



**EHESP**

---

**Ingénieur du génie sanitaire**

Promotion : **2010-2011**

Date du Jury : **11 octobre 2011**

---

**L'exposition prénatale aux polluants  
de l'air intérieur et les stratégies  
d'information de la femme enceinte**

---

**Judith TRIQUET**

**Structure d'accueil :**

APPA Nord - Pas de Calais

**Référents professionnels :**

Corinne SCHADKOWSKI

Caroline CHAMBON

**Référent pédagogique :**

Nathalie BONVALLOT

---

# Remerciements

---

Je remercie tout d'abord M. Daniel FURON, président du comité régional Nord – Pas de Calais de l'APPA, pour m'avoir permis de réaliser ce mémoire à l'association.

Je tiens à remercier tout particulièrement Mme Corinne SCHADKOWSKI, directrice de l'APPA Nord – Pas de Calais et référent professionnel, pour avoir accepté que je réalise mon mémoire à l'association, pour son accueil et son aide.

Un grand merci à Mlle Caroline CHAMBON, Chargée d'études à l'APPA et référent professionnel, pour m'avoir suivi tout au long de ce mémoire, pour ses conseils et sa disponibilité.

Je remercie également Mme Nathalie BONVALLOT, ingénieur d'étude à l'EHESP et référent pédagogique, pour m'avoir conseillé et aidé pendant ce mémoire, et pour le temps qu'elle m'a accordé.

Merci également à Mme Zohra BEDREDDINE, documentaliste au siège de l'APPA, pour son aide lors de mes recherches documentaires.

Je remercie également toutes les personnes interrogées lors de cette étude, pour le temps qu'ils m'ont consacré.

Merci à Mlle Aurore DECONINCK, chargée de projets, Mme Marie-Amélie RZEPKA-CUNY et Mlle Laetitia DAVRANCHE, chargées d'études, pour leur accueil à l'APPA.

Enfin, merci à Julie, Marie-Céline et Florent, stagiaires à l'APPA, pour leur bonne humeur.

---

# Sommaire

---

Introduction .....	1
1 Contexte et enjeux de l'étude .....	3
1.1 Contexte de l'étude .....	3
1.2 Enjeux et objectifs du travail.....	3
1.3 La qualité de l'air intérieur .....	4
1.4 Le développement embryo-fœtal et la notion de fenêtre de vulnérabilité .....	5
1.4.1 Le développement embryo-fœtal.....	5
1.4.2 Les fenêtres de vulnérabilité pendant la grossesse .....	6
2 Les polluants de l'air intérieur et leurs impacts sur le développement prénatal.....	9
2.1 Identification des polluants .....	9
2.1.1 Revue bibliographique.....	9
2.1.2 Inventaire des polluants .....	10
2.2 Sélection des polluants d'intérêt.....	15
2.3 Caractéristiques et effets sanitaires des polluants d'intérêt .....	17
3 Comparaison de l'exposition par inhalation avec d'autres voies et milieux .....	25
3.1 Les phtalates.....	25
3.2 Le plomb .....	27
3.3 Le chlorpyrifos.....	28
4 Mise en place de stratégies d'information.....	31
4.1 Situation de la région Nord - Pas de Calais .....	31
4.1.1 Contexte socio-économique de la région.....	31
4.1.2 Le suivi de grossesse en Nord – Pas de Calais.....	31
4.2 Messages à destination des femmes enceintes .....	32
4.2.1 Messages « officiels » .....	32
4.2.2 Messages « non officiels » .....	34
4.3 Entretiens avec des professionnels de santé et de la petite enfance, et des femmes enceintes.....	35
4.3.1 Méthode .....	35
4.3.2 Résultats .....	38
4.4 Proposition de stratégies d'information.....	42
4.4.1 Les professionnels de santé et de la petite enfance .....	42
4.4.2 Les femmes enceintes .....	44
4.4.3 Les femmes en âge de procréer.....	46
5 Discussion.....	47

5.1	Les recherches bibliographiques .....	47
5.2	Les stratégies d'information .....	48
	Conclusion.....	51
	Bibliographie.....	53
	Liste des figures.....	57
	Liste des tableaux.....	57
	Liste des annexes.....	I

---

## Liste des sigles utilisés

---

AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

AI : Air Intérieur

ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

APPA : Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique

ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry

BDSP : Banque de Données en Santé Publique

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

CMR : Cancérogène, Mutagène et/ou Reprotoxique

DEHP : Phtalate de di-(2-éthylhexyle)

