inclut même cette valeur, ce qui suggère qu'il n'y ait pas de différence statistiquement significative dans les chances de présenter ces résultats défavorables à la grossesse entre les groupes qui ont été exposés au vague de chaleur et ceux qui ne l'ont pas été. C'est par exemple le cas pour la présence d'un faible poids à la naissance (OR 0,966 ; Intervalle de confiance [CI] 95 % 0,918-1,017 pour EXP_HW et CI 95 % 0,996-1 000 pour

NB_HW), de naissance prématurée (OR 0,996 ; CI 95 % 0,993 —, 0999 pour NB_EXP), de décès néonataux (OR 0,989 ; CI 95 % 0,977-1,002 pour NB_EXP) ou de décès néonataux précoces (OR 0,991 ; CI 95 % 0,979-1,002). Notons en outre que les ORs sont tous inférieurs à 1. Cela laisse penser que l'exposition à une vague de chaleur serait davantage un facteur protecteur qu'un facteur de risque, même si, comme noté précédemment, cet effet est extrêmement faible.

Sur base de ces résultats, il n'est possible de déceler une influence importante de l'exposition à la vague de chaleur que pour les cas de décès néonataux et de décès néonataux précoces. L'analyse des résultats permet de dire que, dans cette étude, les chances de présenter ces deux issues défavorables seraient considérablement réduites pour les nouveau-nés ayant été exposés à une vague de chaleur au cours de la grossesse (EXP_HW) par rapport à ceux qui ne l'ont pas été (OR 0,67 pour DNP et ,0607 pour DN). L'exposition *in utero* à ce phénomène aurait dès lors un effet protecteur. Notons toutefois que, pour ces issues, l'association devient beaucoup moins significative, voire presque nulle lorsque le nombre de jours d'exposition (NB_HW) est pris en considération (OR 0,991 pour DNP et 0,989 pour DN).

8.2.2 LES VARIABLES DE CONTROLE

Les résultats des régressions logistiques univariées menées l'une à la suite de l'autre pour mesurer l'association entre chaque issue défavorable à la grossesse et les différents facteurs de risque pris en compte dans cette étude sont présentés dans le Tableau 5 ci-dessous. Pour la sélection des variables explicatives pertinentes, un seuil de significativité de 0,20 a été retenu comme le suggèrent El Sanharawi & Naudet (2013). Les valeurs ainsi retenues comme étant statistiquement significatives sont indiquées en gras. Le tableau indique également les rapports de cote (OR) et l'intervalle de confiance à 95 % (CI 95 %) pour chacune des associations.

	Codage de référence	LBW		SMALL		PTB		DNP		DN	
		SIG	OR	SIG	OR	SIG	OR	SIG	OR	SIG	OR
V106 Niveau d'éducation de la mère	Pas d'éducation										
	Primaire	0,111	,925	,560	,960	, 130	1,104	0,348	1,223	0,165	1,393
	Secondaire	0,000	,735	0,000	,868	,258	,947	0,014	1,082	0,003	1,719
	Supérieur	0,000	,490	0,000	,617	, 028	,878	0,832	0,644	0,124	1,57
V190 Index de richesse	Plus pauvre										
	Pauvre	0,000	,859	,553	,967	,675	1,023	0,062	1,411	0,045	1,517
	Moyen	0,000	,714	0,000	,803	,974	,998	0,325	0,555	0,956	1,012
	Riche	0,000	,636	0,000	,721	,731	,981	0,823	0,625	0,198	0,845
	Plus riche	0,000	,566	0,000	,655	, 170	,923	0,607	0,662	0,433	0,684
V025 Type de lieu de résidence	Urbain	0,000	1,213	, 022	1,112	,255	1,049	0,477	1,147	0,941	1,016
AGE Âge de la mère	15-19										
	20-35	0,000	,799	0,000	,751	,154	,921	0,727	0,93	0,375	0,808
	36-49	0,000	,761	, 114	,828	,985	,998	0,844	0,933	0,998	1,001
MEDIA Exposition aux médias	Non	0,000	,691	0,000	,875	0,000	,825	0,444	0,843	0,89	1,022
ZONE Zone	Nord										
	Centre	0,000	1,232	0,000	1,273	0,000	,809	0,509	1,139	0,474	1,168
	Est	0,000	,806	0,000	1,288	0,000	,649	0,000	2,545	0,01	2,074
	Nord-Est	, 017	,777	,291	1,178	, 028	,727	0,039	6,101	0,153	3,735
	Ouest	, 026	,881	, 018	1,227	0,000	,410	0,012	2,995	0,018	3,941
	Sud	0,000	,585	0,000	,635	0,000	,447	0,732	0,89	0,825	0,921
ANTENAT Nombre de visites prénatales	Aucune										
	1 à 3	, 104	1,125	, 040	,829	,612	1,046	0,202	0,689	0,87	0,949
	4 ou plus	, 012	,836	0,000	,688	, 042	,836	0,126	0,638	0,41	0,768
DIST Distance par rapport aux établissements de santé est un gros problème	Non	0,000	1,182	0,000	1,199	,595	1,023	0,03	1,399	0,133	1,303
PRIMIP Primiparité	Non	, 109	1,043	, 003	1,128	,463	,973	0,823	0,969	0,603	1,088
B4 Sexe de l'enfant	Masculin	0,000	1,235	, 002	1,128	, 037	,927	0,000	0,627	0,004	0,638

Tableau 5: Régressions logistiques univariées pour chaque issue défavorable à la grossesse et les variables de contrôle

On remarque que des associations significatives peuvent être trouvées pour toutes les variables contrôle. Cela montre que les variables choisies ont un rôle à jouer dans la survenue de ces issues dans notre étude de cas et qu'il est donc judicieux de les inclure dans la suite de l'analyse.

On note en effet des associations significatives pour presque toutes les variables en ce qui concerne la présence d'un faible poids ou d'une petite taille à la naissance. Pour les naissances prématurées, les associations sont moins évidentes ; elles ne sont

réellement statistiquement significatives que pour la zone, l'exposition aux médias, le sexe du nouveau-né et pour un nombre de visites prénatales supérieur à quatre. Les cas de décès néonataux, précoces ou non, sont quant à eux, moins souvent associés aux variables modificatrices prises en compte dans cette étude.

Là où les associations sont significatives, les analyses univariées menées montrent une tendance vers la diminution des chances de subir un résultat négatif à la grossesse à mesure que le niveau d'éducation des mères et l'index de richesse augmentent. Il semblerait en outre que ce soient les femmes âgées de 15 à 19 ans ou de plus de 35 ans, résidant en milieu rural, exposées aux médias, pour qui la distance par rapport à un établissement de santé est un gros problème ou accouchant pour la première fois qui soient le plus à risque de donner naissance à un enfant présentant l'un de ces problèmes. Toutefois, le sens de l'association entre ces issues et le nombre de visites prénatales et le sexe de l'enfant est moins évident.

Enfin, en ce qui concerne le facteur de variation spatiale, on observe que c'est dans la zone Sud que les chances de présenter un poids faible à la naissance, une petite taille, une naissance prématurée, un décès néonatal ou un décès néonatal précoce (bien que l'association ne soit pas significative pour ces deux dernières issues). Cette information est intéressante puisque l'observation des Figures 7 et 9 nous apprend que cette zone présente un Index de Vulnérabilité à la Chaleur parmi les plus bas du pays et qu'elle fait partie de celles qui a été le moins exposée à la vague de chaleur. La détermination de l'État le plus touché par les issues défavorables à la grossesse varie en revanche selon le résultat négatif qui est considéré (voir notamment le Tableau 2).

8.3 ANALYSE MULTIVARIEE

Les résultats des analyses univariées nous incitent à mener des analyses complémentaires visant à déterminer si les impacts de l'exposition à la vague de chaleur sur les différentes issues défavorables à la naissance prises en compte dans ce mémoire sont modifiés par la prise en considération de différents facteurs de risque. Des tableaux présentant l'ensemble des résultats de ces analyses peuvent être retrouvés dans les Annexes 8 et 9.

Le Tableau 6 présente les résultats des régressions logistiques univariées et multivariées menées pour mesurer l'association entre chaque résultat défavorable à la grossesse et l'exposition à une vague de chaleur. Il permet d'observer

si et de quelle manière ces associations sont modifiées lorsque différentes variables de contrôle sont intégrées dans le modèle. Les valeurs significatives pour un seuil inférieur de 0,05 sont indiquées en gras, tandis que celles qui le sont pour des valeurs comprises entre 0,05 et 0,20 sont soulignées.

