



HAL
open science

Pollution atmosphérique et grossesse : vers des grossesses polluées ? Étude bibliographique

Anastasia Chauvière

► **To cite this version:**

Anastasia Chauvière. Pollution atmosphérique et grossesse : vers des grossesses polluées ? Étude bibliographique. Gynécologie et obstétrique. 2018. dumas-02170034

HAL Id: dumas-02170034

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02170034>

Submitted on 1 Jul 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université catholique de lille
Faculté de médecine et de maïeutique

**POLLUTION ATMOSPHERIQUE ET
GROSSESSE**

Vers des grossesses polluées ?

Etude bibliographique

Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Etat de sage femme
Soutenu et présenté par Anastasia Chauvière
Sous la direction du professeur Damien Cuny Doyen de la Faculté des Sciences
Pharmaceutiques et Biologiques de Lille et Mélie Rousseau sage femme chargée de projet.
ANNEE UNIVERSITAIRE 2017-2018

Université catholique de lille
Faculté de médecine et de maïeutique

**POLLUTION ATMOSPHERIQUE ET
GROSSESSE**

Vers des grossesses polluées ?

Etude Bibliographique

Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Etat de sage femme
Soutenu et présenté par Anastasia Chauvière
Sous la direction du professeur Damien Cuny Doyen de la Faculté des Sciences
Pharmaceutiques et Biologiques de Lille et Mélie Rousseau sage femme chargée de projet.
ANNEE UNIVERSITAIRE 2017-2018

REMERCIEMENTS

Merci à mes directeurs de mémoire Damien Cuny et Mélie Rousseau pour leurs précieux conseils et pour le temps qu'ils ont pu me consacrer.

Merci à Madame Roux pour son aide.

Merci à mes parents pour m'avoir soutenue, supportée et encouragée pendant ces 6 ans, je vous aime.

Merci à mes amies Anne Sophie, Charlotte, Hasma, Julia, Juliette, Leila, Pauline G et Pauline S pour ces 5 années de rire, de souvenirs inoubliables et surtout d'amour.

Merci à Mathilde pour notre complicité et notre amitié improbable.

Liste des abréviations

APPA : association pour la prévention de la pollution atmosphérique

BPCO : bronchopneumopathie chronique obstructive

CO : monoxyde de carbone

COV : composé organique volatil

DOHaD : developmental origins of health and disease

EDEN : étude des déterminants pré et postnataux du développement et de la santé des enfants

EHESP : école des hautes études en santé publique

FEES : femmes enceintes environnement et santé

HAS : haute autorité de santé

IC : intervalle de confiance

NO : oxyde d'azote

O₃ : ozone

OMS : organisation mondiale de la santé

OR : odds ratio

PELAGIE : perturbateurs endocriniens ; étude longitudinale sur les anomalies de la grossesse, l'infertilité et l'enfance

PM : particule mater (matière particulaire)

PPB : part per billion

SCL-90-R : « symptom-checklist-90-revised scale », c'est un inventaire des symptômes psychologiques en auto questionnaire

SO₂ : dioxyde de soufre

T1 : trimestre 1

T2 : trimestre 2

T3 : trimestre 3

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
2. CONTEXTE	3
2.1. LES PRINCIPAUX POLLUANTS ATMOSPHERIQUES URBAINS.....	3
2.1.1. <i>les polluants gazeux</i>	3
2.1.2. <i>les polluants particulaires</i>	5
2.2. LES NORMES DES POLLUANTS	6
2.3. VULNERABILITE DE LA FEMME ENCEINTE ET DU FCETUS	8
2.4. FENETRE D'EXPOSITION	9
2.5. PROBLEMATIQUE	10
2.6. OBJECTIF	10
3. MATERIEL ET METHODE	11
3.1. CRITERES D'INCLUSIONS ET SELECTION DES ARTICLES	11
3.2. OUTILS DE RECHERCHE.....	11
3.3. MOTS CLEFS	12
4. RESULTATS	13
4.1. L'EXPOSITION AUX POLLUANTS ATMOPSHERIQUES	13
4.1.1. <i>l'exposition liee au lieu d'habitation</i>	13
4.1.2. <i>L'exposition liee aux pratiques</i>	14
4.2. TOXICOCINETIQUE.....	14
4.2.1. <i>absorption</i>	14
4.2.2. <i>distribution</i>	15
4.2.3. <i>metabolisation</i>	15
4.2.4. <i>elimination</i>	16
4.3. IMPACTS MATERNELS.....	17
4.3.1. <i>Impacts vasculaires</i>	17
4.3.2. <i>Impacts sur le systeme endocrinien</i>	18
4.3.1. <i>Impact psychologique</i>	20
4.3.2. <i>autres</i>	20
4.3.3. <i>Impacts placentaire</i>	21
4.4. IMPACTS FCETAUX	24
4.4.1. <i>A court terme</i>	24
4.4.1. <i>A long terme</i>	30
4.5. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS	33
5. ANALYSE ET DISCUSSION	35
5.1. LES POINTS FORTS ET LIMITES DE CETTE ETUDE	35
5.2. DISCUSSION	35
5.3. LE ROLE DES SAGES FEMMES.....	37
6. CONCLUSION	39
7. BIBLIOGRAPHIE	41
ANNEXES	48

1. INTRODUCTION

L'exposition à la pollution de l'air pendant la grossesse peut représenter un danger pour la femme enceinte et son fœtus. Il existe une multitude de polluants, mais seulement une poignée est soumise à des recommandations.

La loi sur l'air et l'utilisation de l'énergie (la loi LAURE 1996) donne une définition précise du terme pollution atmosphérique : « constitue une pollution atmosphérique au sens de la présente loi l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives » (1)

La pollution atmosphérique est un problème capital pour la santé de l'homme. Il y aurait 3 millions de personnes décédées prématurément en 2012 du fait de l'exposition à la pollution de l'air extérieur (2), de ce fait, la pollution atmosphérique constitue la troisième cause de décès en France.

De plus, selon une étude réalisée par le centre internationale de recherche contre le Cancer, la pollution atmosphérique est classée dans le groupe 1 pour son pouvoir cancérigène certain (3). De nos jours, on connaît une amélioration globale des conditions de vie du fait des progrès technologiques importants comme les progrès techniques ou médicaux. Mais certains de ces progrès sont également marqués par une diffusion de produits/gaz potentiellement dangereux pour la santé.

Il existe beaucoup de pays développés et en voie de développement qui ne respectent pas toujours les normes préconisées par l'organisation mondiale de la santé en terme de pollution atmosphérique. Or, la pollution atmosphérique constitue un véritable enjeu de santé publique. En effet, elle tend à augmenter la mortalité et la morbidité avec un risque accru de développer une pathologie respiratoire aigue (asthme) ou chronique (BPCO) ou encore aggraver l'état de santé d'une personne atteinte d'une pathologie préexistante (4). De plus, la répartition de l'exposition aux polluants est inégale à travers le monde, en général les populations les plus pauvres sont les plus impactées.

Il existe des facteurs qui peuvent de surcroît amplifier, favoriser ou encore transformer la pollution de l'air notamment la densité de la circulation automobile qui permet à certains polluants comme les particules et les oxydes d'azote de stagner et ainsi créer de l'ozone.

De même les conditions météorologiques peuvent disperser les polluants ou encore favoriser leurs transformations (5).

Nous sommes continuellement exposés à la pollution atmosphérique, cependant, nous n'en prenons conscience uniquement qu'en cas de message d'alerte, lors des pics de pollution. Il existe d'ailleurs des recommandations sanitaires à mettre en œuvre en cas de pics de pollution pour permettre de protéger au mieux les personnes dites «vulnérables» (personnes âgées, enfants, personnes atteintes d'affections chroniques) en limitant les déplacements à proximité des grands axes routiers ou encore limiter les activités physiques à l'extérieur (6). Ces messages cibles ne s'adressent que très peu aux femmes enceintes, de fait il n'existe pas encore de recommandations spécifiques pour cette population (7).

On sait que la grossesse est un moment privilégié dans la vie d'une femme, c'est une période où l'on met tout en œuvre pour protéger l'enfant à naître mais aussi la mère, on parle de « grande vulnérabilité » c'est pourquoi, il est recommandé durant ces neuf mois de prendre des précautions et ainsi éviter de s'exposer à des produits susceptibles de traverser la barrière placentaire (8).

Les professionnels de santé tels que les sages femmes ont donc un véritable rôle à jouer dans l'information aux patientes et donc sur la prévention des risques possibles face à une exposition à la pollution atmosphérique durant la grossesse, encore faut il connaître ces risques. C'est pourquoi on peut se demander quelles conséquences l'exposition à la pollution atmosphérique pendant la grossesse entraînent elles sur celle ci et les impacts sur le fœtus à venir.

Ce travail permettra également de s'intéresser aux conseils de prévention concernant les effets de la pollution atmosphérique qui pourraient ensuite être transmis aux femmes en âges de procréer et aux femmes enceintes.

2. CONTEXTE

Nous allons nous intéresser successivement aux polluants de l'air urbains, aux polluants particulaires, aux normes des polluants, à la vulnérabilité de la femme enceinte et du fœtus, puis à la notion de fenêtre d'exposition.

2.1. LES PRINCIPAUX POLLUANTS ATMOSPHERIQUES URBAINS

Les polluants de l'air sont multiples, ils peuvent être de plusieurs natures : gazeuses ou particulaires. Ils peuvent être considérés comme primaires c'est à dire émanant des activités de l'homme ou de sources secondaires, dans ce cas ils proviennent de transformations chimiques de polluants entre eux.

Leurs sources peuvent être naturelles telles que les incendies de forêts spontanés ou anthropiques comme le secteur industriel, les transports, les pots d'échappement, l'agriculture et le secteur résidentiel/tertiaire.

Selon un rapport de l'OMS (2) qui date de septembre 2016, 92% de la population mondiale vit dans des lieux où la qualité de l'air ne respecte pas les limites fixées par l'organisme mondial de la santé en ce qui concerne les $PM_{2,5}$.

La pollution de l'air peut avoir des effets néfastes sur la population générale notamment au niveau respiratoire et cardiovasculaire.

2.1.1. LES POLLUANTS GAZEUX

Monoxyde de carbone

Il provient principalement de la combustion incomplète de matières organiques (carburant), sa principale source est le secteur résidentiel/tertiaire et le trafic routier. On peut rencontrer des taux élevés de monoxyde de carbone quand un moteur tourne au ralenti lors de la stagnation du trafic routier par exemple (embouteillage ou feu rouge).

L'exposition à ce polluant est chronique quand on le rencontre en milieu extérieur. Sa cible principale est le système cardio vasculaire. Le CO se fixe sur l'hémoglobine. Les conséquences des expositions à long terme sont principalement cardio-vasculaires.

Les oxydes d'azote

Ils proviennent principalement de l'industrie et du trafic routier.

Ces gaz participent à la production de l'ozone et contribuent aux phénomènes des pluies acides, ils ont également un effet environnemental important, notamment sur la végétation.

Les oxydes d'azote sont des gaz irritants pour le système respiratoire, peu solubles dans l'eau, ils sont capables d'y pénétrer profondément et ainsi ils peuvent provoquer des difficultés respiratoires. (9)

Dioxyde de soufre

Il est émis lors de la combustion de matières fossiles qui contiennent du soufre naturellement telles que le charbon et le fioul, il provient principalement des industries.

Les SO_2 est aussi le polluant responsable de l'acide sulfurique qu'on retrouve dans les phénomènes de pluies acides. Il peut avoir des effets sur la santé à des concentrations bien plus faibles qu'on ne l'imaginait. (12)

Ce polluant est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies aériennes supérieures.

La concentration de dioxyde de soufre dans l'air diminue depuis les années 2000 en France, mais en cas de forte concentration, on peut observer que les hospitalisations pour cardiopathies augmentent ainsi que la mortalité. (12)

Ozone

L'ozone est un des polluants atmosphériques le plus fréquent au niveau mondial, d'autant plus que ce polluant peut se répandre sur des centaines de kilomètres.

Il ne faut pas confondre l'ozone protecteur qui se situe dans la haute atmosphère de celui qu'on retrouve au niveau du sol qui constitue le « smog photochimique ».

Ce polluant n'est pas émis directement dans l'air contrairement aux autres, c'est un polluant dit « secondaire » qui provient de réactions chimiques entre les composés organiques volatiles (COV), les oxydes d'azote et le rayonnement solaire, ce polluant est surtout estival (10).

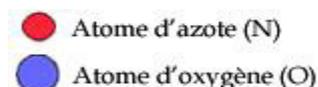
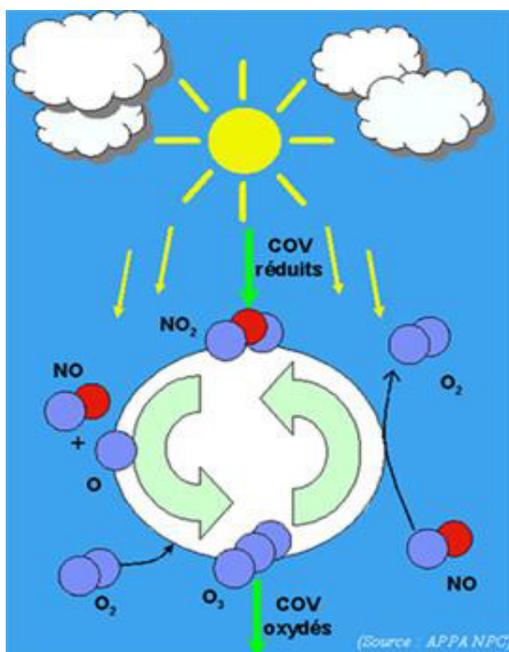


Figure 1-Formation de l'ozone. (11)

L'ozone est un gaz qui pénètre jusqu'aux alvéoles pulmonaires et ainsi entraîne une hyper activité des bronches qui peut exacerber l'asthme ou un encombrement bronchique chez les sujets sensibles. Il peut aussi donner des irritations oculaires ou naso pharyngées.(12)

C'est de nos jours un des polluants les plus préoccupants. Selon l'OMS on assiste à une augmentation de la mortalité quotidienne de 0,3% et des maladies cardiaques de 0,4% pour chaque augmentation de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la concentration en ozone. (13)

2.1.2. LES POLLUANTS PARTICULAIRES

Les particules PM₁₀ et PM_{2,5}

Il faut savoir que la pollution atmosphérique particulaire est l'une des plus néfastes pour la santé, elle reste un indicateur clé de la pollution de l'air extérieur. (14)

Ces particules sont un mélange de plusieurs substances polluantes comme le sulfate, le nitrate et le carbone. Les plus fines d'entre elles (inférieures à 3 microns) peuvent pénétrer profondément dans le système respiratoire tandis que le système cardiovasculaire représente une cible majeure pour les particules fines, ce qui peut engendrer de graves effets sanitaires. (15)

Ces particules même à faible concentration ont une incidence sanitaire, en effet aucun seuil en dessous duquel elle n'affecte pas la santé a été identifié ce jour. (12)

Les particules PM_{2,5} sont appelées particules fines, elles proviennent principalement du secteur résidentiel/tertiaire. Elles se forment plus particulièrement en cas d'absence de vent ou en cas de forte température.