		Analyse univariée		Analyse multivariée			
LBW Faible poids à la naissance	SIG	<u>0,186</u>	<u>0,081</u>	LBW Faible poids à la naissance	SIG	<u>0,093</u>	<u>0,060</u>
	OR	,966	0,944		OR	,998	0,998
	CI 95 %	0,918	0,885		CI 95 %	0,996	0,996
		1,017	1,007			1 000	1 000
SMALL Petite taille à la naissance	SIG	0,961	0,888	SMALL Petite taille à la naissance	SIG	0,402	<u>0,063</u>
	OR	,998	0,993		OR	,999	0,997
	CI 95 %	0,924	0,902		CI 95 %	0,996	0,993
		1,078	1,093			1,002	1 000
PTB Naissance prématurée	SIG	0,826	0,000	PTB Naissance prématurée	SIG	0,006	0,001
	OR	,992	0,798		OR	,996	0,994
	CI 95 %	0,924	0,725		CI 95 %	0,993	0,991
		1,066	0,878			0,999	0,998
DNP Décès néonatal précoce	SIG	0,004	0,001	DNP Décès néonatal précoce	SIG	<u>0,118</u>	0,033
	OR	0,67	0,497		OR	0,991	0,984
	CI 95 %	0,508	0,333		CI 95 %	0,979	0,969
		0,883	0,741			1,002	0,999
DN Décès néonatal	SIG	0,002	0,001	DN Décès néonatal	SIG	<u>0,099</u>	<u>0,069</u>
	OR	0,607	0,481		OR	0,989	0,985
	CI 95 %	0,445	0,312		CI 95 %	0,977	0,969
		0,827	0,740			1,002	1,001

Tableau 6 : Régressions logistiques univariées et multivariées entre les issues défavorables à la grossesse et a) l'exposition à la vague de chaleur ; b) le nombre de jours d'exposition à la vague de chaleur

Ce tableau montre que les associations statistiquement significatives précédemment observées dans les régressions univariées le restent une fois les variables de contrôle intégrées au modèle explicatif. La comparaison des résultats issues de ces deux opérations montre de plus que la significativité de toutes les associations a augmenté suite à la prise en compte des variables de contrôle. L'association entre la présence de prématurité et l'exposition à la vague de chaleur devient même significative après contrôle des autres variables explicatives alors qu'elle ne l'était pas précédemment (passant de 0,826 à 0,000). C'est également le cas pour l'association entre la petite taille à la naissance et le nombre de jours d'exposition à la vague de chaleur. La seule

association qui reste loin d'être statistiquement significative dans tous les cas est celle qui lie la petite taille à la naissance et l'exposition à la vague de chaleur.

En outre, l'analyse des résultats présentés ci-dessus nous indique que lorsque l'association est statistiquement significative, le passage de la régression univariée à la régression multivariée modifie les chances de présenter les différents résultats défavorables à la naissance. En effet, les OR sont généralement moins élevés après cette deuxième opération.

En ce qui concerne les cas de faible poids à la naissance, l'intervalle de confiance de 95 % incluent dans tous les cas toujours la valeur 1, ce qui indique que malgré la significativité statistique de l'association, il n'est pas possible de détecter une réelle augmentation ou diminution des chances de souffrir de ce problème suite à l'exposition *in utero* à la vague de chaleur. Nos données ne nous permettent pas non plus de déterminer si l'impact de cette exposition a eu un impact sur les chances de présenter une petite taille à la naissance. Ensuite, l'analyse multivariée a révélé que les chances de naître de manière prématurée, de décéder au cours des sept premiers jours de vie ou de décéder au cours du premier mois de vie étaient significativement réduites lorsque la mère avait été exposée à une vague de chaleur pendant la grossesse. Les résultats indiquent en effet que les chances de présenter ces issues sont réduites respectivement d'environ 20,2 % (CI 95 % : 12,2-27,5), 50,3 % (CI 95 % : 25,9-66,7) et 51,9 % (CI 95 % : 26-68, 8) en cas d'exposition. Notons cependant que lorsque l'on teste cette association en fonction du nombre de jours d'exposition plutôt que selon une variable dichotomique d'exposition, ces résultats deviennent moins importants. La diminution des chances de souffrir de ces résultats défavorables à la grossesse est ainsi bien moins significative, soit de 0,6 % (CI 95 % : 0,2-0,9) pour les naissances prématurées, de 0,14 % (CI 95 % : 0,1-0,31) pour les décès néonataux précoces et de 0,15 % (CI 95% : 0-0,31) pour les décès néonataux.

9 DISCUSSION ET LIMITES

L'objectif principal de ce mémoire était d'évaluer si le fait d'avoir été exposé *in utero* à de fortes températures avait eu un impact sur les chances de présenter de mauvais résultats à la naissance. La littérature scientifique reconnaissant que ces derniers pouvaient être influencés par une multiplicité d'autres facteurs que ceux liés à l'environnement, nous avons également voulu vérifier si la relation étudiée ici était modifiée par le contrôle de neuf de ceux-ci.

Pour ce faire, les issues défavorables présentées par les bébés de 27 129 mères enceintes pendant de la période d'intérêt ont été analysées. Parmi ceux-ci 8905 (32,8 %) sont nés avec un faible poids à la naissance, 2905 (10,8 %) avaient une petite taille, 3457 (12,7 %) sont nés prématurément et parmi les enfants nés vivants, 574 (0,2 %) sont morts au cours de leurs sept premiers jours de vie et 685 (0,25%) au cours de leur premier mois. Suivant les critères utilisés dans cette étude pour déterminer la présence d'une vague de chaleur, 12 738 d'entre eux ont été exposés *in utero* à un des phénomènes en question, soit 47,1% de l'échantillon.

Dans l'ensemble, les résultats des analyses menées montrent qu'il n'est pas possible de répondre de manière univoque à notre question de recherche. La significativité des associations varie effectivement grandement d'une issue défavorable à l'autre et selon que l'on considère une variable d'exposition binaire ou une variable continue liée au nombre de jours total d'exposition.

Tout d'abord, en ce qui concerne les cas de faible poids et de petite taille à la naissance, que ce soit dans le cas des analyses univariées ou bivariées, des associations significatives entre l'exposition à la vague de chaleur et la survenue de ces problèmes peuvent être relevées. Toutefois, l'étude des rapports de cote et de leurs intervalles de confiance ne permet pas d'affirmer que cette exposition ait pu avoir un impact positif ou négatif sur les chances de naître avec l'une de ces issues défavorables. Ensuite, pour les naissances prématurées, en analyse univariée, l'association avec l'exposition à la vague de chaleur n'est statistiquement significative que lorsque le nombre de jours d'exposition est pris en compte. Dans ce cas-là, la régression logistique montre que les chances de naître "trop tôt" sont réduites d'environ 0,4% (CI 95 % : 0,1-0,7) pour les bébés ayant été exposés *in utero* à de températures extrêmes par rapport à ceux qui ne l'ont pas été. Ceci suggère une influence très faible de cette variable explicative. Toutefois, cette réduction des chances de naître de façon prématurée est plus

importante lorsque l'on intègre les différents facteurs de risque à la régression. Celle-ci atteint en effet les 0,6% (CI 95% : 0,2-0,9) lorsque l'on considère la variable NB_HW et 20,2 % (CI 95 % : 12,2-27,5) lorsque l'on considère seulement la variable binaire d'exposition EXP_HW. Enfin, les analyses montrent que les chances de décéder au cours de la première semaine ou du premier mois de vie seraient réduites de respectivement 33 % (CI 95% : 11,7-49,2) et 39,3% (CI 95% : 17,3-55,5) pour les nouveau-nés qui ont été exposés à la vague de chaleur avant leur naissance par rapport à leurs homologues. Si l'importance de cet effet augmente après le contrôle par les facteurs de risque pour atteindre respectivement 50,3 % (CI 95 % : 25,9-66,7) et 51,9 % (CI 95 % : 26-68,8), il est important de signaler que l'impact est infime, voire inexistant, lorsque le nombre de jours d'exposition est étudié.

La majorité de littérature scientifique suggérait une augmentation des chances de présenter diverses issues défavorables à la naissance en cas d'exposition prénatale à une vague de chaleur. C'est ce qui avait guidé notre intuition pour la formulation de notre première hypothèse de recherche. Les résultats décrits ci-dessus nous poussent néanmoins à invalider celle-ci, puisqu'ils décrivent, selon les issues défavorables considérées, soit une absence d'effet ou un effet positif de l'exposition à la vague de chaleur de 2019. Notre deuxième hypothèse peut en revanche être confirmée, puisque les associations sont restées significatives (la significativité a même augmenté) après l'introduction de variables connues pour être associées à des issues défavorables à la grossesse dans le modèle. Ces données suggèrent que dans le cas de l'Inde, les risques de présenter des résultats négatifs ne relèvent pas des seuls facteurs environnementaux tels que l'exposition à de fortes températures, mais d'une combinaison de facteurs. La présence de ces issues s'explique donc mieux lorsque plusieurs de ces variables sont prises en compte.

Notre recherche comporte certaines limites. Des obstacles méthodologiques pourraient en effet avoir influencé les résultats. Par exemple, le manque de disponibilité de certaines données nous a poussés à exclure dix territoires et à n'étudier les températures qu'à partir d'une station par État. Au vu de la variabilité climatique observée dans le pays et au sein même des États, ces contraintes ont assurément une réduction de la représentativité des résultats. En outre, bien qu'ils aient été établis sur base des exemples de littérature scientifique, les critères qui ont été choisis ici pour déterminer la présence d'une vague de chaleur sont différents de ceux établis par la

République indienne. Or, comme le suggèrent Xu et son équipe (2016), un changement même mineur de la définition de ce phénomène peut entraîner un effet notable sur l'estimation de ses effets sur la santé. Notons de plus que, pour des raisons de faisabilité, seules les températures des mois de mai et de juin ont été analysées. Un élargissement de la période d'intérêt aux mois de mars et d'avril qui sont également reconnus comme pouvant enregistrer des températures extrêmes aurait également pu modifier les résultats obtenus. Ajoutons que, en ce qui concerne les cas de naissances prématurées, les données issues de l'enquête EDS ne nous permettaient pas d'appliquer le seuil officiel de 37 semaines de grossesse. La définition mensuelle qui a été employée à la place rend par conséquent imprécise l'évaluation de cette issue défavorable à la grossesse. Enfin, pour beaucoup des naissances de l'échantillon, les données nécessaires pour déterminer la présence ou non d'issues défavorables étaient manquantes.

Plusieurs pistes sont en outre explorables pour approfondir cette recherche et en étayer les résultats. Premièrement, des recherches ultérieures pourraient tenter d'évaluer si la prévalence des issues défavorables à la naissance varie selon le moment de l'exposition à la vague de chaleur au cours de la grossesse. Cela permettrait de déterminer si, comme le suggèrent Wang et ses collègues (2019), certaines fenêtres d'exposition en particulier influencent le risque de souffrir de ces problèmes. Deuxièmement, il serait possible d'élargir le nombre d'issues défavorables à la grossesse en intégrant à l'étude les cas de grande prématurité, c'est-à-dire des grossesses durant entre six et sept mois, et les cas de mortinaissance. Ceci permettrait d'étoffer la recherche et d'éventuellement trouver de nouvelles associations entre les variables qui nous intéressent ici. De futures recherches pourraient en outre prendre en compte dans leurs analyses des naissances ayant eu lieu lors d'une année moins touchée par les vagues de chaleur, par exemple 2018. Ceci permettrait de comparer chaque zone du pays à deux moments différents plutôt que toutes les zones les unes aux autres, et ainsi de mieux contrôler l'effet de la vague de chaleur seule sur les différentes issues défavorables considérées. Il serait finalement possible d'affiner les résultats de cette étude en incluant davantage de facteurs connus augmenter les chances de mauvais résultats à la grossesse. Cela pourrait notamment comprendre des facteurs déterminant les capacités à se protéger de la chaleur comme la possession d'un climatiseur ou la profession.

10 CONCLUSION

Cette recherche a permis de fournir de nouvelles preuves de la relation entre l'exposition prénatale à la chaleur extrême et les résultats défavorables à la naissance dans un contexte où les preuves sont encore rares. Malgré l'importance que revêtent ces issues négatives pour la santé du nouveau-né, y compris sur le long terme, et la forte prévalence de celles-ci en Inde et la forte exposition de cette région aux vagues de chaleur, cette relation n'avait à notre connaissance pas été évaluée dans ce pays. Au vu de la prévision d'une intensification de ces phénomènes météorologiques en raison du changement climatique, il est donc important de mieux comprendre cette association, en particulier dans les pays à faible et moyen revenu, dont l'Inde fait partie. Les recherches menées dans le cadre de ce mémoire comblent en partie ce manque.

De manière résumée, les analyses menées pour évaluer, dans le cas de l'Inde, l'impact de l'exposition *in utero* à la vague de chaleur du printemps 2019 sur le faible poids et la petite taille à la naissance, la prématurité et les décès néonataux (précoces ou non) montrent des résultats différents selon les issues considérées. D'une part, aucun effet significatif n'a été relevé en ce qui concerne l'insuffisance pondérale et la petite taille à la naissance. D'autre part, la vague de chaleur semble avoir constitué un facteur protecteur pour les naissances prématurées et les décès néonataux de manière générale.

Ces résultats sont surprenants puisqu'ils s'opposent à ceux que la majorité des études sur le sujet a trouvés. Ils pourraient, selon notre intuition, s'expliquer de quatre façons. En premier lieu, ceux-ci ont peut-être été influencés par certaines contraintes méthodologiques propres à cette étude. Celles-ci constituent les limites de ce mémoire et sont décrites dans la section précédente. En deuxième lieu, nous notons qu'au vu de l'exposition récurrente de la population indienne à de fortes vagues de chaleur, il se pourrait que son niveau d'acclimatation à la chaleur soit assez élevé. Une meilleure acclimatation des femmes indiennes pourrait donc expliquer une résistance majeure aux effets néfastes des vagues de chaleur qui ont pu être détectés dans d'autres contextes. En troisième lieu, nous suggérons que les effets négatifs qu'a pu provoquer l'exposition prénatale à des températures extrêmes dans d'autres contextes aient été réduits grâce à l'implémentation des diverses stratégies d'adaptation et de préventions décrites dans la section 6.5. En effet, bien que des mesures à l'attention particulière

des femmes enceintes soient encore manquantes dans le pays, il est probable que les efforts réalisés à travers les différents Plan d'Action contre la Chaleur pour sensibiliser la population et l'avertir en temps voulu des risques de températures extrêmes aient indirectement contribué à une réduction des effets néfastes sur la santé des nouveau-nés.

Ces réflexions constituent autant d'ouvertures pour des recherches futures. Il est en effet primordial de continuer à étudier les mécanismes sous-jacents à l'association entre l'exposition *in utero* à la chaleur et les issues défavorables de la grossesse afin de réduire la prévalence de ces dernières à long terme.

11 BIBLIOGRAPHIE

- Aghai, Z. H., Goudar, S. S., Patel, A., Saleem, S., Dhaded, S. M., Kavi, A., ... & Derman, R. J. (2020). Gender variations in neonatal and early infant mortality in India and Pakistan: a secondary analysis from the Global Network Maternal Newborn Health Registry. *Reproductive health*, 17, 1-11.
- Akseer, N., Keats, E. C., Thurairajah, P., Cousens, S., Bétran, A. P., Oaks, B. M., ... & Bhutta, Z. A. (2022). Characteristics and birth outcomes of pregnant adolescents compared to older women: An analysis of individual level data from 140,000 mothers from 20 RCTs. *EClinicalMedicine*, 45.
- Almond, D., & Currie, J. (2011). Killing me softly: The fetal origins hypothesis. *Journal of economic perspectives*, 25(3), 153-172.
- Althor, G., Watson, J. E., & Fuller, R. A. (2016). Global mismatch between greenhouse gas emissions and the burden of climate change. *Scientific reports*, 6(1), 20281.
- Aminu, M., Unkels, R., Mdegela, M., Utz, B., Adaji, S., & Van Den Broek, N. (2014). Causes of and factors associated with stillbirth in low-and middle-income countries: a systematic literature review. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 121, 141-153.
- Andalón, M., Azevedo, J. P., Rodríguez-Castelán, C., Sanfelice, V., & Valderrama-González, D. (2016). Weather shocks and health at birth in Colombia. *World Development*, 82, 69-82.
- Attri, S. D., & Tyagi, A. (2010). Climate profile of India. *Environment Monitoring and Research Center, India Meteorology Department: New Delhi, India*.
- Auger, N., Naimi, A. I., Smargiassi, A., Lo, E., & Kosatsky, T. (2014). Extreme heat and risk of early delivery among preterm and term pregnancies. *Epidemiology*, 344-350.
- Azhar, G. S., Mavalankar, D., Nori-Sarma, A., Rajiva, A., Dutta, P., Jaiswal, A., ... & Hess, J. J. (2014). Heat-related mortality in India: excess all-cause mortality associated with the 2010 Ahmedabad heat wave. *PloS one*, 9(3), e91831.
- Azhar, G., Saha, S., Ganguly, P., Mavalankar, D., & Madrigano, J. (2017). Heat wave vulnerability mapping for India. *International journal of environmental research and public health*, 14(4), 357.
- Baharav, Y., Nichols, L., Wahal, A., Gow, O., Shickman, K., Edwards, M., & Huffling, K. (2023). The Impact of Extreme Heat Exposure on Pregnant People and Neonates: A State of the Science Review. *Journal of Midwifery & Women's Health*.
- Bakketeig, L. S., & Bergsjø, P. (2011). Perinatal epidemiology. *Sexual and reproductive health: a public health perspective*, 67-75.
- Ballester, J., Quijal-Zamorano, M., Méndez Turrubiates, R. F., Pegenaute, F., Herrmann, F. R., Robine, J. M., ... & Achebak, H. (2023). Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. *Nature medicine*, 1-10.
- Banerjee, R., & Maharaj, R. (2020). Heat, infant mortality, and adaptation: Evidence from India. *Journal of Development Economics*, 143, 102378.