Ces particules fines peuvent ensuite accroître de taille en s'associant à d'autres particules ou alors par condensation avec d'autres gaz et ainsi former des particules qui atteignent un diamètre de 10µm (PM₁₀).

Les PM₁₀ ont également des sources qui leur sont propres, elles ne sont pas que des particules secondaires. En effet, elles proviennent principalement du secteur résidentiel, de l'industrie et de l'agriculture. (16)

Les PM_{2,5} sont beaucoup plus dangereuses pour la santé que les PM₁₀ car de part leur petite taille elles peuvent se loger dans les ramifications les plus profondes de l'arbre respiratoire. On estime que 17770 décès pourraient être évités en France si les limites d'expositions journalières aux PM_{2,5} fixées par l'OMS étaient respectées (17).

Les métaux lourds

Ceux sont des éléments chimiques métalliques. Les métaux lourds dont la concentration atmosphérique est réglementée sont le plomb (Pb), le mercure (Hg), l'arsenic (As), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni).

Ils proviennent surtout de l'activité industrielle, des transports et de l'agriculture.

Ils se stockent principalement dans le foie, les os, le cerveau et les reins. Une exposition à des fortes doses de ces métaux peut entraîner des pathologies importantes comme la sclérose en plaque, des maladies neurodégénératives ou encore des cancers (poumons). Mais chaque métal provoque des effets différents. (18)

2.2.LES NORMES DES POLLUANTS

En France il existe la loi n°96-1236 précisant que "l'État assure [...] la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé" ainsi une surveillance de la qualité de l'air doit se faire sur l'ensemble du territoire.

Au niveau local, pour y parvenir il existe 26 associations agréées de surveillance de qualité de l'air (AASQA) qui sont toutes réunies au sein de la Fédération Atmo-France. Le rôle de ces associations est d'assurer la surveillance et d'informer la population sur la qualité de l'air ambiant.

Au niveau national le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) permet un appui stratégique, scientifique et technique au Bureau de la Qualité de l'Air du ministère et aux AASQA. Il est chargé de réaliser les développements techniques nécessaires à la surveillance de la qualité de l'air, l'analyse des résultats et l'appui méthodologique à cette surveillance.

L'état définit des plans et des programmes d'actions comme le « plan particules » publié en 2010 et le plan d'urgence pour la qualité de l'air publié en 2013. (19)

Les mesures de la qualité de l'air se font par des stations de mesure qui peuvent être fixes ou mobiles et qui analysent l'air en continu. (20)

Il existe également des outils numériques de modélisations territoriales des concentrations de polluants atmosphériques (exemple la plateforme ESMERALDA <http://www.esmeralda-web.fr/>).

LES POLLUANTS	VALEURS LIMITES	SEUIL ALERTE	OBJECTIF QUALITE
PM _{2,5}	25µg/m ³ Valeur annuelle	50 µg/m ³	10 µg/m ³
PM ₁₀	50µg/m ³ Valeur journalière	80µg/m ³	25 µg/m ³
Ozone	120µg/m ³ Max journalier de la moyenne sur 8 heures	240 µg/m ³ moyenne horaire	120 µg/m ³ max journalier de la moyenne sur 8 heures
Dioxyde d'azote	40µg/m ³ Valeur annuelle 200 µg/m ³ moyenne horaire	400 µg/m ³ moyenne horaire	40 µg/m ³
Dioxyde de soufre	125µg/m ³ (pas plus de 3 fois par an) Valeur journalière	500 µg/m ³ En moyenne horaire sur 3 heures	50 µg/m ³ . en moyenne annuelle
Monoxyde de carbone	10mg/m ³ Max journalier de la moyenne sur 8 heures		
Plomb	0,5µg/m ³ Valeur annuelle	0,25 µg/m ³ moyenne annuelle	

Tableau I : Récapitulatif des valeurs limites, des seuils d'alertes et des objectifs de qualité de certains polluants atmosphériques nationaux. (21)

Définitions :

Valeur limite : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

2.3. VULNÉRABILITÉ DE LA FEMME ENCEINTE ET DU FŒTUS

Pendant la grossesse la femme connaît de nombreux changements hormonaux qui ont divers impacts sur le corps. En effet, selon les études, les femmes enceintes seraient plus à risque de développer des infections virales. Cela s'explique par l'augmentation de la vascularisation capillaire mais aussi à cause de la diminution de l'immunité temporaire qui permet de ne pas rejeter les tissus « gestationnels étrangers ». (22) (23)

Cette baisse d'immunité entraîne une diminution de l'activité des cellules NK (Natural Killer) et une diminution des possibilités chimiotactiques des cellules phagocytaires, ce qui entraîne donc un plus grand risque d'infections pendant la grossesse.

De surcroît pendant la grossesse la femme enceinte est soumise à une augmentation de la fréquence cardiaque et du débit cardiaque, en parallèle à l'élévation de la consommation d'oxygène. Ainsi la distribution des substances ingérées ou inhalées peut se faire plus rapidement.

Chez les femmes enceintes l'augmentation de la progestérone entraîne une diminution de la motilité de l'estomac et de l'intestin aboutissant à un temps de vidange gastrique et intestinal plus élevé de 30 à 50%. De ce fait les substances ingérées restent plus longtemps dans l'estomac et sont donc plus susceptibles de se retrouver dans la circulation sanguine.

La femme enceinte est dite « vulnérable » tout comme le fœtus qu'elle porte. En effet, les capacités métaboliques du fœtus sont limitées, la circulation fœtale est caractérisée par une vascularisation céphalique très importante avec un shunt des poumons et du foie. Tout ce que la mère absorbe comme substance peut potentiellement avoir un impact direct ou lointain sur le fœtus.

Pour illustrer nos propos on peut prendre l'exemple de l'hémoglobine fœtale. Elle dispose d'une affinité plus forte pour le CO que l'hémoglobine adulte, donc, lorsque la mère est intoxiquée au CO, le fœtus l'est également. De plus la détoxification est plus longue pour celui-ci car l'oxygène doit franchir la barrière placentaire pour pouvoir éliminer le CO. De plus la paO_2 fœtale est plus basse que celle des adultes ce qui augmente la fixation du CO sur les hémoprotéines, le fœtus est par conséquent plus exposé que la mère à la contamination de monoxyde de carbone.

Enfin, quand une substance toxique traverse le placenta elle se retrouve dans l'organisme fœtal duquel les substances excrétées par le rein peuvent être réabsorbées, le fœtus se retrouve donc au contact de la substance toxique beaucoup plus longtemps que peut l'être sa mère.

2.4. FENÊTRE D'EXPOSITION

Selon le moment de l'exposition, un polluant n'aura pas le même impact sur la santé, c'est la notion de fenêtre d'exposition.

Il existe des périodes du développement fœtal plus sensibles que d'autres aux effets toxiques des polluants atmosphériques (Figure 2).

La vie intra utérine constitue une période de vulnérabilité importante, c'est à ce moment que se développent les organes du fœtus, ainsi les polluants de l'air peuvent entraîner des modifications dans l'expression des gènes ou encore des modifications épigénétiques. De plus, les cellules fœtales se répliquent et se différencient beaucoup plus rapidement que les cellules adultes matures, ce qui les rend plus sensibles aux polluants (24). Ainsi les polluants peuvent interagir avec les mécanismes de différenciation des cellules embryonnaires.

On sait qu'il peut y avoir des effets à court terme comme des malformations mais aussi des effets à plus long terme. En effet, c'est en 1986 avec Barker qu'apparaît la notion de « programmation fœtale », il avait établi un lien entre les facteurs nutritionnels pendant la grossesse et les risques pour l'enfant à naître de développer des maladies cardiovasculaires. Une étude hollandaise réalisée pendant la grande famine de l'hiver 1944 à 1945 a permis de prouver qu'un apport calorique insuffisant pendant la grossesse augmente les risques de développer une maladie cardiovasculaire ou métabolique à l'âge adulte chez l'enfant. (25)

De ces études va émerger le concept de DOHaD, concept sur les origines développementales environnementales et épigénétiques de la santé et des maladies qui étudie les interactions entre facteurs environnementaux et les marqueurs génétiques qui entraînent des modifications métaboliques qui peuvent ensuite engendrer des maladies chroniques à l'âge adulte. Le placenta pendant la grossesse participe à la mise en place de ces modifications, il joue le rôle de programmeur de la santé post natale.

L'épigénétique correspond aux mécanismes qui peuvent expliquer la programmation développementale des maladies de l'adulte et ses effets sur les générations futures. C'est l'ensemble des modifications transmissibles et réversibles de l'expression des gènes (26).

Ainsi, il apparaît acquis de nos jours qu'à cause de ces multiples fragilités du fœtus, les expositions aux polluants durant la grossesse peuvent entamer le capital santé du futur adulte et favoriser la survenue de pathologies.

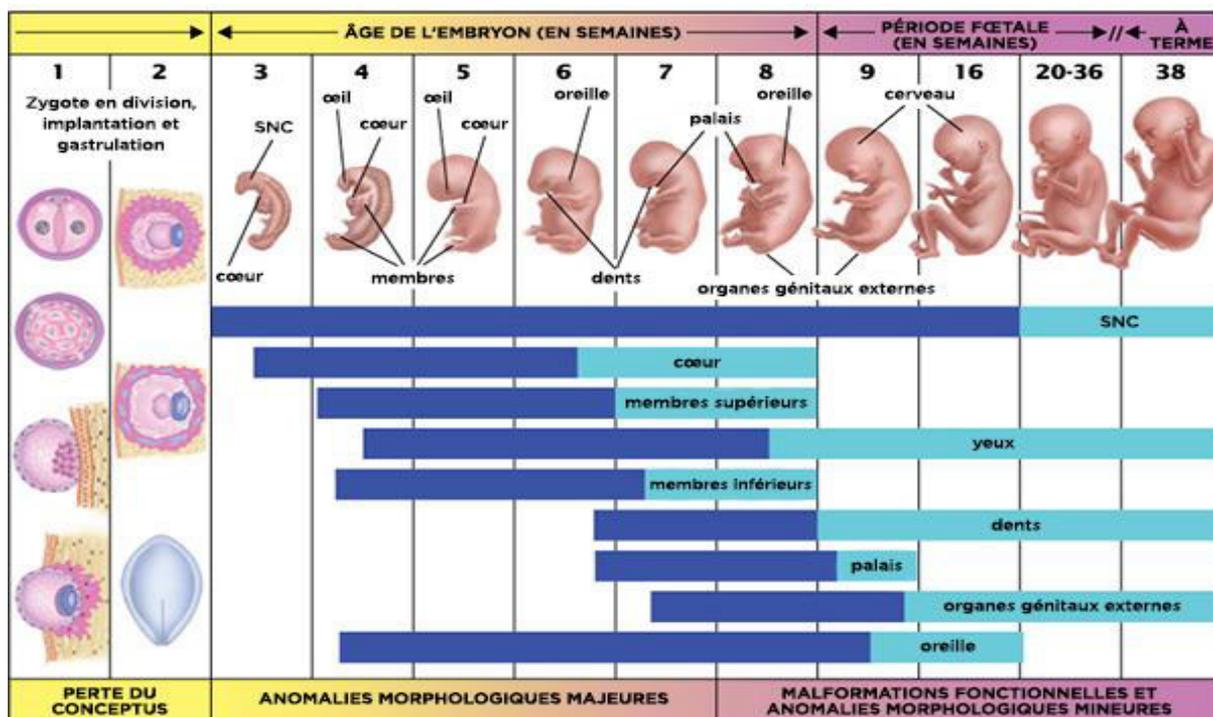


Figure 2—Périodes de vulnérabilité du développement fœtal face à la pollution de l'air (partie 1/2). (27)

La pollution de l'air peut entraîner des effets sur le fœtus à court terme comme des malformations ou encore la prématurité mais également à long terme comme on peut le voir avec la notion de « programmation fœtale ».

2.5. PROBLÉMATIQUE

A travers cette introduction, on peut mettre en évidence le fait que la pollution atmosphérique soit un véritable enjeu en terme de santé publique qui peut avoir des conséquences graves sur la santé.

Les femmes enceintes sont exposées aux polluants atmosphériques pendant leur grossesse, lesquels peuvent agir sur le bon déroulement de celle-ci et impacter la santé du fœtus à venir. On peut donc se poser la question suivante : quels sont les effets engendrés par une exposition aux polluants atmosphériques pendant la grossesse sur la mère et le fœtus ?

2.6. OBJECTIF

L'objectif de ce mémoire est de faire un point sur les connaissances scientifiques en ce qui concerne l'exposition aux polluants atmosphériques et ses effets pendant la grossesse sur la femme, le fœtus et le nouveau-né à court et long terme et aussi de rappeler quelques règles de toxicocinétique pour une meilleure compréhension du sujet.