- Bansal, S. (2019, 26 juin). Slow monsoon causes countrywide rainfall deficit of 44 percent. *India Water Portal*. <https://www.indiawaterportal.org/articles/slow-monsoon-causes-countrywide-rainfall-deficit-44-percent>
- Barker, D. J. (1990). The fetal and infant origins of adult disease. *BMJ: British Medical Journal*, 301(6761), 1111.
- Basu, R., Sarovar, V., & Malig, B. J. (2016). Association between high ambient temperature and risk of stillbirth in California. *American journal of epidemiology*, 183(10), 894-901.
- Bhati, D. K. (2013). Stillbirths: A high magnitude public health issue in India. *South East Asia Journal of Public Health*, 3(1), 3-9.
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific data*, 5(1), 1-12.
- Berkowitz, G. S., Blackmore-Prince, C., Lapinski, R. H., & Savitz, D. A. (1998). Risk factors for preterm birth subtypes. *Epidemiology*, 9(3), 279-285.
- Blencowe, H., & Cousens, S. (2013). Addressing the challenge of neonatal mortality. *Tropical Medicine & International Health*, 18(3), 303-312.
- Blumenshine, P., Egerter, S., Barclay, C. J., Cubbin, C., & Braveman, P. A. (2010). Socioeconomic disparities in adverse birth outcomes: a systematic review. *American journal of preventive medicine*, 39(3), 263-272.
- Brager, G. S., & De Dear, R. J. (1998). Thermal adaptation in the built environment: a literature review. *Energy and buildings*, 27(1), 83-96.
- Bratti, M., Frimpong, P. B., & Russo, S. (2021). Prenatal exposure to heat waves and child health in Sub-Saharan Africa. *The IZA Institute of Labor Economics*.
- Burgess, R., Deschenes, O., Donaldson, D., & Greenstone, M. (2014). The unequal effects of weather and climate change: Evidence from mortality in India. *Cambridge, United States: Massachusetts Institute of Technology, Department of Economics. Manuscript*.
- Campbell, S., Remenyi, T. A., White, C. J., & Johnston, F. H. (2018). Heatwave and health impact research: A global review. *Health & place*, 53, 210-218.
- Campbell, E. E., & Seabrook, J. A. (2016). The influence of socioeconomic status on adverse birth outcomes. *Can J Midwifery Res Pract*, 15(2), 11-20.
- Carolan-Olah, M., & Frankowska, D. (2014). High environmental temperature and preterm birth: a review of the evidence. *Midwifery*, 30(1), 50-59.
- Chaudhury, S. K., Gore, J. M., & Ray, K. S. (2000). Impact of heat waves over India. *Current Science*, 79(2), 153-155.
- Chen, X., Tan, C. M., Zhang, X., & Zhang, X. (2020). The effects of prenatal exposure to temperature extremes on birth outcomes: The case of China. *Journal of Population Economics*, 33(4), 12631302. <https://doi.org/10.1007/s00148-020-00768-4>
- Chersich, M. F., Pham, M. D., Areal, A., Haghghi, M. M., Manyuchi, A., Swift, C. P., ... & Hajat, S. (2020). Associations between high temperatures in pregnancy and risk of preterm birth, low birth weight, and stillbirths: systematic review and meta-analysis. *Bmj*, 371.

- Cil, G., & Cameron, T. A. (2017). Potential climate change health risks from increases in heat waves: abnormal birth outcomes and adverse maternal health conditions. *Risk Analysis*, 37(11), 2066-2079.
- Conde-Agudelo, A., Rosas-Bermúdez, A., & Kafury-Goeta, A. C. (2006). Birth spacing and risk of adverse perinatal outcomes: a meta-analysis. *Jama*, 295(15), 1809-1823.
- Conte Keivabu, R., & Cozzani, M. (2022). Extreme heat, birth outcomes, and socioeconomic heterogeneity. *Demography*, 59(5), 1631-1654.
- Costello, A., Abbas, M., Allen, A., Ball, S., Bell, S., Bellamy, R., ... & Patterson, C. (2009). Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *The Lancet*, 373(9676), 1693-1733.
- Das, S., & Smith, S. C. (2012). Awareness as an adaptation strategy for reducing mortality from heat waves: evidence from a disaster risk management program in India. *Climate Change Economics*, 3 (02), 1250010.
- De, U. S., Dube, R. K., & Rao, G. P. (2005). Extreme weather events over India in the last 100 years. *J. Ind. Geophys. Union*, 9 (3), 173-187.
- Deschênes, O., & Greenstone, M. (2011). Climate change, mortality, and adaptation: Evidence from annual fluctuations in weather in the US. *American Economic Journal: Applied Economics*, 3(4), 152-185.
- Devi, T. C., & Singh, H. S. (2021). Prevalence and associated risk factors of preterm birth in India: a review. *J Public Health Dev*, 2, 209-26.
- Domeisen, D. I., Eltahir, E. A., Fischer, E. M., Knutti, R., Perkins-Kirkpatrick, S. E., Schär, C., ... & Wernli, H. (2023). Prediction and projection of heatwaves. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(1), 36-50.
- Dongarwar, D., & Salihu, H. M. (2019). Place of Residence and Inequities in Adverse Pregnancy and Birth Outcomes in India. *International Journal of Maternal and Child Health and AIDS*, 9(1), 5363. <https://doi.org/10.21106/ijma.291>
- Ebi, K. L. (2007). Towards an early warning system for heat events. *Journal of Risk Research*, 10(5), 729-744.
- Ebi, K. L., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., de Dear, R., Havenith, G., ... & Jay, O. (2021). Hot weather and heat extremes: health risks. *The Lancet*, 398(10301), 698-708.
- El Sanharawi, M., & Naudet, F. (2013). Comprendre la régression logistique. *Journal français d'ophtalmologie*, 36 (8), 710-715.
- Eriksson, J. G. (2016). Developmental origins of health and disease—from a small body size at birth to epigenetics. *Annals of Medicine*, 48(6), 456-467.
- Farley, T. A., Mason, K., Rice, J., Habel, J. D., Scribner, R., & Cohen, D. A. (2006). The relationship between the neighbourhood environment and adverse birth outcomes. *Paediatric and perinatal epidemiology*, 20(3), 188-200.
- Fatema, K., & Lariscy, J. T. (2020). Mass media exposure and maternal healthcare utilization in South Asia. *SSM-Population Health*, 11, 100614.
- Fouillet, A., Rey, G., Laurent, F., Pavillon, G., Bellec, S., Guihenneuc-Jouyaux, C., ... & Hémon, D. (2006). Excess mortality related to the August 2003 heat wave in

- France. *International archives of occupational and environmental health*, 80, 16-24.
- Gardosi, J., Madurasinghe, V., Williams, M., Malik, A., & Francis, A. (2013). Maternal and fetal risk factors for stillbirth: population based study. *Bmj*, 346.
- Girotra, S., Mohan, N., Malik, M., Roy, S., & Basu, S. (2023). Prevalence and Determinants of Low Birth Weight in India: Findings From a Nationally Representative Cross-Sectional Survey (2019-21). *Cureus*, 15(3).
- Gogoi, M. (2014). Association of maternal age and low socio-economic status of women on birth outcome. *International Research Journal of Social Science*, 3(10), 21-27.
- Goldenberg, R. L., Culhane, J. F., Iams, J. D., & Romero, R. (2008). Epidemiology and causes of preterm birth. *The lancet*, 371(9606), 75-84.
- Guivarch, C. & Taconet, N. (2020). Inégalités mondiales et changement climatique. *Revue de l'OFCE*, 165, 35-70.
- Ha, S., Zhu, Y., Liu, D., Sherman, S., & Mendola, P. (2017). Ambient temperature and air quality in relation to small for gestational age and term low birthweight. *Environmental research*, 155, 394-400.
- Haines, A., & Patz, J. A. (2004). Health effects of climate change. *Jama*, 291(1), 99-103.
- Hari, M., & Tyagi, B. (2021). Investigating Indian summer heatwaves for 2017–2019 using reanalysis datasets. *Acta Geophysica*, 69(4), 1447-1464.
- Helldén, D., Andersson, C., Nilsson, M., Ebi, K. L., Friberg, P., & Alfvén, T. (2021). Climate change and child health: a scoping review and an expanded conceptual framework. *The Lancet Planetary Health*, 5(3), e164-e175.
- Hess, J. J., Lm, S., Knowlton, K., Saha, S., Dutta, P., Ganguly, P., ... & Mavalankar, D. (2018). Building resilience to climate change: pilot evaluation of the impact of India's first heat action plan on all-cause mortality. *Journal of environmental and public health*, 2018.
- Hickel, J. (2020). Quantifying national responsibility for climate breakdown: an equality-based attribution approach for carbon dioxide emissions in excess of the planetary boundary. *The Lancet Planetary Health*, 4(9), e399-e404.
- Houghton, J. (2005). Global warming. *Reports on progress in physics*, 68(6), 1343.
- IHME. (2019). Global Burden Of Disease (GBD Compare). Institute for Health Metrics and Evaluation. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/#>
- International Institute for Population Sciences (IIPS) and ICF. (2021). National Family Health Survey (NFHS-5), 2019-21: India: Volume I. *Mumbai: IIPS*.
- International Institute for Population Sciences (IIPS) et ICF. (2022). India DHS, 2019-21 - Final Report. <https://dhsprogram.com/publications/publication-FR375-DHS-Final-Reports.cfm>
- IMD. (2020). Statement on Climate of India during 2019. ReliefWeb. <https://reliefweb.int/report/india/statement-climate-india-during-2019>
- IMD. (2021). Standard Operation Procedure – Weather Forecasting and Warning Services. *Ministry of Earth Sciences*. New Dehli – 110 003. https://mausam.imd.gov.in/imd_latest/contents/pdf/forecasting_sop.pdf

- IMD. (2023). Surface normals. Climate Data Service Portal. https://cdsp.imdpune.gov.in/home_riturang_sn.php#snormals
- IPCC. (2023). Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6) : Longer Report. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf
- Jain, Y., & Jain, R. (2022). India and Pakistan emerge as early victims of extreme heat conditions due to climate injustice. *bmj*, 377.
- Kiarsi, M., Amiresmaili, M., Mahmoodi, M. R., Farahmandnia, H., Nakhaee, N., Zareiyan, A., & Aghababaeian, H. (2023). Heat waves and adaptation: A global systematic review. *Journal of Thermal Biology*, 103588.
- Kishore, P., Basha, G., Venkat Ratnam, M., AghaKouchak, A., Sun, Q., Velicogna, I., & Ouarda, T. B. J. M. (2022). Anthropogenic influence on the changing risk of heat waves over India. *Scientific reports*, 12(1), 3337.
- Kjellstrom, T. (2009). Climate change, direct heat exposure, health and well-being in low and middle-income countries. *Global Health Action*, 2.
- Kloog, I., Novack, L., Erez, O., Just, A. C., & Raz, R. (2018). Associations between ambient air temperature, low birth weight and small for gestational age in term neonates in southern Israel. *Environmental Health*, 17, 1-9.
- Knowlton, K., Kulkarni, S. P., Azhar, G. S., Mavalankar, D., Jaiswal, A., Connolly, M., ... & Ahmedabad Heat and Climate Study Group. (2014). Development and implementation of South Asia's first heat-health action plan in Ahmedabad (Gujarat, India). *International journal of environmental research and public health*, 11(4), 3473-3492.
- Konkel, L. (2019). Taking the heat : Potential fetal health effects of hot temperatures. *Environmental Health Perspectives*, 127(10). <https://doi.org/10.1289/ehp62211>
- Koppe, C., Kovats, S., Jendritzky, G., & Menne, B. (2004). Heat-waves: risks and responses (No. EUR/03/5 036 810). *World Health Organization. Regional Office for Europe*.
- Kovats, R. S., & Hajat, S. (2008). Heat stress and public health: a critical review. *Annu. Rev. Public Health*, 29, 41-55.
- Kozuki, N., Lee, A. C., Silveira, M. F., Sania, A., Vogel, J. P., Adair, L., ... & Child Health Epidemiology Reference Group (CHERG) Small-for-Gestational-Age-Preterm Birth Working Group. (2013). The associations of parity and maternal age with small-for-gestational-age, preterm, and neonatal and infant mortality: a meta-analysis. *BMC public health*, 13, 1-10.
- Kramer, M. S. (1987). Determinants of low birth weight: methodological assessment and meta-analysis. *Bulletin of the world health organization*, 65(5), 663.
- Kramer, M. S., Séguin, L., Lydon, J., & Goulet, L. (2000). Socio-economic disparities in pregnancy outcome: why do the poor fare so poorly?. *Paediatric and perinatal epidemiology*, 14(3), 194-210.
- Kreft, S., Eckstein, D., & Melchior, I. (2016). Global Climate Risk Index 2017 : Who Suffers Most From Extreme Weather Events ? Weather-related Loss Events in 2015 and 1996 to 2015. *Germanwatch e.V.* <https://www.germanwatch.org/sites/default/files/publication/16411.pdf>

- Krishnan, R., Sanjay, J., Gnanaseelan, C., Mujumdar, M., Kulkarni, A., & Chakraborty, S. (2020). Assessment of climate change over the Indian region: a report of the ministry of earth sciences (MOES), *government of India* (p. 226). *Springer Nature*.
- Kuhnt, J., & Vollmer, S. (2017). Antenatal care services and its implications for vital and health outcomes of children: evidence from 193 surveys in 69 low-income and middle-income countries. *BMJ open*, 7(11), e017122.
- Lahariya, C., & Paul, V. K. (2010). Burden, differentials, and causes of child deaths in India. *The Indian Journal of Pediatrics*, 77, 1312-1321.
- Lajarge, É., Debiève, H., Nicollet, Z. & Piou, S. (2017). 11. La santé environnementale. Dans :, É. Lajarge, H. Debiève, Z. Nicollet & S. Piou (Dir), *Santé publique: En 13 notions* (pp. 271-279). Paris: Dunod.
- Lawn, J. E., Blencowe, H., Pattinson, R., Cousens, S., Kumar, R., Ibiebele, I., ... & Stanton, C. (2011). Stillbirths: Where? When? Why? How to make the data count?. *The Lancet*, 377(9775), 1448-1463.
- Lawn, J. E., Cousens, S., & Zupan, J. (2005). 4 million neonatal deaths: when? Where? Why?. *The Lancet*, 365(9462), 891-900.
- Li, M., Gu, S., Bi, P., Yang, J., & Liu, Q. (2015). Heat waves and morbidity: current knowledge and further direction—a comprehensive literature review. *International journal of environmental research and public health*, 12(5), 5256-5283.
- Lincetto, O., & Banerjee, A. (2020). World Prematurity Day: improving survival and quality of life for millions of babies born preterm around the world. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, 319(5), L871-L874.
- Lowe, D., Ebi, K. L., & Forsberg, B. (2011). Heatwave early warning systems and adaptation advice to reduce human health consequences of heatwaves. *International journal of environmental research and public health*, 8(12), 4623-4648.
- Lucas, A., Fewtrell, M. S., & Cole, T. J. (1999). Fetal origins of adult disease—the hypothesis revisited. *Bmj*, 319(7204), 245-249.
- Luo, Z. C., Wilkins, R., & Kramer, M. S. (2006). Effect of neighbourhood income and maternal education on birth outcomes: a population-based study. *Cmaj*, 174(10), 1415-1420.
- Madan, A. (2023). Understanding the implications and mitigation strategies for heatwaves in India. *UNDRR*. <https://www.preventionweb.net/news/understanding-implications-and-mitigation-strategies-heatwaves-india>
- Malik, P., Bhardwaj, P., & Singh, O. (2021). Heat wave fatalities over India: 1978–2014. *CURRENT SCIENCE*, 120(10), 1593-1599.
- Maps of India. (2022). Political Map of India. <https://www.mapsofindia.com/maps/india/india-political-map.htm>
- McElroy, S., Ilango, S., Dimitrova, A., Gershunov, A., & Benmarhnia, T. (2022). Extreme heat, preterm birth, and stillbirth: A global analysis across 14 lower-middle income countries. *Environment international*, 158, 106902.

- McMichael, A. J., Woodruff, R. E., & Hales, S. (2006). Climate change and human health: present and future risks. *The Lancet*, 367(9513), 859-869.
- Mishra, V., Mukherjee, S., Kumar, R., & Stone, D. A. (2017). Heat wave exposure in India in current, 1.5 C, and 2.0 C worlds. *Environmental Research Letters*, 12(12), 124012.
- Molina, O., & Saldarriaga, V. (2017). The perils of climate change: In utero exposure to temperature variability and birth outcomes in the Andean region. *Economics & Human Biology*, 24, 111-124.
- Mora, C., Dousset, B., Caldwell, I. R., Powell, F. E., Geronimo, R. C., Bielecki, C. R., ... & Trauernicht, C. (2017). Global risk of deadly heat. *Nature climate change*, 7 (7), 501-506.
- Murari, K. K., Ghosh, S., Patwardhan, A., Daly, E., & Salvi, K. (2015). Intensification of future severe heat waves in India and their effect on heat stress and mortality. *Regional Environmental Change*, 15, 569-579.
- NASA Earth Observatory. (2019). Heatwave in India. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/145167/heatwave-in-india>
- National Centers for Environmental Information (s. d.). Datasets | Climate Data Online (CDO) | National Climatic Data Center (NCDC). Climate Data Online (CDO). <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/datasets>
- NRDC. (2020). Expanding heat resilience across India: Heat Action Plan highlights | *Global Heat Health Information Network*. <https://ghhin.org/resources/expanding-heat-resilience-across-india-heat-action-plan-highlights/>
- Nylander, P. P., & Adekunle, A. O. (1990). 10 Antenatal care in developing countries. *Baillière's clinical obstetrics and gynaecology*, 4(1), 169-186.
- OCDE. (2007). Insuffisance pondérale à la naissance. Dans OECD eBooks (p. 9495). https://doi.org/10.1787/soc_glance-2006-26-fr
- OMS. (2017). Cibles mondiales de nutrition 2025. Note d'orientation sur l'insuffisance pondérale à la naissance. *Organisation mondiale de la santé*. <https://www.who.int/fr/publications-detail/WHO-NMH-NHD-14.5>
- Pai, D. S., Nair, S., & Ramanathan, A. N. (2013). Long term climatology and trends of heat waves over India during the recent 50 years (1961-2010). *Mausam*, 64(4), 585-604.
- 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.
- Perkins, S. E., & Alexander, L. V. (2013). On the measurement of heat waves. *Journal of climate*, 26(13), 4500-4517.
- Platt, M. J. (2014). Outcomes in preterm infants. *Public health*, 128(5), 399-403.
- Poursafa, P., Keikha, M., & Kelishadi, R. (2015). Systematic review on adverse birth outcomes of climate change. *Journal of Research in medical Sciences: The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 20(4), 397.
- Prüss-Üstün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R., & Neira, M. (2016). Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. *World Health Organization*.