Ce travail a été réalisé à partir de l'analyse d'articles scientifiques publiés dans des revues scientifiques internationales à comité de lecture ainsi qu'à partir de sources bibliographiques issues d'agences sanitaires.

3. MATÉRIEL ET MÉTHODE

3.1. CRITÈRES D'INCLUSIONS ET SÉLECTION DES ARTICLES

Pour ce mémoire, je me suis intéressée à des articles de la littérature étudiant le lien entre les principaux polluants atmosphériques qu'on peut retrouver dans la nature et les impacts qu'il peuvent avoir sur la grossesse et le fœtus à court puis long terme.

On retrouve plusieurs études réalisées chez l'homme mais aussi chez l'animal pour tenter d'établir ce lien. J'ai choisi de ne pas me limiter géographiquement pour pouvoir analyser le plus de données possibles.

J'ai choisi d'analyser des articles d'une période allant de 1993 à 2018.

Au total, 78 articles ont été référencés dans ce mémoire bibliographique dont 35 études uniquement pour la partie résultat avec comme sources :

- 15 études de cohortes rétrospectives
- 9 études de cohortes prospectives
- 5 études de cas témoins
- 3 méta analyse
- 1 étude transversale
- 1 étude spatio temporelle
- 1 étude randomisée

Il était nécessaire que les données recueillies proviennent de femmes enceintes ou ayant un projet de grossesse et de nouveaux nés ayant été confronté à une exposition aux polluants de l'air.

3.2. OUTILS DE RECHERCHE

Pour cette recherche je me suis servie de Google et Google Scholar puis des ressources offertes par la bibliothèque Vauban : sciencedirect, cairn, pubmed ou encore biomed. J'ai également utilisé des sites gouvernementaux et scientifiques tels que l'OMS ou l'HAS, mais aussi des sites plus spécialisés en ce qui concerne la pollution de l'air extérieur comme l'APPA. Enfin, je me suis servie de colloques auxquels j'ai pu assister notamment le projet FEES.

La bibliographie a été référencée à l'aide du logiciel Zotero.

3.3.MOTS CLEFS

Pour répondre à la problématique, il m'a fallu sélectionner des mots clefs pour cibler aux mieux les articles à analyser :

- Polluants de l'air
- impact de la pollution atmosphérique
- pollution atmosphérique et grossesse
- pollution atmosphérique et fœtus
- air pollution during pregnancy
- air pollution and fetus
- outdoor pollution

4. RÉSULTATS

Grâce aux 35 études analysées, les résultats seront présentés selon cinq grandes parties. Tout d'abord un point sur les différentes expositions aux polluants, ensuite nous parlerons de la notion de toxicocinétique, puis viendra les impacts maternels, placentaires et enfin fœtaux.

4.1. L'EXPOSITION AUX POLLUANTS ATMOPSHÉRIQUES

4.1.1. L'EXPOSITION LIEE AU LIEU D'HABITATION

Les sources de pollution atmosphérique sont nombreuses et également très variables. La pollution atmosphérique peut avoir des effets sanitaires importants, cependant, ceux ci restent inégaux d'une personne à l'autre en raison de la variabilité d'exposition aux différents contaminants de l'air (28).

La localisation géographique du logement est un point important qui influe sur l'exposition aux polluants atmosphériques. Ainsi, par exemple, dans une étude en Grande Bretagne qui consistait à mesurer les taux de NO₂ dans différents endroits du pays, les quartiers les plus défavorisés étaient ceux où les concentrations de polluants atmosphériques étaient les plus importantes (29), de même on peut aussi remarquer que les usines se situaient plus particulièrement dans les quartiers les plus pauvres (30).

En France, une équipe de chercheurs de l'EHESP a mis en place en 2009 un projet de recherche nommé « Equit'Area » qui a pour but de comparer ville par ville les inégalités sociales et l'exposition aux polluants de l'air (Figure 3). Cette étude est loin d'être achevée mais les premiers résultats rapportent que dans certaine ville comme Lyon, Lille ou Marseille, l'émission de NO₂ est 20% plus importante dans les quartiers défavorisés. (31)

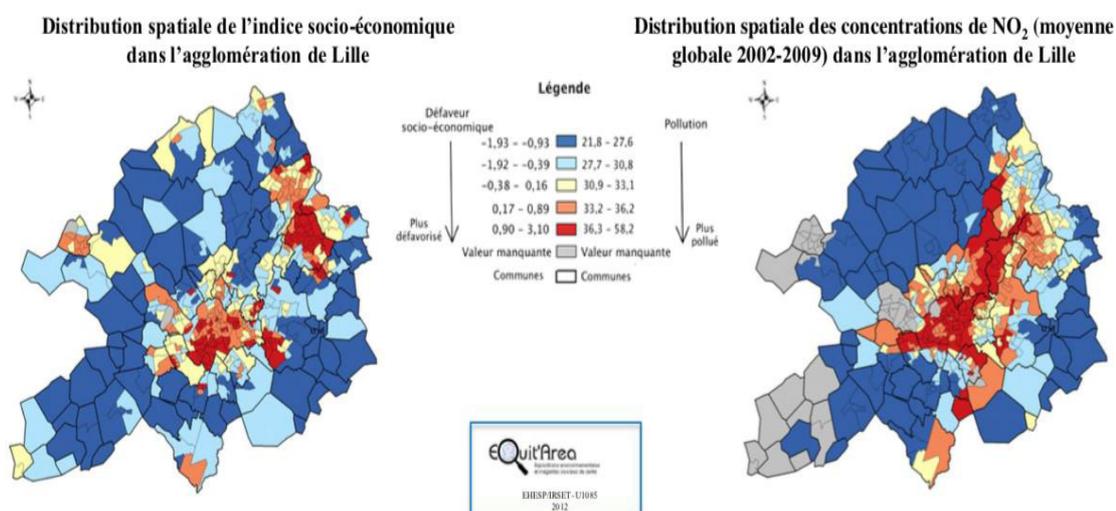


Figure 3—Exposition au NO₂ et défaveur socio-économique. Agglomération de Lille. (32)

4.1.2. L'EXPOSITION LIEE AUX PRATIQUES

De plus la diversité des facteurs génétiques provoque également des inégalités de santé face aux polluants de l'air. Les polluants absorbés (principalement inhalés) par l'organisme sont métabolisés grâce à de nombreuses voies métaboliques enzymatiques. En fonction du génome du sujet, ces réactions sont réalisées différemment ce qui le rend plus ou moins sensible aux effets sanitaires des polluants : c'est la notion de susceptibilité génétique.

L'activité physique peut aussi influencer sur la quantité de polluant atmosphérique inhalée. En effet lors d'une course à pied par exemple, le volume d'oxygène inspiré est 5 à 10 fois plus important qu'au repos, de plus on respire le plus souvent par la bouche ce qui fait que l'air n'est pas filtré par le nez (33) et ainsi les particules peuvent se diriger plus facilement vers les poumons. Lors de la pratique d'un sport intensif à l'extérieur, l'inhalation des polluants est beaucoup plus importante et profonde.

4.2. TOXICOCINETIQUE

La femme enceinte subit des modifications au cours de sa grossesse qui entraînent des spécificités en terme de toxicocinétique qu'il faut savoir prendre en compte.

La toxicocinétique dépend de plusieurs facteurs :

- de la concentration de la substance absorbée
- de la taille de la substance
- de la durée d'exposition
- de la biodisponibilité
- de la quantité de substance
- de la vitesse d'absorption
- du métabolisme de la personne (âge, génétique...)

4.2.1. ABSORPTION

L'absorption consiste à un passage du toxique de son site d'administration à la circulation générale.

Selon les sources d'exposition, l'absorption des polluants atmosphériques peut se faire de différentes façons mais principalement par inhalation (voie respiratoire) et plus rarement par voie digestive ou cutanée.

L'absorption alvéolaire est plus importante pendant la grossesse du fait du débit cardiaque qui se trouve augmenté pendant la grossesse de même pour l'absorption au niveau cutané-muqueux et intramusculaire qui est également augmentée en raison de la vasodilatation due à l'accélération du débit local.

Par exemple, le monoxyde de carbone inhalé pénètre profondément dans le système respiratoire ce qui engendre un passage dans le sang, alors que le dioxyde de soufre pénétrant moins profondément dans l'organisme est absorbé par les tissus et le mucus. (34)

Les particules de taille inférieure à $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ sont respirables et ainsi absorbées par les poumons. L'absorption sera d'autant plus importante que la taille des particules sera fine.

Tout au long de la grossesse on observe une sécrétion de progestérone qui réduit la motilité intestinale et augmente ainsi le temps de vidange gastrique. Le pH gastrique et la sécrétion de mucus sont également augmentés. Toutes ces modifications entraînent des changements au niveau digestif, dont un ralentissement de la résorption et une augmentation de la concentration du xénobiotique en raison d'un temps de contact plus long sur son site de résorption.

L'absorption des différents polluants à travers les membranes cellulaires doit se faire pas passage, soit par passage facilité, actif ou par endocytose. Ensuite ces éléments se retrouvent dans les cytoplasmes des cellules, enfin soit ils restent piégés dans les cytoplasmes, soit ils accèdent à l'organisme (35)

4.2.2. DISTRIBUTION

La distribution correspond à la répartition du toxique dans l'organisme, de son site d'administration à son passage dans la circulation générale puis à sa diffusion aux tissus. (36) Il peut quitter son site d'administration libre ou complexé à des ions ou encore avec des protéines transporteuses. Ensuite le toxique peut se cumuler préférentiellement dans certains tissus de l'organisme (tissus cibles) (32)

Au cours de la grossesse une augmentation des compartiments hydriques et lipidiques se produit. Pendant les deux premiers trimestres de grossesse il existe une augmentation des tissus adipeux d'environ 3 à 4 kilogrammes ce qui entraîne une amplification du volume de distribution pour les xénobiotiques.

En parallèle, il y a une diminution de la liaison aux protéines car il existe un phénomène d'hypoalbuminurie, ce qui entraîne une augmentation de la fraction libre des xénobiotiques dans le sang. Ces modifications influencent l'efficacité, toxicité et l'accumulation des polluants.

4.2.3. METABOLISATION

Un produit qui pénètre dans l'organisme peut avoir des effets bénéfiques ou délétères sur la santé.

La métabolisation consiste en une transformation du xénobiotique pour le rendre généralement moins actif et améliorer l'hydrosolubilité pour lui permettre une meilleure élimination.

Cette phase est divisée en deux, une phase I (grâce aux CYTP450) qui permet une oxydation, une réduction et une hydrolyse qui aboutit à la formation de métabolites qui peuvent ensuite être conjugués lors de la phase II pour donner des substances conjuguées hydrosolubles facilement éliminables dans les urines ou par la bile. Cependant, il existe des cas où les réactions de métabolisation génèrent des métabolites plus actifs que les molécules mères. C'est le cas par exemple de certains HAP (hydrocarbures polycycliques aromatiques tels que le Benzo(a)pyrène)) qui sont transformés en fore époxyde qui sont des agents intercalant de l'ADN.

On sait que pendant la grossesse la production de progestérone entraîne une augmentation de l'activité enzymatique des cytochromes : CYTP450. Ce sont des hémoprotéines qui interviennent dans les réactions d'oxydoréductions pour les métabolites et les xénobiotiques (polluants). Il permet de lutter contre les substances étrangères et de les éliminer.

4.2.4. ELIMINATION

L'élimination des xénobiotiques par l'organisme peut se faire par plusieurs moyens :

- rénale (principalement)
- digestive
- phanères
- respiratoire
- lait
- larmes
- salives

Chez la femme enceinte le débit sanguin rénal est augmenté, il passe d'environ 480 à 890ml/min en fin de grossesse ce qui permet l'élimination plus rapide.

Après avoir éclairci certains points concernant les différents polluants de l'air, nous allons maintenant évoquer leurs impacts sur la santé de la femme et celle du nouveau né.

4.3. IMPACTS MATERNELS

Les impacts sur la santé suite à une exposition aux polluants de l'air peuvent être multiples, ici sont analysées les études sur les paramètres maternels liés à une exposition aux polluants de l'air. On trouvera principalement des impacts vasculaires et endocriniens.

4.3.1. IMPACTS VASCULAIRES

Hypertension et pré éclampsie

Tableau II : Impacts vasculaires chez la femme enceinte après une exposition aux polluants de l'air extérieur.

Populations	Méthodes	polluants	Résultats principaux	Lieux et références
8398 femmes enceintes	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : Toute la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : établir un lien entre pré éclampsie et exposition à certains polluants de l'air.</p>	PM_{2,5}	<p>Résultats significatifs.</p> <p>Une exposition pendant toute la grossesse et encore plus pendant le troisième trimestre augmente le risque de développer une pré éclampsie</p> <p>OR 1,32 (95% IC = 1,02-1,71)</p> <p>OR 1,51 (95% IC = 1,13-2,01)</p>	Espagne (37)
7006 femmes enceintes	<p><u>Etude</u> : cohorte prospective</p> <p><u>Exposition</u> : toute la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer l'association entre une exposition aux particules et les risques de développer une hypertension de grossesse.</p>	PM₁₀	<p>Les résultats sont significatifs.</p> <p>Avec une augmentation de 10µg/m³ il y a un risque plus élevé de développer une hypertension relative à la grossesse</p> <p>OR 1,72 (95% I = 1,12-2,63)</p>	Pays Bas (38)
120755 grossesses uniques	<p><u>Etude</u> : cohorte prospective</p> <p><u>Exposition</u> : premier trimestre de grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : étudier l'association entre une exposition à certains polluants et les issues de</p>	O₃ NO₂	<p>Association significative pour une augmentation de 10µg/m³ de O₃ et le risque de développer une pré éclampsie</p> <p>OR 1,04 (95% IC = 1,01-1, 08) si cette exposition à lieu au premier trimestre de grossesse.</p>	Suisse (39)

	la grossesse comme la pré éclampsie ou la prématurité		Pour le NO ₂ les résultats ne sont pas significatifs.	
298 femmes	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : premier et second trimestres de grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer l'effet de la pollution de l'air sur les troubles hypertensifs pendant la grossesse et voir si ces associations se modifient avec l'IMC.</p>	<p>PM_{2,5} CO O₃</p>	<p>Association significative pour une exposition au second trimestre au PM_{2,5} et CO chez les femmes non obèses OR 9,10 (95% IC= 3,33-24,6) OR 4,96 (95% IC= 1,85-13,31).</p> <p>Association significative au premier trimestre entre O₃ et le risque de développer des troubles hypertensifs OR 2,05 (95% IC = 1,22-3,46)</p>	Etats Unis (40)

4.3.2. IMPACTS SUR LE SYSTEME ENDOCRINIEN

Le diabète gestationnel

Tableau IV : Impacts sur le système endocrinien chez la femme enceinte confrontée à la pollution de l'air extérieur

Populations	méthodes	polluants	Résultats	Lieux et références
219952 accouchements de primipare	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : préconceptionnelle et 7 premières semaines de grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer la corrélation entre une exposition aux polluants de l'air avant la grossesse et pendant le premier trimestre avec le développement de diabète gestationnel.</p>	<p>NO SO₂ O₃</p>	<p>Résultats significatifs pour le NO₂ et le SO₂ Une exposition préconceptionnelle entraîne un risque plus important de développer un diabète gestationnel. RR 1,09 (95% IC = 1,04-1,13) RR 1,05 (95% IC = 1,01-1,09)</p> <p>Les résultats ne sont pas significatifs pour O₃.</p>	Etats unis (41)
6717 femmes	<u>Etude</u> : cas témoin	<p>PM_{2,5} SO₂</p>	Les résultats sont significatifs pour une exposition aux PM _{2,5} et au SO ₂ en période préconceptionnelle et pendant	Tawain (42)

	<p><u>Exposition</u> : 12 semaines avant la grossesse, premier et deuxième trimestres de grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer le lien entre l'exposition à certain polluant de l'air et un diabète de grossesse</p>	O₃	<p>les deux premiers trimestres de la grossesse. PM_{2,5} préconceptionnelle OR 1,10 (95% IC = 1,03–1,18)</p> <p>SO₂ préconceptionnelle OR 1,37 (95% IC = 1,30–1,45)</p> <p>PM_{2,5} au T1 OR 1,09 (95% IC = 1,02–1,17) au T2 OR 1,07 (95% IC = 1,01–1,14)</p> <p>SO₂ au T1 OR 1,37 (95% IC = 1,30–1,45) et au T2 OR 1,38 (95% IC = 1,31–1,46)</p>	
19606 femmes enceintes	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : premier et deuxième trimestres de grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : montrer le lien entre une exposition au NO pendant la grossesse et l'apparition d'un diabète gestationnel.</p>	NO₂	<p>Les résultats sont significatifs Au T1 OR 1,05 (95% IC = 1,02-1,08) Au T2 OR 1,05 (95% IC = 1,02-1,08)</p>	Tawain (43)
410267 femmes	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer l'association entre une exposition aux PM_{2,5} et O₃ avec le diabète gestationnel</p>	PM_{2,5} O₃	<p>Les résultats sont significatifs. Pour une augmentation de 5µg/m³ pour les PM_{2,5} au T1 OR 1,16 (95% IC = 1,11-1,21) au T2 OR 1,15 (95% IC = 1,10-1,20) pour la grossesse entière OR 1,20 (95% IC = 1,13- 1,26)</p> <p>Pour une augmentation de 5ppb de O₃ au T1 OR 1,09 (95% IC = 1,07-1,11) au T2 OR 1,12 (95% IC = 1,10-1,14) pour la grossesse entière OR 1,18 (95% IC = 1,15-1,21)</p>	Etats Unis (44)

4.3.1. IMPACT PSYCHOLOGIQUE

Tableau III : Impact psychologique chez la femme enceinte confrontée à la pollution de l'air extérieur

Populations	méthodes	polluants	Résultats	Lieux et références
1931 femmes	<p><u>Etude</u> : essai randomisé</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : établir un lien entre pollution de l'air extérieur et stress maternel par un questionnaire (SCL-90-R)</p>	<p>SO₂</p> <p>NO₂</p> <p>PM₁₀</p>	<p>Associations significatives pour le SO₂, NO₂ et les PM₁₀</p> <p>OR 1,30 (95% IC = 1,11–1,52)</p> <p>OR 1,16 (95% IC = 1,02–1,34)</p> <p>OR 1,34 (95% IC = 1,05–1,70)</p>	Shangai (45)

4.3.2. AUTRES

Tableau IV : Autres impacts chez la femme enceinte confrontée à la pollution de l'air extérieur

Populations	méthodes	polluants	Résultats	Lieux et références
178 groupe témoins 189 groupe cas	<p><u>Etude</u> : cas/témoins</p> <p><u>Exposition</u> : La grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : estimer l'influence des polluants de l'air extérieur et intérieur sur les issues de la grossesse</p>	<p>Polluants extérieurs</p>	<p>Les résultats sont significatifs pour l'anémie</p> <p>OR 6,76 (95% IC = 1,28-7,72)</p> <p>Aussi pour les problèmes respiratoires</p> <p>OR 9,53 (95% IC = 1,32-3,8)</p> <p>Et enfin pour les saignements</p> <p>OR 20,5 (95% IC = 2,03-6,97)</p>	Serbie (46)

4.3.3. IMPACTS PLACENTAIRE

Le placenta humain est considéré comme un organe de transition autonome pour permettre le bon développement du fœtus (47). Ainsi, un dysfonctionnement placentaire peut être à l'origine de complications fœtales ou maternelles. De ce fait, le placenta permet de protéger le fœtus en jouant le rôle de barrière pour moduler l'exposition aux xénobiotiques (48).

Le placenta assure un rôle dans le transfert des nutriments, dans la croissance et le développement des organes fœtaux. Les mitochondries au niveau placentaire sont essentielles dans la régulation de ces processus, elles fournissent l'énergie cellulaire nécessaire au bon fonctionnement du placenta.

Aujourd'hui on sait que le placenta est capable de métaboliser certains xénobiotiques mais les facteurs environnementaux auxquels nous sommes exposés peuvent modifier l'activité des enzymes censées métaboliser les xénobiotiques, la pollution de l'air peut provoquer des mutations chez les fœtus (49).

Tableau V : Impacts placentaires après une exposition aux polluants de l'air extérieur

Populations	méthodes	polluants	Résultats	Lieux et références
3614 femmes	<u>Etude</u> : cohorte prospective <u>Exposition</u> : la grossesse <u>Objectif</u> : évaluer l'association entre l'exposition aux particules avec le poids placentaire, le poids foetal et le pH artériel	PM₁₀	Association non significative	Italie (50)

7801 femmes	<p><u>Etude</u> : cohorte prospective</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer le lien entre l'exposition aux polluants de l'air et les fonctions placentaires</p>	<p>NO₂ PM₁₀</p>	<p>Association significative entre PM₁₀ et NO₂ et diminution du poids placentaire à la naissance pour une augmentation de 10µg/m³ pour une exposition préconceptionnelle durant les deux mois précédents la naissance.</p> <p>-11,8 g (95% IC = -20,9 ; -2,7) et -10,7g (95% IC = -19,0 ; -2,4)</p> <p>une augmentation de 10µg/m³ en NO₂ au T3 est liée à un risque de notch OR 1,33 (95% IC = 0,99-1,78)</p>	Pays bas (51)
211 jumeaux	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer le lien entre l'exposition aux polluants de l'air et la longueur des télomères au niveau du placenta</p>	<p>Polluants de l'air</p>	<p>Les résultats sont significatifs, il existe un lien entre longueur des télomères* et l'exposition aux polluants de l'air. Si on éloigne les mères de la route principale les télomères placentaires sont plus longs.</p> <p>OR 5,32% (95% IC = 1,90 à 8,86%) p = 0,003</p> <p>*On sait que des télomères raccourcis peuvent favoriser la progression des maladies chez l'enfant.</p>	Etats Unis (52)
174 placentas	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer l'influence des PM₁₀ pendant la grossesse sur la teneur en ADN mitochondrial au niveau du placenta et du cordon ombilical.</p>	<p>PM₁₀</p>	<p>Les résultats sont significatifs.</p> <p>Pour une augmentation 10µg/m³ de l'exposition au PM₁₀ pendant le dernier mois de grossesse, on retrouve une diminution de la teneur en ADN mitochondrial 16,1% (95% IC = -25,2, -6,0%) p = 0,003</p> <p>Pas de résultat significatif pour la teneur en AND mitochondrial au niveau du cordon.</p>	Etats Uni (53)

40573 femmes enceintes	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer l'association entre une exposition aux polluants de l'air et le risque de développer un placenta praevia ou accreta.</p>	<p>PM_{2,5} PM₁₀ NO₂ SO₂ O₃</p>	<p>Les résultats sont significatifs pour une augmentation de 10µg/m³ concernant l'exposition aux particules et le risque d'avoir un placenta praevia durant les 4 premières semaines de grossesse. OR 1,12 (95% IC = 1,01-1,23)</p> <p>De même pour l'O₃ OR 1,08 (95% IC = 1,00-1,16)</p> <p>L'exposition aux particules durant les 4 premières semaines de grossesse est également associée à un risque accru de placenta accreta OR 1,33 (95% IC = 1,07-1,66)</p>	Japon (54)
------------------------	---	--	--	------------

4.4.IMPACTS FŒTAUX

Le fœtus est confronté de manière indirecte aux polluants atmosphériques, nous allons ici voir les effets engendrés sur le fœtus et le nouveau né suite à une exposition aux polluants de l'air pendant la grossesse. On trouvera principalement des impacts sur les paramètres de naissance, une prématurité induite, des malformations, des impacts métaboliques, comportementaux, respiratoires, ORL et cutanés.

4.4.1. A COURT TERME

Paramètres à la naissance et prématurité

Tableau VI : Impacts sur les paramètres de naissance et la prématurité chez le nouveau né après une exposition in utero aux polluants de l'air extérieur.

Populations	Méthodes	polluants	Résultats principaux	Lieux et références
12541 naissances	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : deuxième et troisième trimestres de grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer l'association entre petit poids de naissance et l'exposition aux polluants de l'air</p>	PM₁₀ O₃	<p>Les résultats sont significatifs pour le deuxième et troisième trimestre de grossesse</p> <p>OR 1,06 pour les deux trimestres (95% IC = 1,02-1,10)</p> <p>OR 1,03 pour les deux trimestres (95% IC = 1,01-1,04)</p> <p>L'étude estime la perte de poids suite à l'exposition à l'ozone au troisième trimestre de 31,11g (95% IC = -56,64 ; -5,58)</p>	Brésil (55)
75166 naissances à terme	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : La grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : établir une corrélation entre l'exposition aux polluants de l'air et le bruit pendant la grossesse selon le lieu d'habitation et les différentes paramètres des nouveaux nés à la naissance.</p>	NO₂	<p>Les résultats sont significatifs pour une exposition supérieure de 10g/m³ on retrouve une diminution :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de 0,35mm du périmètre crânien (95% IC = -0,57; -0,12) • de 0,50mm pour la circonférence abdominale (95% CI: -0,80; -0,20) • poids placentaire augmenté de 5,02g (95% IC = 2,93-7,11) <p>Les résultats ne sont pas significatifs en ce qui concerne les petits poids de naissances.</p>	Danemark (56)

61640 enfants	<p><u>Etude</u> : spatio temporelle</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer l'association entre l'exposition aux polluants de l'air et les paramètres à la naissance et la prématurité dans une population soumise à de faible taux de polluant.</p>	PM_{2,5}	<p>Les résultats sont significatifs pour le petit poids de naissance. Diminution de 12,1g (95% IC = -24,2 ; -0,1) et de 15,9 g (95% IC = -31,6 ; -0,3)</p> <p>Pour une augmentation de 2.5µg/m³ pour les PM_{2,5} on a un résultat significatif pour la prématurité OR 1,04 (95% IC = 0,94-1,15)</p>	Etats Unis (57)
1446 naissances	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer le lien entre l'exposition aux polluants de l'air et le risque de mort né</p>	PM_{2,5} SO₂ NO₂ CO	<p>Résultats significatifs pour le NO₂ SO₂ et CO Avec une augmentation de 10ppb au T1 pour le NO₂ OR 1,16 (95% IC = 1,03-1,31)</p> <p>Avec une augmentation de 3ppb au T1 pour le SO₂ OR 1,13 (95% IC = 1,01-1,28) Et au T3 OR 1,26 (95% IC = 1,03-1,37)</p> <p>Avec une augmentation de 0,4ppm au T2 pour le CO OR 1,14 (95% IC = 1,01-1,28) Et au T3 OR 1,14 (95% IC = 1,06-1,24)</p>	Etats Unis (58)
192900 naissances vivantes	<p><u>Etude</u> : transversale</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer les impacts de la pollution aux PM_{2,5} sur le nouveau né.</p>	PM_{2,5}	<p>Association significative entre l'exposition au PM_{2,5} et un faible poids de naissance OR 1,22 (95% IC = 1,07-1,39)</p> <p>En chine, les concentrations en PM_{2,5} sont beaucoup plus élevées ainsi les résultats sont significatifs pour la prématurité et le petit poids de naissance (pour des concentrations en PM_{2,5}>36.5µg/m³) OR 2,54 (95% IC = 1,42-4,55) OR 1,99 (95% IC = 1,06-3,72)</p> <p>Pas de significativité pour la prématurité</p>	24 pays (59)