- Qazi, G. (2011). Obstetric and perinatal outcome of multiple pregnancy. *J Coll Physicians Surg Pak*, 21(3), 142-5.
- Raatikainen, K., Heiskanen, N., & Heinonen, S. (2007). Under-attending free antenatal care is associated with adverse pregnancy outcomes. *BMC public health*, 7, 1-8.
- Rashid, H., Kagami, M., Ferdous, F., Ma, E., Terao, T., Hayashi, T., & Wagatsuma, Y. (2017). Temperature during pregnancy influences the fetal growth and birth size. *Tropical medicine and health*, 45, 1-9.
- Robinson, P. J. (2001). On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 40(4), 762-775.
- Rohini, P., Rajeevan, M., & Srivastava, A. K. (2016). On the variability and increasing trends of heat waves over India. *Scientific reports*, 6(1), 1-9.
- Rooney, C., McMichael, A. J., Kovats, R. S., & Coleman, M. P. (1998). Excess mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 heatwave. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 52(8), 482-486.
- Russo, S., Dosio, A., Gravensén, R. G., Sillmann, J., Carrao, H., Dunbar, M. B., ... & Vogt, J. V. (2014). Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(22), 12-500.
- Rylander, C., Øyvind Odland, J., & Manning Sandanger, T. (2013). Climate change and the potential effects on maternal and pregnancy outcomes: an assessment of the most vulnerable—the mother, fetus, and newborn child. *Global health action*, 6 (1), 19 538.
- Sexton, J., Andrews, C., Carruthers, S., Kumar, S., Flenady, V., & Lieske, S. (2021). Systematic review of ambient temperature exposure during pregnancy and stillbirth: Methods and evidence. *Environmental research*, 197, 111037.
- Shah, P. S., Balkhair, T., & Knowledge Synthesis Group on Determinants of Preterm/LBW births. (2011). Air pollution and birth outcomes: a systematic review. *Environment international*, 37(2), 498-516.
- Sharma, A., Andhikaputra, G., & Wang, Y. C. (2022). Heatwaves in South Asia: characterization, consequences on human health, and adaptation strategies. *Atmosphere*, 13(5), 734.
- Sharrow, D., Hug, L., You, D., Alkema, L., Black, R., Cousens, S., ... & Walker, N. (2022). Global, regional, and national trends in under-5 mortality between 1990 and 2019 with scenario-based projections until 2030: a systematic analysis by the UN Inter-agency Group for Child Mortality Estimation. *The Lancet Global Health*, 10(2), e195-e206.
- Simkhada, B., Teijlingen, E. R. V., Porter, M., & Simkhada, P. (2008). Factors affecting the utilization of antenatal care in developing countries: systematic review of the literature. *Journal of advanced nursing*, 61(3), 244-260.
- Singh, A., Kumar, A., & Kumar, A. (2013). Determinants of neonatal mortality in rural India, 2007–2008. *PeerJ*, 1, e75.
- Sirohi, S., & Michaelowa, A. (2007). Sufferer and cause: Indian livestock and climate change. *Climatic change*, 85(3-4), 285-298.

- Strand, L. B., Barnett, A. G., & Tong, S. (2012). Maternal exposure to ambient temperature and the risks of preterm birth and stillbirth in Brisbane, Australia. *American journal of epidemiology*, 175(2), 99-107.
- Syed, S., O'Sullivan, T. L., & Phillips, K. P. (2022). Extreme heat and pregnancy outcomes: a scoping review of the epidemiological evidence. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 2412.
- Tamirat, K. S., Sisay, M. M., Tesema, G. A., & Tessema, Z. T. (2021). Determinants of adverse birth outcome in Sub-Saharan Africa: analysis of recent demographic and health surveys. *BMC Public Health*, 21(1), 1-10.
- Tong, S., FitzGerald, G., Wang, X. Y., Aitken, P., Tippett, V., Chen, D., ... & Guo, Y. (2015). Exploration of the health risk-based definition for heatwave: A multi-city study. *Environmental research*, 142, 696-702.
- UNICEF et WHO. (2019). Low birthweight estimates. *World Health Organization*. <https://www.who.int/publications/m/item/unicef-who-low-birthweight-estimates>
- UN-IGME. (2021). Child mortality estimates. *UN Inter-agency Group for Child Mortality Estimation*. <https://childmortality.org/>
- UN IGME. (2023a). Never forgotten : The situation of stillbirth around the globe. *UNICEF DATA*. <https://data.unicef.org/resources/never-forgotten-stillbirth-estimates-report/>
- UN IGME. (2023 b). Levels and trends in child mortality, Report 2022. *UNICEF DATA*. <https://data.unicef.org/resources/levels-and-trends-in-child-mortality/>
- United Nations. (2022a). The Sustainable Development Goals Report 2022. United Nations. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/>
- United Nations. (2022 b). World Population Prospects - 2022 Revision. United Nations - Population Division. <https://population.un.org/wpp/>
- Vogel, J. P., Chawanpaiboon, S., Moller, A. B., Watananirun, K., Bonet, M., & Lumbiganon, P. (2018). The global epidemiology of preterm birth. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, 52, 3-12.
- Wang, J., Tong, S., Williams, G., & Pan, X. (2019). Exposure to heat wave during pregnancy and adverse birth outcomes: an exploration of susceptible windows. *Epidemiology*, 30, S115-S121.
- Williams, E. K., Hossain, M. B., Sharma, R. K., Kumar, V., Pandey, C. M., & Baqui, A. H. (2008). Birth interval and risk of stillbirth or neonatal death: findings from rural north India. *Journal of tropical pediatrics*, 54(5), 321-327.
- World Bank. (2021). Climate risk Country profile - India. ReliefWeb. <https://reliefweb.int/report/india/climate-risk-country-profile-india>
- World Health Organization. (1994). Plan d'action en faveur de l'environnement et de la santé dans la Région européenne : deuxième Conférence européenne sur l'environnement et la santé : Helsinki (Finlande), 20-22 juin 1994. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/347387?locale-attribute=ar&>
- World Health Organization. (2004). Heat-waves : risks and responses. *www.who.int*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789289010948>
- World Health Organization. (2006). Neonatal and perinatal mortality : country, regional and global estimates. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43444>

- World Health Organization (2019). Stillbirth. *www.who.int*.
https://www.who.int/health-topics/stillbirth#tab=tab_1
- World Health Organization. (2022a). Review of IPCC Evidence 2022 : Climate Change, Health, and Well-being.
<https://www.who.int/publications/m/item/review-of-ipcc-evidence-2022--climate-change--health--and-well-being>
- World Health Organization. (2022 b). ICD-11: International classification of diseases (11th revision). <https://icd.who.int/>
- World Health Organization. (2022c). Newborn mortality. *www.who.int*.
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/levels-and-trends-in-child-mortality-report-2021>
- World Health Organization. (2023a, June 22). La Dre. Vanessa Kerry est nommée Envoyée spéciale du Directeur général de l’OMS pour les changements climatiques et la santé [Press release]. <https://www.who.int/fr/news/item/22-06-2023-dr-vanessa-kerry-appointed-as-who-director-general-special-envoy-for-climate-change-and-health>
- World Health Organization. (2023b). Born Too Soon : Decade of Action on Preterm Birth. *www.who.int*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240073890>
- Xu, Z., FitzGerald, G., Guo, Y., Jalaludin, B., & Tong, S. (2016). Impact of heatwave on mortality under different heatwave definitions: a systematic review and meta-analysis. *Environment international*, 89, 193-203.
- Zhang, Y., Yu, C., & Wang, L. (2017). Temperature exposure during pregnancy and birth outcomes: an updated systematic review of epidemiological evidence. *Environmental Pollution*, 225, 700-712.
- Zeitlin, J., Saurel-Cubizolles, M. J., De Mouzon, J., Rivera, L., Ancel, P. Y., Blondel, B., & Kaminski, M. (2002). Fetal sex and preterm birth: are males at greater risk?. *Human reproduction*, 17(10), 2762-2768.
- Zeve, D., Regelman, M. O., Holzman, I. R., & Rapaport, R. (2016). Small at birth, but how small? The definition of SGA revisited. *Hormone research in paediatrics*, 86(5), 357-360.