4758 naissances uniques	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer le lien entre l'exposition aux polluants de l'air et la prématurité.</p>	<p>PM₁₀ NO₂ SO₂ CO O₃</p>	<p>Pour ces polluants principaux les résultats sont significatifs OR 1,26 (95% IC = 1,20-1,33)</p>	Iran (60)
1550 femmes et enfants vivants en zone urbaine et 959 en zone rurale	<p><u>Etude</u> : cohorte PELAGIE</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer l'association entre l'exposition aux polluants atmosphériques due au trafic et la prématurité</p>	<p>NO₂</p>	<p>Association significative pour les femmes vivant en zone urbaine si le NO₂ ≥ 16,4µg/m³</p>	France (53)
3988 nouveaux nés	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer l'association entre exposition aux polluants atmosphériques avec prématurité et petits poids de naissance</p>	<p>NO₂</p>	<p>Les résultats sont significatifs pour une exposition au NO₂ qui augmente de 10µg/m³ OR 1,25 (95% IC = 1,07-1,46)</p>	Lituanie (62)

Malformations

Tableau VII : Impacts sur les malformations chez le fœtus après une exposition in utero aux polluants de l'air extérieur

Populations	Méthodes	polluants	Résultats principaux	Lieux et références
548 863 naissances	<p><u>Etude</u> : Cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : avant la grossesse (préconceptionnelle)</p> <p><u>Objectif</u> : mettre en lumière un lien entre le risque d'anomalies congénitales chez le fœtus et l'exposition à un polluant de l'air pendant la période préconceptionnelle</p>	PM_{2,5}	La période la plus à risque de développer une malformation congénitale correspond à la période préconceptionnelle c'est à dire un mois avant la grossesse	Ohio (USA) (63)
1510064 nouveaux nés	<p><u>Etude</u> : cas témoins</p> <p><u>Exposition</u> : premier trimestre de grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer le lien entre une exposition aux polluants de l'air et une malformation des membres</p>	O₃ PM₁₀ CO NO₂ SO₂	<p>Résultats significatifs si augmentation de 1ppb de SO₂ de 9 à 12 semaines d'aménorrhées avec une réduction des membres OR 1,024 (95% IC = 1,000-1,048)</p> <p>De même avec une augmentation de 10ppb d'O₃ de 1 à 4 semaines d'aménorrhées on a un OR 1,391 (95% IC = 1,064 -1,818)</p>	Taiwan (64)
653 cas / 6530 témoins	<p><u>Etude</u> : cas témoins</p> <p><u>Exposition</u> : grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer l'influence de la pollution de l'air et le risque de développer une fente labiale avec ou sans fente palatine.</p>	O₃ PM₁₀ CO NO₂ SO₂	<p>Les résultats sont significatifs pour O₃ (avec une exposition entre 16,7ppb et 45,1ppb) et le risque de développer une fente labiale si exposition pendant le premier et le deuxième mois de grossesse.</p> <p>OR 1,20 (95% IC = 1,02–1,39) OR 1,25 (95% IC = 1,03–1,52)</p>	Taiwan (65)

10 études	<p><u>Etude</u> : méta analyse</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : étudier le lien entre une exposition aux polluants de l'air et le risque d'anomalies congénitales</p>	<p>NO₂ PM₁₀ SO₂</p>	<p>Association significative pour une augmentation de 10ppb de NO₂ et une augmentation de 1ppb de SO₂ avec le risque de développer une tétralogie de Fallot OR 1,20 (95% IC = 1,02–1,42) OR 1,03 (95% IC = 1,01–1,05)</p> <p>Et avec la coarctation de l'aorte OR 1,17 (95% IC = 1,00–1,36) OR 1,07 (95% IC = 1,01–1,13)</p> <p>Association significative entre une augmentation de 10µg/m³ de PM₁₀ et le risque de développer un défaut de communication interauriculaire OR 1,14 (95% IC = 1,01–1,28)</p>	Etats Unis (66)
150308 naissances	<p><u>Etude</u> : cohorte rétrospective</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : étudier le lien entre une exposition aux polluants de l'air et le risque de malformations cardiaques et fentes labio palatines</p>	<p>NO₂ SO₂ CO O₃</p>	<p>Les résultats sont significatifs pour une augmentation de 5ppb de O₃ et un risque de défaut de valve OR 2,96 (95% IC = 1,34-7,52)</p> <p>De même pour une augmentation de 0.6ppb en SO₂ avec un défaut de valve OR 10,76 (95% IC = 1,50-17,98)</p> <p>Pas de significativité pour les fentes.</p>	Australie (67)
9357 enfants et fœtus	<p><u>Etude</u> : cas-témoins</p> <p><u>Exposition</u> : 3 mois précédant la grossesse et pendant toute la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : montrer le lien entre malformations congénitales telles que fentes labio palatines, malformations cardiaques et l'exposition in utéro aux polluants atmosphériques.</p>	<p>CO O₃ NO₂ PM₁₀ Métaux lourds</p>	<p>L'exposition au CO montre un résultat significatif pour le risque de CIV OR 1,62 (95% IC = 1,05-2,48) si on s'expose pendant le deuxième mois de grossesse</p> <p>L'exposition à l'O₃ entraîne également un risque plus élevé de cardiopathie.</p> <p>Aucun résultat significatif pour les fentes labio palatines.</p>	Californie (USA) (68)

	Les cas sont les enfants porteurs de malformations et les témoins sont les enfants sans malformations, les 2 groupes vivant dans le même environnement.			
Articles de la littérature Population : données sur les enfants	<u>Etude</u> : méta analyse <u>Exposition</u> : la grossesse <u>Objectif</u> : étudier le risque de développer une malformation congénitale après une exposition in utero aux polluants de l'air	SO₂ NO₂ PM₁₀ PM_{2.5} CO O₃	Association significative uniquement pour le NO ₂ qui entrainerait un risque de développer une coarctation de l'aorte OR 1,20 (95% IC =1,02-1,41) pour une augmentation de 10ppb.	Angleterre, Australie, Corée, Espagne, Italie, Israël, Taïwan USA (69)

4.4.1. A LONG TERME

Impacts Métaboliques

Tableau VIII : Impacts métaboliques sur le long terme chez l'enfant exposé in utero aux polluants de l'air extérieur.

Populations	Méthodes	polluants	Résultats principaux	Lieu et références
375 couples mère-enfant	<p><u>Etude</u> : cohorte EDEN</p> <p><u>Exposition</u> : la grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer le lien entre une exposition aux polluants de l'air et une diminution du taux plasmatique de vitamine D (impliqué dans le métabolisme des os et du calcium)</p>	NO₂	<p>Les résultats sont significatifs pour une augmentation de 10µg/m³ de NO₂ et de PM₁₀</p> <p>Diminution de 0,15 U*(P = 0,05)</p> <p>Et diminution de 0,41 U (P = 0,04)</p> <p>La significativité est plus forte encore pendant le troisième trimestre de grossesse P = 0,0003 pour le NO₂</p> <p>Et P = 0,004 pour les PM₁₀</p> <p>*U = unité de dosage clinique de la vitamine D</p>	France (70)

Impacts sur le système respiratoire et impacts ORL

Tableau IX : Impacts respiratoires et ORL chez l'enfant après une exposition in utero aux polluants de l'air extérieur.

Populations	Méthodes	polluants	Résultats principaux	Lieu et références
2199 nouveaux nés	<p><u>Etude</u> : cohorte prospective</p> <p><u>Exposition</u> : les 9 mois de grossesse</p> <p><u>Objectif</u> : montrer une corrélation entre l'exposition à la pollution atmosphérique pendant la grossesse et les maladies respiratoires</p>	NO₂	<p>Une exposition pendant la grossesse avec une augmentation de 10µg/m³ pour le NO₂ est associée avec un plus grand risque d'infections respiratoires dans l'enfance</p> <p>RR 1,05 (95% IC = 0,98-1,12)</p> <p>Résultats significatifs pour les infections auriculaires</p> <p>RR 1,18 (95% IC = 0,98-1,41)</p>	Espagne (71)

17533 mères et enfants.	<u>Etude</u> : cohorte prospective <u>Exposition</u> : les 9 mois de grossesse <u>Objectif</u> : évaluer le lien entre l'exposition au dioxyde d'azote pendant la grossesse et l'apparition d'infections respiratoires dans l'enfance.	NO₂	Les résultats ne sont pas significatifs.	Norvège (72)
-------------------------	--	-----------------------	--	--------------

Problèmes comportementaux

Tableau X: Impacts comportementaux chez les enfants après une exposition in utero aux polluants de l'air extérieur.

Populations	Méthodes	polluants	Résultats principaux	Lieu et références
33911 enfants	<u>Etude</u> : cohorte rétrospective <u>Exposition</u> : la grossesse <u>Objectif</u> : évaluer l'association entre l'exposition aux polluants de l'air pendant la grossesse et les problèmes de comportements des enfants	PM_{2,5} SO₂ NO₂	L'exposition au PM _{2,5} est associée positivement avec les troubles du comportement notamment les troubles de l'attention et les comportements agressifs. OR 1,06 (95% IC = 1,01-1,11) quand il s'agit de couper la parole OR 1,07 (95% IC = 1,02-1,13) quand il s'agit de perturber les autres. OR 1,06 (95% IC = 1,01-1,11) en ce qui concerne le mensonge.	Japon (73)
12 études	<u>Etude</u> : méta analyse <u>Exposition</u> la grossesse <u>Objectif</u> : évaluer le lien entre une exposition aux polluants de l'air et le risque de développer un trouble du spectre autistique	NO₂ PM_{2,5}	Les résultats sont significatifs Pour des valeurs augmentées de 10µg/m ³ pour les PM _{2,5} on a un OR à 1,34 (95% IC = 0,83-2,17) Et pour une augmentation de 10ppb de NO ₂ on a un OR à 1,05 (95% IC= 0,99-1,11)	(74)

Pathologies cutanées

Tableau XI : Impacts sur les pathologies cutanées de l'enfant après une exposition in utero aux polluants de l'air extérieurs.

Populations	Méthodes	polluants	Résultats principaux	Lieu et références
2598 enfants	<p><u>Etude</u> : cohorte prospective</p> <p><u>Exposition</u> période préconceptionnelle (3 mois avant la grossesse)</p> <p><u>Objectif</u> : évaluer l'association entre l'exposition a la pollution de l'air et l'apparition d'eczéma chez l'enfant</p>	<p>PM₁₀ SO₂ NO₂</p>	<p>Résultats significatifs pour le NO₂ et l'eczéma dans l'enfance. OR 1,19 (95% IC = 1,04-1,37) pour une exposition préconceptionnelle de 3 mois</p> <p>OR 1,21 (95% IC = 1,03-1,42) pour une exposition pendant la grossesse</p> <p>Le résultat est d'autant plus important quand l'exposition au NO₂ a lieu pendant le premier trimestre OR 1,26 (95% IC = 1,09-1,46)</p>	Chine (75)

4.5.SYNTHESE DES RESULTATS

Voici un tableau récapitulatif des résultats que j'ai pu obtenir en menant cette étude bibliographique. Les résultats obtenus peuvent être classés selon différents niveaux de preuve. En effet, pour certains résultats la littérature est abondante et cohérente, pour d'autres peu d'études ont été réalisées à ce sujet, il faudrait en obtenir des nouvelles pour réellement prouver cet impact. Enfin on retrouve des résultats contradictoires d'une étude à l'autre.

Tableau XII : Synthèse des résultats.

IMPACTS	Maternels	Placentaires	Fœtaux
DONNEES			
Données abondantes	<ul style="list-style-type: none"> • Hypertension • Pré éclampsie • Diabète gestationnel 		<ul style="list-style-type: none"> • Petit poids de naissance • Pré maturité • Impact cardio vasculaire (coarctation de l'aorte et CIV) • Troubles du comportement
Peu de données	<ul style="list-style-type: none"> • Stress maternel • Anémie • Hémorragie 	<ul style="list-style-type: none"> • Télomères raccourcis • Placenta accreta/ praevia 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution du PC, CA • Mort né • Réduction des membres • Diminution du taux plasmatique de Vit D • Eczéma
Données contradictoires		<ul style="list-style-type: none"> • Poids placentaire diminué/ augmenté 	<ul style="list-style-type: none"> • Infections respiratoires • Fentes labio palatines <p>sur le long terme</p>

Les résultats de cette analyse de la littérature ont permis de mettre en lumière des impacts fœtaux importants et pouvant être néfaste pour sa santé future.

Ici on retrouve une frise pouvant rassembler les impacts fœtaux potentiels en fonction du moment de l'exposition in utero.

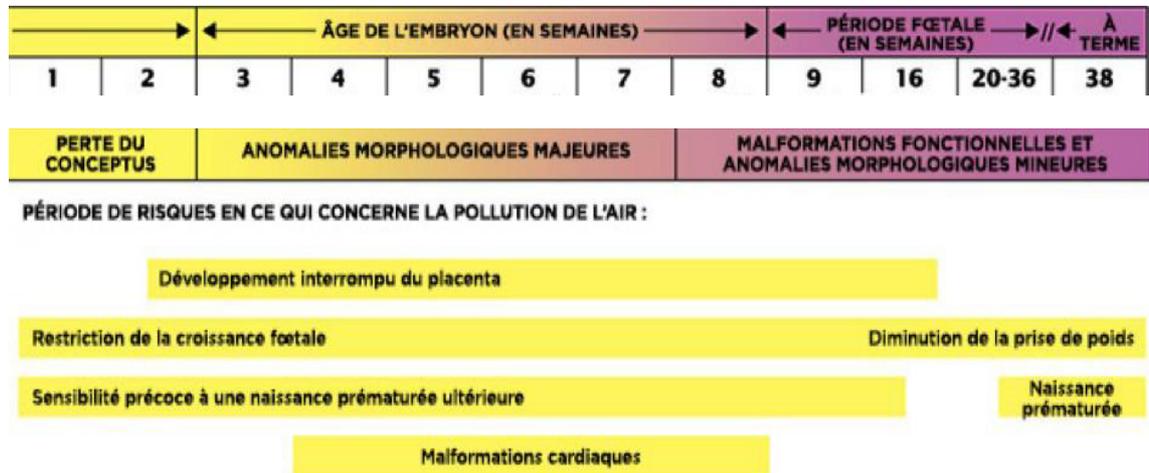


FIGURE 4—Périodes de vulnérabilité du développement fœtal face à la pollution de l'air (partie 2/2). (27)

5. ANALYSE ET DISCUSSION

5.1. LES POINTS FORTS ET LIMITES DE CETTE ETUDE

Pour ce travail, j'ai principalement recherché des études et des revues de la littérature, cependant, la littérature reste assez limitée en ce qui concerne la pollution de l'air extérieur, en effet, il existe beaucoup plus d'études réalisées vis à vis des polluants de l'air intérieur et des perturbateurs endocriniens.

En ce qui concerne les points forts de ce travail, certaines études analysées reposent sur des cohortes importantes et homogènes, ce qui nous permet d'avoir un échantillon plutôt représentatif. (38), (54), (58), (60). De plus, les résultats obtenus dans des études étaient fréquemment concordants d'une étude à l'autre (37), (50).

Cette analyse comporte cependant différents biais qui sont associés à ce genre d'étude, tels que le biais linguistique, en effet uniquement les articles en français et en anglais ont été analysés. De même on retrouve un biais de sélection avec les articles qui ne sont pas accessibles ou des études qui n'ont pas été publiées ou qui sont peu accessibles (littérature dite grise : rapports d'études et d'expertises...).

L'article le plus ancien date de plus de 10 ans (55), ainsi il doit être analysé avec réserve.

Les études que j'ai le plus utilisées sont des études qui traitent souvent des mêmes polluants (particules, monoxyde de carbone, ozone, dioxyde de soufre, oxyde d'azote), tandis que d'autres substances sont moins étudiées, comme les métaux lourds, ce qui m'empêche de répondre intégralement à ma problématique.

5.2. DISCUSSION

Dans toutes les études de ce mémoire bibliographique on retrouve un biais de mesure important. En effet, l'exposition aux polluants de l'air pour les femmes est évaluée grâce aux mesures des stations de surveillance de la qualité de l'air situées à proximité de leur domicile. Or, cette méthode d'évaluation est une estimation très approximative de l'exposition, tant sur le plan qualitatif (sous-évaluation des doses) que quantitatif (sous-évaluation de la diversité des produits). Afin de diminuer ce biais il faudrait avoir recours à des capteurs individuels, ce qui augmente de manière trop importante le coût des études. De plus, beaucoup de femmes déménagent durant leur grossesse sans le signaler (selon une étude menée aux Etats Unis, 13% des femmes déménageraient au moins une fois pendant leur grossesse (76))

Un biais de mesure peut également apparaître en fonction des saisons pendant lesquelles les mesures ont été réalisées, en effet la pollution varie selon le moment de l'année (11), (36), (58).

Dans la majorité des études les analyses statistiques ont permis d'ajuster les résultats à des variables qui peuvent constituer des facteurs de confusion comme l'âge, l'IMC, la parité, la tabagisme... Cependant dans certaines études analysées l'information sur la consommation ou non de cigarette n'est pas indiquée et donc peut constituer un biais (le tabagisme peut jouer un rôle dans les petits poids de naissance) (32), (36), (40), (47), (53), (57).

Les résultats des études sont assez variables et parfois contradictoires d'une étude à une autre. Pour un même polluant les résultats peuvent être à la fois significatifs et dans un autre cas non (46), (48), (51) ce qui rend l'interprétation des données compliquée. En plus d'avoir des résultats non cohérents par moment, la significativité est parfois assez faible (38), il faut ainsi lire les articles avec précaution.

A l'issue de ce mémoire, il me semble pertinent d'être vigilant aux impacts que pourraient avoir les polluants atmosphériques sur la santé de la femme enceinte mais aussi sur le fœtus à court et long terme. Les preuves certaines sont encore assez faibles, mais certains effets engendrés peuvent être importants : hypertension, pré éclampsie, diabète gestationnel, anémie, petit poids de naissance, prématurité, pathologies respiratoires et cardiovasculaires, malformations, pathologies cutanées...

Seuls un petits nombres d'articles font le lien avec une exposition préconceptionnelle. Des études supplémentaires seraient nécessaires afin de pouvoir analyser plus précisément le concept de programmation fœtale à partir du concept de la DOHaD développé un peu plus haut dans ce mémoire.

Il ne faut pas oublier que la plupart des études ont été réalisés à l'étranger, les taux de pollution sont plus élevés qu'en France et ils ne bénéficient pas de législation précise même si l'OMS fait valeur de référence internationale dans ce domaine. Cependant, la législation en ce qui concerne les polluants varie d'un pays à l'autre. En effet, aux Etats Unis, la limite pour la concentration moyenne de $PM_{2,5}$ est de $12\mu g/m^3$ alors que dans l'Union Européenne cette limite est fixée à 25.

Cependant, depuis quelques années, on peut noter une amélioration quant aux taux de polluants, mais cette amélioration reste encore insatisfaisante. Les valeurs journalières et annuelles à proximité du trafic routier restent souvent dépassées en ce qui concerne les PM_{10} et les $PM_{2,5}$. Selon un rapport de Airparif de 2017, cinq polluants ne respectent pas les normes fixées. Il s'agit de l'ozone, du benzène, les particules PM_{10} , $PM_{2,5}$ et du dioxyde d'azote. Ces dépassements ont surtout lieu en région parisienne et près des grands axes routiers. Du fait de ce

non respect des directives, la France est en contentieux avec la commission européenne pour deux polluants : les PM₁₀ et le dioxyde d'azote.

D'autres polluants respectent les limites fixées mais pas les objectifs qualités qui permettent d'assurer une protection efficace de l'environnement et de la santé, les polluants concernés sont le benzène, les PM_{2,5} et l'ozone.

Pour améliorer ce travail il faudrait y rajouter des références mais pour cela il est préférable d'attendre que de nouvelles études récentes soient faites notamment sur les impacts placentaires et approfondir le versant des effets à long terme sur l'enfant. Enfin il conviendrait aussi d'intégrer les nouveaux polluants dits polluants émergents.

Selon le gouvernement, il s'agit de « substances rencontrées dans l'environnement grâce aux améliorations de la surveillance et des méthodes d'analyse, elles ont pour caractéristique principale une absence de connaissances sur leur toxicité. Elles sont également caractérisés par leurs effets à long terme sur la santé de par leur agrégation et leur persistance ».

Il existe 3 sortes de polluants émergents :

- Substances pharmaceutiques et les produits de soins corporels
- produits chimiques industriels et domestiques
- produits de dégradation des substances pharmaceutiques

Ce qu'on retrouve actuellement sont les stéroïdes, les antioxydants, les désinfectants, les phtalates, les produits de dégradation des détergents non ioniques, les retardateurs de flamme. (77). Il serait intéressant de voir quels effets peuvent avoir ces nouveaux polluants.

Il est également très important de rappeler l'importance d'agir sur les polluants de l'air intérieur, il existe d'ailleurs des formations destinées aux professionnels de santé qui rappellent les principales sources de polluants intérieurs et les conseils pratiques pour prévenir au mieux cette pollution dans l'environnement des femmes enceintes.

Car il ne faut pas oublier que la pollution atmosphérique n'est pas le seul problème, les effets ne sont pas seulement attribuables aux polluants de l'air extérieur, car l'exposition est globale, de ce fait on s'expose à un cocktail de produit en même temps qu'on s'expose à la pollution de l'air extérieur.

5.3.LE ROLE DES SAGES FEMMES

La sage femme à un rôle primordiale dans le suivi de la grossesse, de par son statut, elle rencontre la femme lors de consultations prénatales. C'est un moment privilégié pour discuter de la santé de la femme, faire le point sur les éventuels problèmes médicaux, lui donner des informations sur les éventuels impacts des polluants de l'air et ainsi prévenir des risques chimiques possibles.

Il existe depuis maintenant plusieurs années un projet nommé « projet FEES » qui vise à mettre en place des solutions pour réduire l'exposition aux polluants de l'air intérieur, cosmétiques et alimentaires à travers des sessions d'informations destinées aux professionnels de santé.

Le thème de l'environnement extérieur reste assez peu abordé au cours des consultations prénatales, en effet l'accent est plus volontiers porté sur les problèmes de tabagisme ou la pollution de l'air intérieur. (77)

Ainsi il faudrait penser à mettre en place plus de formations, quelles soient initiales ou continues sur le sujet de la pollution de l'air extérieur et même peut être commencer ces formations dans le cadre des études de sage femme. En effet il existe encore trop peu d'informations concernant les moyens de protection des femmes enceintes vis à vis des polluants de l'air extérieur à ce jour, et même si des moyens existent ils sont assez peu appliqués car pas assez connus du public.



Il existe des exposés réalisés par des groupes hospitaliers ou par des fondations comme « le souffle » qui rappelle que le port de masques classiques dit chirurgicaux est inutile car certains polluants peuvent les traverser, pour se protéger il faudrait porter des masques FFPI (masque de protection respiratoire) mais ils sont difficiles à supporter sur une longue durée. Le but est de connaître soi-même les risques d'une exposition aux polluants de l'air pour ensuite informer et conseiller correctement les femmes enceintes.

Figure 5 : Masque FFPI.

Les femmes enceintes constituent une population vulnérable pour laquelle il faut tout mettre en œuvre pour les conseiller et les informer sans pour autant les angoisser. Le but n'est pas que la pollution de l'air devienne anxiogène pour la femme, elle ne peut pas éviter d'y être confrontée, la pollution de l'air est présente partout, l'objectif est de diminuer cette exposition au mieux.

C'est aussi une population qui ne connaît pas forcément les risques que peut engendrer une exposition aux polluants de l'air sur sa santé et celle de son enfant. C'est pourquoi nous avons un réel devoir d'informations et peut être dans l'avenir mettre en place des dépliants sur ce sujet qu'on laisserait dans les salles d'attentes comme il en existe déjà sur la pollution de l'air intérieur.

Il existe des moyens assez simples pour diminuer l'exposition des femmes enceintes aux polluants de l'air, c'est pourquoi j'ai créé une brochure assez simple qui pourrait être présente dans les salles d'attente avec les principaux conseils pour éviter une exposition trop importante aux polluants atmosphériques pendant la grossesse. (ANNEXES II et IV).

6. CONCLUSION

La population mondiale est confrontée au problème de la pollution de l'air. Les femmes enceintes et les fœtus y sont donc forcément exposés. La pollution de l'air peut paraître invisible et inoffensive mais les substances gazeuses/particulaires peuvent être absorbées par l'organisme et pénétrer dans la circulation systémique.

Depuis quelques années les études concernant les polluants atmosphériques s'enrichissent et ont permis de démontrer les effets négatifs qu'ils peuvent avoir sur la grossesse et l'enfant à venir.

Ces effets peuvent impacter directement les femmes enceintes et leur fœtus mais aussi avoir des conséquences qui se manifestent plus tard dans la vie de l'enfant.

Au vue de ces conséquences qui peuvent s'avérer dangereuses pour la santé de la femme et son enfant, les autorités de santé nationales et internationales mettent en place des normes pour le contrôle des polluants de l'air et des plans d'actions qui visent à protéger et prévenir les populations des éventuels dangers mais aussi à réduire les émissions de ces polluants dans l'air.

Les polluants qui sont soumis à ces contrôles sont le monoxyde de carbone, l'oxyde d'azote, les particules fines, certains métaux lourds, l'ozone et le dioxyde de soufre. Mais il en existe bien d'autres qui ne font pas encore l'objet d'études scientifiques et ne sont donc pas soumis à des normes.

L'objectif de ce mémoire était de faire un point sur les connaissances dont nous disposons actuellement sur les effets qu'une exposition aux polluants de l'air peut engendrer sur la grossesse et le fœtus à court puis long terme.

Les résultats de l'ensemble des articles étudiés dans le cadre de cette revue de la littérature nous confirment l'existence d'effets néfastes sur la santé de la femme et celle du fœtus puis du nouveau né.

En effet, une exposition aux polluants de l'air en période de gestation mais aussi en période préconceptionnelle augmenterait le risque de développer un diabète gestationnel, augmenterait le risque de faire de l'hypertension ou une pré éclampsie et engendrerait un stress plus important mais le manque de littérature à ce sujet nous amène à rester prudent quant à ce risque. Chez le nouveau né une exposition aux polluants augmenterait le risque d'un faible poids de naissance et de prématurité, également un risque de développer des problèmes cardio vasculaires, respiratoire plus fréquents et des maladies telles que l'eczéma ou l'autisme, les études sont encore peu nombreuses et assez inconstantes à propos des résultats sur les maladies au long terme que peut développer l'enfant.

Au niveau placentaire, le manque de connaissances concernant les mécanismes d'actions des polluants rend notre analyse difficile.

Le but de cette revue de la littérature n'est pas d'inquiéter les femmes mais de les prévenir sur les éventuels risques d'une exposition aux polluants de l'air pendant la grossesse. Il serait intéressant de faire un point sur les connaissances des professionnels de santé au contact des femmes enceintes en ce qui concerne les polluants de l'air et leurs possibles impacts sur la grossesse et le fœtus.

Ainsi on pourrait mettre en place un document accessible aux femmes enceintes et en âge de procréer avec des recommandations pour prévenir les risques d'une exposition aux polluants de l'air. Mais il ne faut pas oublier de former les professionnels de santé quant aux risques encourus par les femmes enceintes et leur fœtus suite à une exposition aux polluants de l'air. Ils pourraient bénéficier également d'une brochure leur rappelant les plus gros risques que peut provoquer une exposition aux polluants de l'air extérieur et les conseils à donner aux femmes enceintes lors des consultations prénatales. (ANNEXE III)

Il serait intéressant de mettre en place une formation initiale ou continue comme il en existe déjà pour la pollution de l'air intérieur et les cosmétiques (projet FEES).