12 ANNEXES

1) Pondérations et exclusions de données

```
3 DATASET ACTIVATE Jeu_de_données1.
4 COMPUTE ponderation=V005 / 1000000.
5 EXECUTE.
6
7 WEIGHT BY ponderation.
8
9 FILTER OFF.
10 USE ALL.
11 SELECT IF (B0 = 0).
12 EXECUTE.
13
14 FILTER OFF.
15 USE ALL.
16 SELECT IF (((V024 <= 10) OR (V024 = 12) OR (V024 = 16) OR (V024 = 18) OR (V024 >= 20 & V024 <= 24)
17 OR (V024 >= 27 & V024 <= 30) OR (V024 >= 32 & V024 <= 34) OR (V024 = 36))).
18 EXECUTE.
```

2) Création des variables relatives aux vagues de chaleur

```
20 DATASET ACTIVATE Jeu_de_données2
21 COMPUTE TMAX_CELSIUS=(TMAX - 32) / 1.8.
22 EXECUTE.
23
24 RECODE TMAX_CELSIUS (45 thru Highest=1) INTO HW.
25 VARIABLE LABELS HW 'HW'.
26 EXECUTE.
27
28 COMPUTE HW=TMAX_CELSIUS >= 45.
29 EXECUTE.
30
31 COMPUTE HW=TMAX_CELSIUS >= 45 | TMAX_CELSIUS >= (NORM + 4).
32 EXECUTE.
33
34 RECODE V024 (29=0) (24=0) (33=0) (30=0) (9=0) (10=0) (18=0) (32=0) (ELSE=1) INTO EXP_HW.
35 EXECUTE.
36
37 RECODE V024 (1=25) (2=11) (3=10) (4=27) (5=10) (6=10) (7=12) (8=21) (9=0) (10=0) (12=18) (16=5)
38 (18=0) (20=35) (21=9) (22=34) (23=19) (24=0) (27=37) (28=16) (29=0) (30=0) (32=0) (33=0) (34=7)
39 (36=41) INTO NB_HW.
40 VARIABLE LABELS NB_HW "Nombre total de jours d'exposition à une vague de chaleur".
41 EXECUTE.
```

3) Création des variables relatives aux issues défavorables à la grossesse

```
43 RECODE M19 (9996=SYSMIS) (9998=SYSMIS) (SYSMIS=SYSMIS) (Lowest thru 2501=1) (ELSE=0) INTO LBW.
44 VARIABLE LABELS LBW 'Poids faible à la naissance (<= 2500g)'.
45 EXECUTE.
46
47 RECODE M18 (4=1) (5=1) (SYSMIS=SYSMIS) (8=SYSMIS) (ELSE=0) INTO SMALL.
48 VARIABLE LABELS SMALL 'Plus petit que la moyenne ou très petit'.
49 EXECUTE.
50
51 RECODE S220A (SYSMIS=SYSMIS) (Lowest thru 8=1) (ELSE=0) INTO PTB.
52 VARIABLE LABELS PTB 'Naissance prématurée'.
53 EXECUTE.
54
55 RECODE B6 (SYSMIS=SYSMIS) (999=SYSMIS) (998=SYSMIS) (Lowest thru 108=1) (ELSE=0) INTO DNP.
56 VARIABLE LABELS DNP 'Décès au cours de la première semaine de vie (mortalité néonatale précoce)'.
57 EXECUTE.
58
59 RECODE B6 (SYSMIS=SYSMIS) (999=SYSMIS) (998=SYSMIS) (Lowest thru 131=1) (ELSE=0) INTO DN.
60 VARIABLE LABELS DN 'Décès au cours du premier mois de vie (mortalité néonatale)'.
61 EXECUTE.
```

4) Création des variables relatives aux facteur associés aux issues défavorables à la grossesse

```
63 RECODE V447A (SYSMIS=SYSMIS) (Lowest thru 20=1) (20 thru 35=2) (36 thru 49=3) INTO
64 AGE.
65 VARIABLE LABELS AGE 'Tranche d'âge de la mère'.
66 EXECUTE.
67
68 RECODE BORD (1=1) (SYSMIS=SYSMIS) (ELSE=0) INTO PRIMIP.
69 VARIABLE LABELS PRIMIP 'Premier enfant'.
70 EXECUTE.
71
72 COMPUTE MEDIA=(V157=2) OR (V158=2) OR (V159=2).
73 VARIABLE LABELS MEDIA 'Exposition aux médias'.
74 EXECUTE.
75
76 RECODE V467D (1=1) (SYSMIS=SYSMIS) (ELSE=0) INTO DIST.
77 VARIABLE LABELS DIST 'La distance vers les établissements de santé est un gros problème'.
78 EXECUTE.
79
80 RECODE M14 (0=0) (99=SYSMIS) (98=SYSMIS) (1=1) (2=1) (3=1) (4 thru Highest=2) INTO ANTENAT.
81 VARIABLE LABELS ANTENAT 'Nombre de visites prénatales'.
82 EXECUTE.
83
84 RECODE V024 (9=2) (10=3) (30=5) (37=1) (1 thru 8=1) (11 thru 18=4) (19 thru 21=3) (22 thru 23=2)
85 (24 thru 27=5) (28 thru 29=6) (31 thru 36=6) INTO ZONE.
86 VARIABLE LABELS zone 'zone'.
87 EXECUTE.
```

5) Sélection de l'échantillon

```
89 FILTER OFF.
90 USE ALL.
91 SELECT IF ((B3 > 1432) & (B3 < 1444)).
92 EXECUTE.
```

6) Exemples de régressions logistiques univariées

```
94 LOGISTIC REGRESSION VARIABLES LBW
95 /METHOD=ENTER V106
96 /CONTRAST (V106)=Indicator(1)
97 /PRINT=CI(95)
98 /CRITERIA=PIN(0.05) POUT(0.10) ITERATE(20) CUT(0.5).
99
100 LOGISTIC REGRESSION VARIABLES PTB
101 /METHOD=ENTER NB_HW
102 /PRINT=CI(95)
103 /CRITERIA=PIN(0.05) POUT(0.10) ITERATE(20) CUT(0.5).
```

7) Exemple de régression logistique multivariée

```
105 LOGISTIC REGRESSION VARIABLES LBW
106 /METHOD=ENTER V106 V190 V025 AGE MEDIA ANTENAT DIST PRIMIP ZONE B4 EXP_HW
107 /CONTRAST (V106)=Indicator
108 /CONTRAST (V190)=Indicator
109 /CONTRAST (V025)=Indicator
110 /CONTRAST (AGE)=Indicator
111 /CONTRAST (MEDIA)=Indicator
112 /CONTRAST (ANTENAT)=Indicator
113 /CONTRAST (DIST)=Indicator
114 /CONTRAST (PRIMIP)=Indicator
115 /CONTRAST (ZONE)=Indicator
116 /CONTRAST (B4)=Indicator
117 /CONTRAST (EXP_HW)=Indicator(1)
118 /PRINT=CI(95)
119 /CRITERIA=PIN(0.05) POUT(0.10) ITERATE(20) CUT(0.5).
```

8) Résultats des régressions logistiques multivariées (avec la variable EXP_HW)

Variables	Codage de référence	LBW			SMALL			PTB			DNP			DN									
		SIG	OR	CI 95%	SIG	OR	CI 95%	SIG	OR	CI 95%	SIG	OR	CI 95%	SIG	OR	CI 95%							
V106	Niveau d'éducation de la mère																						
	Pas d'éducation	0																					
	Primaire	1	0,000	1,550	1,399	1,718	0,000	1,403	1,199	1,643	0,307	0,929	0,807	1,070	0,336	0,733	0,390	1,380	0,137	0,580	0,283	1,188	
	Secondaire	2	0,000	1,483	1,329	1,655	0,001	1,345	1,136	1,592	0,549	1,047	0,902	1,215	0,986	0,994	0,507	1,947	0,352	0,697	0,325	1,492	
V190	Plus pauvre	0	0,000	1,318	1,218	1,425	0,000	1,272	1,120	1,445	0,888	0,992	0,889	1,107	0,386	1,285	0,728	2,268	0,812	1,083	0,562	2,084	
	Pauvre	1	0,000	1,432	1,277	1,606	0,004	1,295	1,086	1,544	0,267	1,095	0,933	1,284	0,622	0,829	0,394	1,746	0,876	0,938	0,418	2,105	
	Moyen	2	0,001	1,297	1,169	1,439	0,000	1,332	1,134	1,565	0,148	1,114	0,963	1,288	0,464	1,306	0,639	2,671	0,168	1,742	0,791	3,836	
	Riches	3	0,001	1,172	1,063	1,292	0,056	1,162	0,996	1,355	0,081	1,129	0,985	1,294	0,263	0,670	0,333	1,351	0,978	0,989	0,461	2,124	
V025	Plus riche	4	0,057	1,093	0,997	1,198	0,462	1,057	0,912	1,225	0,048	1,138	1,001	1,294	0,324	0,701	0,346	1,421	0,601	1,232	0,564	2,687	
	Urbain	1	0,007	1,101	1,027	1,181	0,024	1,132	1,017	1,260	0,038	1,108	1,006	1,221	0,530	1,165	0,723	1,877	0,455	1,226	0,718	2,094	
	15-19	0																					
	20-35	1	0,004	1,299	1,090	1,548	0,654	1,058	0,826	1,357	0,639	1,057	0,838	1,334	0,912	0,952	0,397	2,281	0,867	1,086	0,415	2,842	
AGE	36-49	2	0,275	1,089	0,935	1,268	0,264	0,884	0,712	1,097	0,356	0,910	0,745	1,111	0,899	0,954	0,457	1,990	0,868	0,934	0,420	2,077	
	Non	1	0,001	1,113	1,047	1,184	0,009	0,883	0,804	0,969	0,009	1,121	1,029	1,222	0,085	0,722	0,499	1,046	0,978	0,994	0,661	1,497	
ZONE	Nord	0																					
	Centre	1	0,000	1,606	1,437	1,794	0,000	1,555	1,292	1,871	0,000	2,612	2,213	3,082	0,046	2,249	1,016	4,979	0,093	2,047	0,887	4,724	
	Est	2	0,000	1,712	1,567	1,871	0,000	1,902	1,633	2,216	0,000	1,751	1,525	2,009	0,355	1,406	0,683	2,896	0,560	1,256	0,583	2,710	
	Nord-Est	3	0,685	1,023	0,918	1,139	0,000	1,793	1,508	2,132	0,000	1,427	1,213	1,679	0,000	4,581	2,043	10,274	0,007	3,331	1,397	7,943	
	Ouest	4	0,730	0,962	0,774	1,196	0,003	1,628	1,176	2,253	0,012	1,477	1,089	2,002	0,056	6,114	0,952	39,273	0,229	3,343	0,468	23,865	
ANTENAT	Sud	5	0,000	1,365	1,204	1,548	0,000	1,775	1,449	2,175	0,788	0,971	0,783	1,204	0,013	3,805	1,333	10,858	0,018	4,835	1,315	17,776	
	Aucune	0																					
	1 à 3	1	0,605	1,039	0,899	1,200	0,006	1,288	1,075	1,544	0,449	1,071	0,897	1,278	0,114	1,659	0,886	3,107	0,341	1,392	0,705	2,749	
	4 ou plus	2	0,000	1,149	1,085	1,217	0,163	1,064	0,975	1,160	0,007	1,116	1,031	1,209	0,735	1,060	0,755	1,488	0,263	1,240	0,851	1,808	
	Pas problématique	1	0,005	0,915	0,859	0,974	0,010	0,886	0,809	0,971	0,636	0,979	0,898	1,068	0,070	0,725	0,512	1,026	0,140	0,746	0,506	1,100	
PRIMIP	Primiparité	1	0,000	0,877	0,827	0,931	0,000	0,832	0,761	0,910	0,703	1,016	0,935	1,104	0,119	1,350	0,926	1,969	0,590	1,123	0,738	1,708	
	B4	1	0,000	0,808	0,767	0,851	0,001	0,875	0,809	0,947	0,033	1,083	1,007	1,165	0,014	1,475	1,082	2,012	0,117	1,316	0,934	1,855	
EXP_HW	Exposition à une vague de chaleur	1	0,081	0,944	0,885	1,007	0,888	0,993	0,902	1,093	0,000	0,798	0,725	0,878	0,001	0,497	0,333	0,741	0,001	0,481	0,312	0,740	