7. BIBLIOGRAPHIE

1. Association nationale pour la prévention et l'amélioration de la qualité de l'air. (2011). La législation sur l'air. Repéré à: <http://www.respire-asso.org/la-legislation-sur-lair/>
2. Organisation mondiale de la santé. (2014). 7 millions de décès prématurés sont liés à la pollution de l'air chaque année. Repéré à: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/fr/>
3. Centre internationale de recherche sur le cancer. (2013). La pollution atmosphérique une des premières causes environnementales de décès par cancer. Communication de presse n°221, Lyon, Genève. Repéré à: https://www.iarc.fr/fr/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221_F.pdf
4. Charpin D, Pairon J-C, Annesi-Maesano I. (2016). La pollution atmosphérique et ses effets sur la santé respiratoire. Document d'experts du groupe pathologies pulmonaires professionnelles environnementales et iatrogéniques (PAPPEI) de la Société de pneumologie de langue française (SPLF). *Revue des maladies Respiratoires* 33(6), 484- 508.
5. Erba S, Escande-Vilbois S, Fellingner F. (2015). La gestion des pics de pollution de l'air. Publication n° 010227- 01. Repéré à <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-25363-rapport-mission-pics-pollution.pdf>
6. Tarrade A, Rousseau-Ralliard D, Dahirel M. (2014). L'exposition maternelle aux gaz d'échappement de moteur diesel au cours de la gestation affecte le développement foeto-placentaire: validation du modèle lapin. Colloque ARET Eco-Géno-Toxicologie des nanomatériaux. Paris : SFTG.
7. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. (2016). La pollution de l'air extérieur. Repéré à <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-pollution-air-exterieur.pdf>.
8. Macret D. (2016). La grossesse, «une période de grande vulnérabilité nécessitant des précautions». Repéré à: <http://sante.lefigaro.fr/actualite/2016/02/01/24559-grossesse-periode-grande-vulnerabilite-necessitant-precautions>
9. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. (2018). Les oxydes d'azote (NOx) - Définition, sources d'émission et impacts. Repéré à: <http://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/dossier/oxydes-dazote-nox/definition-sources-demission-impacts>
10. Bertheliet A. (2017). Qu'est-ce que la pollution à l'ozone, ce gaz typiquement estival? Repéré à: http://www.huffingtonpost.fr/2017/06/21/quest-ce-que-la-pollution-a-lozone-ce-gaz-typiquement-estival_a_22527549/
11. Association pour la prévention de la pollution atmosphérique. (2017). L'ozone: origine et formation. Repéré à: <http://www.appanpc.fr/Pages/article.php?art=195>

12. Figaro santé. Ozone - Quels sont les effets secondaires de l'ozone sur la santé? *Figaro Santé*. Page consultée le 24 novembre 2017. Repéré à: <http://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/environnement/ozone/quels-sont-effets-secondaires-lozone-sur-sante>
13. Organisation mondiale de la santé. (2018). Qualité de l'air ambiant et santé Repéré à: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/fr/>
14. Kim K-H, Kabir E, Kabir S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International* (74), 136-143. doi : 10.1016/j.envint.2014.10.005
15. Organisme mondiale de la santé. (2016). Les niveaux de pollution atmosphérique en hausse dans un grand nombre de villes parmi les plus pauvres au monde. Repéré à: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution->
16. Amrouche I. Pollution particules fines. [billet de blogue]. Repéré à: <https://allergies.ooreka.fr/astuce/voir/353991/pollution-particules-fines>
17. Mandard S. (2017). Pollution de l'air : l'Anses préconise des limites d'exposition aux particules fines plus strictes. Repéré à: http://www.lemonde.fr/pollution/article/2017/05/23/pollution-de-l-air-l-anses-preconise-des-limites-d-exposition-aux-particules-fines-plus-strictes_5132773_1652666.html
18. Association Santé Environnement France. (2017). Les métaux lourds. Repéré à: <http://www.asef-asso.fr/production/les-metaux-lourds-la-synthese-de-lasef/>
19. Institut Nationale de Veille Sanitaire. (2015). *Réglementation sur la qualité de l'air*. Repéré à: <http://invs.santepubliquefrance.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Air-et-sante/Reglementation-sur-la-qualite-de-l-air>
20. Station de mesure de la qualité de l'air. (s. d.) Dans *Wikipédia, l'encyclopédie libre*. Repéré le 16 mars 2018. à: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Station_de_mesure_de_la_qualit%C3%A9_de_l%27air&oldid=140352859
21. Air Paris association de surveillance de la qualité de l'air. (2008). Les critères nationaux de la qualité de l'air. Repéré à: <https://www.airparif.asso.fr/reglementation/normes-francaises>.
22. Philippe H, Soueidan A, Le Borgne H. (2016). Maladies parodontales et grossesse. Repéré le 17 novembre 2017. Disponible à: <http://www.cngof.fr/>
23. Wadell G. (2005). Suivi des cytologies anormales au cours de la grossesse. *Fédération des médecins omnipraticiens du Québec* 41(4), 89.
24. Nikasinovic L. (2017). Exposition prénatale à la pollution atmosphérique extérieure et grossesse. *Revue de Médecine Périnatale* 9(3), 134- 45.
25. Bloch J, Scherrer U, Sartori C. (2007). Programmation fœtale : un facteur de risque méconnu des maladies cardiovasculaires et métaboliques. *Revue Médicale Suisse* 3(32638)

26. Épigénétique. (s. d.). Dans *Wikipédia, l'encyclopédie libre*. Repéré le 7 janvier 2018 à : <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%89pig%C3%A9n%C3%A9tique&oldid=143205323>
27. Medina S. (2015). *La surveillance des risques liés à la pollution atmosphérique extérieure*. Présenté aux Journées de la prévention et de la santé publique à Paris. Repéré à : <http://inpes.santepubliquefrance.fr/jp/cr/pdf/2015/MEDINA.pdf>
28. Charles L, Emelianoff C, Ghorra-Gobin C. (2007). Les multiples facettes des inégalités écologiques. *Développement durable et territoires* 1(9). doi: 10.4000/developpementdurable.3892.
29. Walker G, Fairburn J, Graham S. (2003). *Environmental quality and social deprivation*. Repéré à : https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291071/se2-067-1-tr-e-e.pdf
30. Mitchell G, Dorling D. (2003). An Environmental Justice Analysis of British Air Quality. *Environ Plan A* 35(5), 909- 929. doi: 10.1068/a35240
31. Schepman T. (2015). Riches ou pauvres, qui souffre le plus de la pollution ? Repéré à : <https://www.nouvelobs.com/rue89/rue89-planete/20150715.RUE9889/riches-ou-pauvres-qui-souffre-le-plus-de-la-pollution.html>
32. Equitarea (<http://www.equitarea.org/index.php/fr/>) est un site français spécialisé dans l'exploration des contributions des expositions environnementales aux inégalités sociales de santé.
33. Cherpeau N. (2016). Courir et pollution de l'air : quels risques pour la santé ? [Billet de blogue]. Repéré à : <http://www.courir-plus-loin.com/courir-et-pollution-de-lair-quels-risques-pour-la-sante/>
34. Lapointe G. (2014) *Notions de toxicologie*. Repéré à : http://www.cnesst.gouv.qc.ca/publications/200/Documents/dc_200_348.pdf
35. Ménager MT, Garnier-Laplace J, Gayffon M. (2009). *Toxicologie nucléaire environnementale et humaine*. Repéré à : <https://www.lavoisier.fr/livre/environnement/toxicologie-nucleaire-environnementale-et-humaine/menager/descriptif-9782743011741>.
36. Analytical Toxicology. Toxicocinétique. Repéré le 23 octobre 2017. Disponible à : <https://www.analyticaltoxicology.com/toxicocinetique/>
37. Dadvand P, Figueras F, Basagaña X. (2013). Ambient Air Pollution and Preeclampsia: A Spatiotemporal Analysis. *Environ Health Perspect* 121(11,12), 1365-1371. doi: 10.1289/ehp.1206430
38. Van Den Hooven EH, De Kluizenaar Y, Pierik FH. (2011). Air Pollution, Blood Pressure, and the Risk of Hypertensive Complications During Pregnancy: The Generation R Study. *Hypertension* 57(3), 406- 412. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.164087

39. Olsson D, Mogren I, Forsberg B. (2013). Air pollution exposure in early pregnancy and adverse pregnancy outcomes: a register-based cohort study. *BMJ Open* 3(2). doi: 10.1136/bmjopen-2012-001955.
40. Mobasher Z, Salam MT, Goodwin TM. (2013). Associations between Ambient Air Pollution and Hypertensive Disorders of Pregnancy. *Environmental Research* 123, 9- 16. doi: 10.1016/j.envres.2013.01.006.
41. Lin Y, Zhou L, Xu J. (2017). The impacts of air pollution on maternal stress during pregnancy. *Sci Rep* 7. doi: 10.1038/srep40956.
42. Robledo CA, Mendola P, Yeung E. (2015). Preconception and early pregnancy air pollution exposures and risk of gestational diabetes mellitus. *Environ Res* 137, 316- 22. doi: 10.1016/j.envres.2014.12.020.
43. Shen H-N, Hua S-Y, Chiu C-T. (2017). Maternal Exposure to Air Pollutants and Risk of Gestational Diabetes Mellitus in Taiwan. *Int J Environ Res Public Health* 14(12), 1604. doi: 10.3390/ijerph14121604.
44. Pan S-C, Huang C-C, Lin S-J. (2017). Gestational diabetes mellitus was related to ambient air pollutant nitric oxide during early gestation. *Environmental Research* 158, 318- 323. doi: 10.1016/j.envres.2017.06.005.
45. Hu H, Ha S, Henderson BH. (2015). Association of Atmospheric Particulate Matter and Ozone with Gestational Diabetes Mellitus. *Environmental Health Perspectives* 123(9), 853- 859. doi: 10.1289/ehp.1408456.
46. Stanković A, Mitrović V, Zivadinović R. (2011). Influence of air pollution on pregnant women's health and pregnancy outcomes. *Medecinski Pregled* 64(5- 6), 279- 284. Repéré à: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21789918>.
47. Tsatsaris V, Malassiné A, Fournier T. (2006). Placenta humain. *EMC - Obstétrique I*(1), 1- 22. doi: 10.1016/S0246-0335(06)41336-3.
48. Mathias AA. (2005). P-glycoprotein and breast cancer resistance protein expression in human placentae of various gestational ages. *American Journal of physiology* 289(4), R963- 9. doi: /doi.org/10.1152/ajpregu.00173.2005.
49. Myllynen P, Pasanen M, Pelkonen O. (2005). Human placenta: a human organ for developmental toxicology research and biomonitoring. *Placenta*. 26(5), 361- 371. doi: 10.1016/j.placenta.2004.09.006.
50. Giovannini N, Schwartz L, Cipriani S. (2018). Particulate matter (PM10) exposure, birth and fetal-placental weight and umbilical arterial pH: results from a prospective study. *The journal of Maternal-fetal and neonatal Medicine* 31(5), 651- 655. doi: 10.1080/14767058.2017.1293032.
51. Van Den Hooven, EH, Pierik FH, De Kluizenaar Y. (2012). Air Pollution Exposure and Markers of Placental Growth and Function: The Generation R Study. *Environmental health*

perspectives 120(12), 1753-1759. doi: 10.1289/ehp.1204918.

52. Bijmens E, Zeegers MP, Gielen M. (2015). Lower placental telomere length may be attributed to maternal residential traffic exposure; a twin study. *Environ Int* 79, 1- 7. doi: 10.1016/j.envint.2015.02.008
53. Janssen BG, Munters E, Pieters N. (2012). Placental Mitochondrial DNA Content and Particulate Air Pollution during in Utero Life. *Environmental Health Perspectives* 120(9), 1346- 1352. doi: 10.1289/ehp.1104458
54. Michikawa T, Morokuma S, Yamazaki S. (2016). Exposure to air pollutants during the early weeks of pregnancy, and placenta praevia and placenta accreta in the western part of Japan. *Environ Int* 92 - 93, 464- 470. doi: 10.1016/j.envint.2016.04.037.
55. Reis MMD, Guimarães MT, Braga ALF. (2007). Air pollution and low birth weight in an industrialized city in Southeastern Brazil, 2003-2006. *Revista brasileira de epidemiologia* 20(2), 189- 199. doi: 10.1590/1980-5497201700020001.
56. Hjortebjerg D, Andersen AMN, Ketzel M. (2016). Associations between maternal exposure to air pollution and traffic noise and newborn's size at birth: A cohort study. *Environ Int* 95, 1- 7. doi: 10.1016/j.envint.2016.07.003.
57. Kingsley SL, Eliot MN, Glazer K. (2017). Maternal ambient air pollution, preterm birth and markers of fetal growth in Rhode Island: results of a hospital-based linkage study. *Journal of epidemiology and Community Health* 71(12), 1131- 1136. doi: 10.1136/jech-2017-208963.
58. Fais AS, Rhoads GG, Demissie K. (2015). Ambient air pollution and the risk of stillbirth. *Am J Epidemiol* 176(4), 308-316. Repéré à: <https://f1000.com/prime/717952722>
59. Fleischer NL, Merialdi M, Van Donkelaar A. (2014). Outdoor Air Pollution, Preterm Birth, and Low Birth Weight: Analysis of the World Health Organization Global Survey on Maternal and Perinatal Health. *Environ Health Perspect* 122(4), 425- 430. doi: 10.1289/ehp.1306837
60. Janghorbani M, Piraei E. (2013). Association between air pollution and preterm birth among neonates born in Isfahan, Iran. *Journal of Research in Medical Sciences* 18(10), 875- 881. Repéré à: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3897072/>
61. Bertin M, Chevrier C, Serrano T. (2015). Association between prenatal exposure to traffic-related air pollution and preterm birth in the PELAGIE mother-child cohort, Brittany, France. Does the urban-rural context matter? *Environ Res* 142, 17- 24. doi: 10.1016/j.envres.2015.06.005.
62. Marozienne L, Grazuleviciene R. (2002). Maternal exposure to low-level air pollution and pregnancy outcomes: a population-based study. *Environ Health* 1(1), 6. doi: 10.1186/1476-069X-1-6.
63. Ren S, Haynes E, Hall E. (2017). Periconception Exposure to Air Pollution and Risk of Congenital Malformations. *The Journal of Pediatrics* 193(6), 76-84. doi: 10.1016/j.jpeds.2017.09.076

64. Lin Y-T, Lee YL, Jung C-R. (2014). Air pollution and limb defects: a matched-pairs case-control study in Taiwan. *Environ Res* 132, 273- 280. doi: 10.1016/j.envres.2014.04.028
65. Hwang B-F, Jaakkola JJK. (2008). Ozone and Other Air Pollutants and the Risk of Oral Clefts. *Environment Health Perspectives* 116(10), 1411- 1415. doi: 10.1289/ehp.11311.
66. Baiz N, Dargent-Molina P, Wark JD. (2017). Gestational exposure to urban air pollution related to a decrease in cord blood vitamin d levels. *J Clin Endocrinol Metab* 97(11), 4087- 95. doi: 10.1210/jc.2012-1943.
67. Aguilera I, Pedersen M, Garcia-Esteban R. (2012). Early-Life Exposure to Outdoor Air Pollution and Respiratory Health, Ear Infections, and Eczema in Infants from the INMA Study. *Environ Health Perspect* 121(3). doi: 10.1289/ehp.1205281.
68. Madsen C, Haberg SE, Magnus MC. (2017). Pregnancy exposure to air pollution and early childhood respiratory health in the Norwegian Mother and Child Cohort Study (MoBa). *BMJ Open* 7(12):e015796. doi: 10.1136/bmjopen-2016-015796.
69. Vrijheid M, Martinez D, Manzanares S. (2011). Ambient Air Pollution and Risk of Congenital Anomalies: A Systematic Review and Meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* 119(5), 598- 606. doi: 10.1289/ehp.1002946.
70. Hansen CA, Barnett AG, Jalaludin BB. (2009). Ambient Air Pollution and Birth Defects in Brisbane, Australia. *PLoS ONE* 4(4), e5408. doi: 10.1371/journal.pone.0005408.
71. Nelva A. (2002). Pollution de l'air et risque de malformation en Californie du Sud. *Environnement risques et santé* 1(2). Disponible à: http://www.jle.com/fr/revues/ers/e-docs/pollution_de_l_air_et_risque_de_malformation_en_californie_du_sud__3200/breve.phtml?tab=texte
72. Chen EK-C, Zmirou-Navier D, Padilla C. (2014). Effects of Air Pollution on the Risk of Congenital Anomalies: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11(8), 7642- 7668. doi: 10.3390/ijerph110807642.
73. Yorifuji T, Kashima S, Diez MH. (2017). Prenatal exposure to outdoor air pollution and child behavioral problems at school age in Japan. *Environment International* 99, 192- 198. doi: 10.1016/j.envint.2016.11.016.
74. Flores-Pajot M-C, Ofner M, Do MT. (2016). Childhood autism spectrum disorders and exposure to nitrogen dioxide, and particulate matter air pollution: A review and meta-analysis. *Environ Res* 151, 763- 776. doi: 10.1016/j.envres.2016.07.030.
75. Lu C, Deng L, Ou C. (2017). Preconceptional and perinatal exposure to traffic-related air pollution and eczema in preschool children. *Journal of Dermatological Science* 85(2), 85- 95. doi: 10.1016/j.jdermsci.2016.11.004.
76. Bell ML, Belanger K. (2012). Review of research on residential mobility during pregnancy: consequences for assessment of prenatal environmental exposures. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 22(5), 429- 438. doi: 10.1038/jes.2012.42

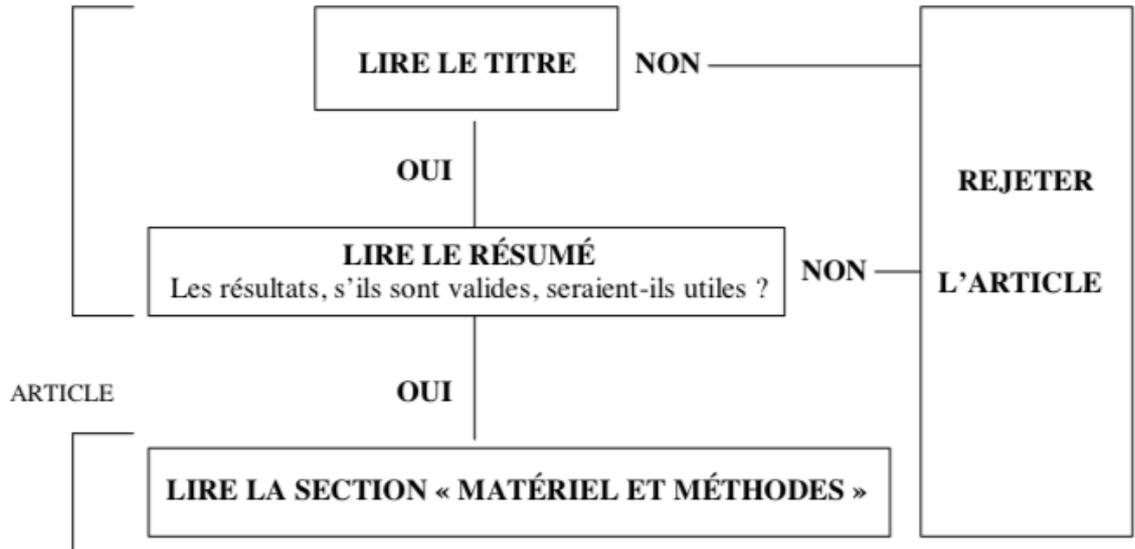
77. Gomez E. (2016, mai). *Les polluants émergents : de nouveaux défis pour la gestion des eaux souterraines*. Colloque sur les polluants émergents, de nouveaux défis pour la gestion des eaux souterraines à Orléans. Repéré à: <http://www.brgm.fr/evenement/polluants-emergents-nouveaux-defis-gestion-eaux-souterraines>

78. Arlet P, Brillac T, Gasc L. (2013). *Et pour nos enfants*. Repéré à <http://guides.bib.umontreal.ca/disciplines/20-Citer-selon-les-normes-de-l-APA?tab=108>

ANNEXE I

Les premières étapes de sélection d'un article médical (ANAES, Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations)

LISTING



ANNEXE II

Propositions de conseils pratiques à donner aux femmes enceintes et en âge de procréer

- 1- **S'informer de la qualité de l'air** à l'aide des sites internet comme Airparif /Prev'air ou à l'aide d'application mobile comme « Plume air ». Il existe également des sources d'informations locales comme « atmo Haut de France ».
- 2- **Limiter les sorties en extérieur** lors des pics de pollution.
- 3- **Eviter de faire du sport** en extérieur en cas de pics de pollution. On sait qu'un individu qui marche inhale 15 litres d'air par minute et jusqu'à 100 litres lors d'activités d'endurance.
- 4- **Limiter les balades près des grands axes routiers** le matin ou en fin d'après midi quand le trafic est embouteillé.
- 5- **Eviter de sortir aux heures les plus chaudes** durant l'été, les concentrations de polluants sont plus élevées.
- 6- Choisir correctement son moyen de transport, **limiter la voiture** pour des petits trajets, plutôt privilégier les transports en commun.
- 7- **Consommer plus d'anti oxydants** comme des mûres/framboises ou des asperges/brocolis qui peuvent lutter contre les éléments qui oxydent l'organisme comme les polluants.
- 8- **Prendre une douche** en rentrant peut limiter une partie de l'exposition aux polluants.
- 9- Porter un **masque est inutile** contre certains polluants comme les particules fines qui peuvent le traverser.

ANNEXE III

Proposition de brochure pour les professionnels de santé

Qualité de l'air
Pollution
Circulation alternée
Mesures
PM10
Santé publique
Moyenne d'année
Pollution atmosphérique
Mesures
Aggravations
Environnement
Santé

Un problème de santé publique

La pollution atmosphérique est un problème capital pour la santé de l'homme, il y aurait 3 millions de personnes décédées prématurément en 2012 du fait de l'exposition à la pollution de l'air extérieur, de ce fait, la pollution atmosphérique constitue la troisième cause de décès en France.

Source: OMS (organisation mondiale de la santé)

Quelques notions

Qu'est que la pollution?

Selon l'OMS la pollution de l'air correspond à "la contamination de l'environnement intérieur ou extérieur par un agent chimique, physique ou biologique qui modifie les caractéristiques naturelles de l'atmosphère. Les appareils utilisés pour la combustion au sein des foyers, les véhicules automobiles, les établissements industriels et les feux de forêt sont des sources fréquentes de pollution atmosphérique"

Pollution atmosphérique et grossesse

Quelques conseils pour protéger au mieux les femmes enceintes des effets de la pollution extérieure.

Les principaux impacts:

- Du côté maternel :
 - augmentation du risque de diabète gestationnel
 - augmentation du risque d'hypertension ou de pré-éclampsie
- Du côté foetal:
 - augmentation des petits poids de naissance
 - augmentation du nombre de prématuré
 - Augmentation du risque de malformations



Comment réduire son exposition aux polluants?

- 1- - **S'informer de la qualité de l'air** à l'aide des sites internet comme Airparif, à l'aide des applications mobiles comme « Plume air » ou des sources locales d'information comme atmo.
- 2- **Limiter les sorties en extérieur** lors des cas de pics de pollution.
- 3- **Eviter de faire du sport** en cas de pics de pollution. On sait qu'un individu qui marche inhale 15 litres d'air par minute et jusqu'à 100 litres lors d'activités d'endurance.
- 4- **Limiter les balades près des grands axes routiers** le matin ou en fin d'après midi quand le trafic est embouteillé.
- 5- **Eviter de sortir aux heures les plus chaudes** où les concentrations de polluants sont plus élevées.
- 6- Choisir correctement son moyen de transport, **limiter la voiture** pour des petits trajets, privilégier les transports en commun.
- 7- **Consommer des anti oxydants** comme des mûres ou des brocolis peut aider à lutter contre les éléments qui oxydent l'organisme comme les polluants.
- 8- **Prendre une douche** en rentrant peut limiter une partie de l'exposition.
- 9- Porter un **masque est inutile** car certains polluants peuvent le traverser.

ANNEXE IV

Proposition de brochure à destination des femmes enceintes



La pollution atmosphérique

Quelques conseils pour se protéger au mieux des polluants de l'air extérieur pendant la grossesse



La grossesse est un moment privilégié dans la vie d'une femme, il faut en prendre soin.

La pollution de l'air intérieur

L'air extérieur n'est pas le seul élément pour lequel il faut prêter attention. En effet, l'air intérieur peut également être pollué, voici les principaux conseils :

- ✓ Aérer son logement quotidiennement entre 10 et 15 minutes
- ✓ Limiter les polluants intérieurs comme le tabac, les pesticides (répulsif à insectes) et les produits odorants
- ✓ Faire vérifier par un professionnel ses appareils de combustion (cheminée)

Vous pouvez retrouver plus de conseils sur le projet FEES (femmes enceintes environnement et santé)



La pollution atmosphérique peut avoir des répercussions sur la santé pendant la grossesse, il convient de s'en prémunir.



Comment réduire son exposition aux polluants de l'air extérieur ?

- 1- **S'informer de la qualité de l'air** à l'aide des sites internet comme Airparif, à l'aide des applications mobiles comme « Plume air » ou des sources locales d'information comme atmo.
- 2- **Limiter les sorties en extérieur** lors des cas de pics de pollution.
- 3- **Eviter de faire du sport** en cas de pics de pollution. On sait qu'un individu qui marche inhale 15 litres d'air par minute et jusqu'à 100 litres lors d'activités d'endurance.
- 4- **Limiter les balades près des grands axes routiers** le matin ou en fin d'après midi quand le trafic est embouteillé.
- 5- **Eviter de sortir aux heures les plus chaudes** où les concentrations de polluants sont plus élevées.
- 6- Choisir correctement son moyen de transport, **limiter la voiture** pour des petits trajets, privilégier les transports en commun.
- 7- **Consommer des anti oxydants** comme des mûres ou des brocolis peut aider à lutter contre les éléments qui oxydent l'organisme comme les polluants.
- 8- **Prendre une douche** en rentrant peut limiter une partie de l'exposition.
- 9- Porter un **masque est inutile** car la plupart des polluants peuvent le traverser.

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'ETAT DE SAGE FEMME
ANNEE 2018

TITRE :

Pollution atmosphérique et grossesse. Vers des grossesses polluées ?

AUTEUR :

Anastasia Chauviere

Sous la direction de :

Pr D. Cuny et Mme M. Rousseau

MOTS CLEFS :

Polluants atmosphériques et grossesse, impacts fœtaux, impacts placentaires, polluants de l'air extérieur.

RESUME :

Introduction À l'heure actuelle, la pollution de l'air constitue un sujet préoccupant en plus d'être un véritable problème de santé publique.

La femme enceinte et le fœtus constituent une population vulnérable qui est constamment confrontée à la pollution atmosphérique. L'objectif de ce mémoire est de réaliser une synthèse des différents effets que peuvent avoir les polluants de l'air sur les pathologies de la grossesse et sur le fœtus à court et long terme.

Matériel et méthode : Ce mémoire bibliographique se base sur une revue de la littérature des articles parus en anglais et en français.

Résultat Diabète gestationnel, hypertension, pré éclampsie, stress, anémie chez la femme enceinte, petits poids de naissance, prématurité, malformations, problème cardiaque, problème respiratoire, eczéma, autisme chez le nouveau né sont autant d'impacts possibles pour une exposition préconceptionnelle et prénatale aux polluants de l'air.

Les particules fines, le dioxyde d'azote et de soufre avec l'ozone sont les polluants principalement incriminés.

Conclusion Pendant la grossesse il faut rester prudent face aux polluants atmosphériques. Les effets incriminés peuvent s'avérer important pour la santé de la femme et de l'enfant à naître. Il serait intéressant de poursuivre le travail quand des données plus actuelles sortiront sur ce sujet.