9) Résultats des régressions logistiques multivariées (avec la variable NB_HW)

Variables	Codage de référence	LBW			SMALL			PTB			DNP			DN									
		SIG	OR	CI 95%	SIG	OR	CI 95%	SIG	OR	CI 95%	SIG	OR	CI 95%	SIG	OR	CI 95%							
V106 Niveau d'éducation de la mère	Pas d'éducation	1	0,000	1,548	1,397	1,716	0,000	1,396	1,193	1,635	0,307	0,929	0,807	1,070	0,312	0,722	0,385	1,357	0,124	0,572	0,280	1,167	
		2	0,000	1,480	1,327	1,652	0,001	1,343	1,135	1,590	0,599	1,041	0,897	1,208	0,943	0,976	0,498	1,910	0,332	0,687	0,322	1,467	
		3	0,000	1,315	1,216	1,422	0,000	1,275	1,123	1,448	0,763	0,983	0,881	1,097	0,485	1,223	0,695	2,153	0,942	1,025	0,535	1,962	
		0																					
		Plus pauvre																					
V190 Index de richesse		1	0,000	1,435	1,279	1,609	0,002	1,316	1,104	1,570	0,301	1,088	0,927	1,277	0,545	0,794	0,376	1,675	0,761	0,882	0,393	1,980	
		2	0,000	1,301	1,173	1,444	0,000	1,346	1,146	1,582	0,138	1,117	0,965	1,292	0,460	1,310	0,640	2,680	0,170	1,738	0,789	3,826	
		3	0,001	1,175	1,066	1,295	0,044	1,171	1,004	1,366	0,074	1,132	0,988	1,298	0,273	0,676	0,335	1,362	0,978	0,989	0,461	2,124	
		4	0,052	1,095	0,999	1,200	0,414	1,063	0,918	1,232	0,043	1,142	1,004	1,298	0,328	0,703	0,347	1,424	0,605	1,228	0,564	2,674	
		Urbain	1	0,007	1,102	1,027	1,181	0,020	1,136	1,021	1,265	0,041	1,106	1,004	1,219	0,530	1,164	0,724	1,872	0,456	1,225	0,718	2,088
AGE Âge de la mère		0																					
		15-19	1	0,003	1,300	1,091	1,550	0,667	1,056	0,824	1,354	0,604	1,063	0,843	1,342	0,971	0,984	0,412	2,349	0,816	1,120	0,430	2,916
		20-35	1	0,274	1,089	0,935	1,269	0,263	0,884	0,712	1,097	0,358	0,911	0,746	1,112	0,954	0,979	0,470	2,038	0,919	0,960	0,433	2,127
MEDIA Exposition aux médias		Non	1	0,000	1,115	1,049	1,186	0,006	0,878	0,800	0,964	0,004	1,135	1,042	1,236	0,105	0,737	0,510	1,065	0,945	1,014	0,675	1,524
		Nord	0																				
ZONE		Centre	1	0,000	1,571	1,420	1,737	0,000	1,606	1,351	1,909	0,000	2,314	1,991	2,689	0,165	1,717	0,801	3,683	0,289	1,549	0,690	3,480
		Est	2	0,000	1,706	1,561	1,864	0,000	1,909	1,639	2,223	0,000	1,723	1,501	1,976	0,231	1,545	0,759	3,145	0,376	1,408	0,660	3,003
		Nord-Est	3	0,792	1,014	0,912	1,128	0,000	1,819	1,533	2,160	0,000	1,372	1,168	1,610	0,000	4,571	2,055	10,167	0,006	3,347	1,413	7,926
		Ouest	4	0,689	0,957	0,770	1,189	0,004	1,603	1,158	2,219	0,015	1,462	1,078	1,983	0,039	7,054	1,105	45,017	0,165	4,002	0,565	28,348
		Sud	5	0,000	1,384	1,217	1,574	0,000	1,864	1,515	2,294	0,831	0,977	0,785	1,215	0,006	4,336	1,523	12,341	0,010	5,567	1,519	20,395
ANTENAT Nombre de visites prénatales		Aucune	0																				
		1 à 3	1	0,577	1,042	0,902	1,203	0,007	1,281	1,069	1,536	0,351	1,088	0,912	1,298	0,086	1,727	0,926	3,221	0,265	1,470	0,747	2,893
DIST Distance par rapport aux établissements de santé		4 ou plus	2	0,000	1,152	1,088	1,220	0,193	1,059	0,972	1,154	0,002	1,132	1,046	1,225	0,597	1,095	0,782	1,533	0,180	1,292	0,888	1,880
		Pas problématique	1	0,005	0,915	0,859	0,974	0,007	0,882	0,805	0,966	0,737	0,985	0,903	1,075	0,103	0,751	0,531	1,060	0,206	0,780	0,531	1,146
PRIMIP Primiparité		Non	1	0,000	0,878	0,828	0,931	0,000	0,831	0,760	0,908	0,638	1,020	0,939	1,108	0,098	1,373	0,943	2,000	0,516	1,148	0,756	1,744
B4 Sexe de l'enfant		Masculin	1	0,000	0,808	0,767	0,852	0,001	0,875	0,809	0,947	0,031	1,083	1,007	1,165	0,011	1,496	1,099	2,037	0,094	1,338	0,952	1,883
NB_HW Nombre de jours d'exposition à la vague de chaleur				0,060	0,998	0,996	1,000	0,063	0,997	0,993	1,000	0,001	0,994	0,991	0,998	0,033	0,984	0,969	0,999	0,069	0,985	0,969	1,001

ABSTRACT

Cette étude explore l'impact de l'exposition in utero à la vague de chaleur du printemps 2019 en Inde sur les résultats négatifs à la naissance. Elle fournit de nouvelles preuves dans un contexte où la recherche sur cette relation est limitée. Alors que les issues défavorables à la naissance ont des implications significatives pour la santé des nouveau-nés, en particulier dans un pays comme l'Inde, où la vulnérabilité aux vagues de chaleur est élevée, cette association reste relativement peu étudiée. Compte tenu de l'augmentation prévue des vagues de chaleur en raison du changement climatique, il est essentiel de comprendre ce lien, en particulier dans les pays à revenu faible ou intermédiaire. L'analyse révèle des effets variables sur différents résultats. En particulier, la vague de chaleur semble constituer un protecteur pour les naissances prématurées et les décès néonataux. Ces résultats remettent en question les hypothèses dominantes et suggèrent d'autres facteurs d'ordre obstétrique, socioéconomique et sanitaires influencent les résultats. L'acclimatation de la population à la chaleur et les stratégies de prévention pourraient également impacter ces derniers. Cette étude souligne la nécessité de poursuivre les recherches sur le lien complexe entre l'exposition prénatale à la chaleur et les conséquences négatives qu'elle peut provoquer à la naissance. À mesure que le changement climatique progresse, il devient essentiel de comprendre cette relation pour élaborer des politiques éclairées visant à améliorer la santé de la mère et de l'enfant.

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

Faculté des sciences économiques, sociales, politiques et de communication
École des sciences politiques et sociales (PSAD)

Place Montesquieu, 1 bte L2.08.05, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique | www.uclouvain.be/psad