DiBP : Phtalate de diisobutyle

HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

INPES : Institut National de Promotion et d'Education pour la Santé

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

MEHP : Phtalate de mono-(2-éthylhexyle)

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

PCB : Polychlorobiphényles

PMI : Protection Maternelle et Infantile

PNSE : Plan National Santé Environnement

PRSE : Plan Régional Santé Environnement

RSEIN : Recherche Santé Environnement Intérieur

US EPA: US Environmental Protection Agency

VGAI : Valeur Guide de l'Air Intérieur

WECEF: Women in Europe for a Common Future

## Introduction

L'Homme, dans son environnement, est constamment entouré d'une multitude de polluants chimiques, physiques ou biologiques. Malgré ce qui pourrait être pensé, l'Homme est plus exposé à la pollution à l'intérieur de locaux qu'à l'extérieur, et notamment dans son logement. En effet, dans les espaces clos, l'air est contaminé non seulement par les substances émises par l'habitat, mais aussi par l'entrée de l'air extérieur dans celui-ci. Des études ont montré qu'environ 10 % des logements présentent une concentration très importante en polluants (Sabin et al. 2011).

Cette pollution est susceptible de porter atteinte à la santé humaine, et surtout à celle des populations les plus fragiles, comme les enfants ou les femmes enceintes. Ces dernières, suite à l'inhalation de substances, peuvent contaminer leur bébé. Or, le fœtus connaît d'importantes phases de modifications morphologiques, ce qui le rend plus vulnérable. Mais les connaissances sur l'exposition prénatale aux polluants de l'air intérieur sont encore faibles et peu connues par la population. C'est pourquoi il est nécessaire d'approfondir ces connaissances et d'informer les femmes enceintes sur les comportements potentiellement à risque pour leur fœtus, et ainsi ne pas mettre en danger la santé du bébé dès la naissance et pour toute sa vie. En effet, « si un enfant naît en bonne santé, cela constitue la base d'une vie saine » (OMS 1999).

Ce mémoire présentera tout d'abord, après quelques éléments de contexte et des informations générales sur l'air intérieur et le développement embryo-fœtal, un inventaire des polluants chimiques pouvant être retrouvés dans l'air intérieur, la sélection des polluants d'intérêt pour cette étude et leurs caractéristiques et effets sur la santé. Puis, une comparaison entre diverses voies et milieux d'exposition sera présentée pour deux polluants et une famille (le plomb, le chlorpyrifos et les phtalates). Ensuite, après avoir fait état des entretiens réalisés avec des professionnels de la périnatalité, de la petite enfance et des femmes enceintes, des stratégies d'information seront proposées. Enfin, les recherches bibliographiques effectuées et les stratégies d'information seront discutées.

# **1 Contexte et enjeux de l'étude**

## **1.1 Contexte de l'étude**

Des liens entre qualité de l'air intérieur et santé sont aujourd'hui mis en évidence et certains polluants présentent des risques d'effets néfastes sur l'enfant pendant la grossesse. En effet, durant la période prénatale, le fœtus connaît une phase de développement et de modifications morphologiques profondes, puis une phase de croissance intense. Ceci conduit à penser qu'à ces moments-là, une exposition du fœtus, et donc a fortiori de la femme enceinte, pourrait avoir un impact différent de celui existant pour un adulte ou un enfant. Le fœtus représente donc une population vulnérable vis-à-vis de certains polluants, même si les effets sont encore très peu connus.

Le Plan National Santé Environnement 2 (PNSE2), dans sa fiche action n°6, a fixé comme l'un de ses objectifs la protection de la santé et de l'environnement des enfants, et notamment grâce à trois de ses actions :

- Action 17 : réduire l'exposition des enfants et des femmes enceintes ou en âge de procréer aux substances les plus dangereuses
- Action 18 : mieux gérer les risques liés aux reprotoxiques et aux perturbateurs endocriniens
- Action 20 : améliorer la prise en compte de la sensibilité particulière des enfants, des femmes enceintes ou en âge de procréer dans l'expertise des risques

C'est donc dans le cadre du Plan Régional Santé Environnement 2 (PRSE 2), en cours d'élaboration, de la région Nord - Pas de Calais, que l'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique (APPA) souhaite favoriser l'information des femmes enceintes sur les impacts des polluants de l'air intérieur sur le fœtus. De plus, l'APPA est déjà engagée dans des projets de formations des professionnels de la petite enfance et voudrait donc étendre ces formations aux professionnels intervenant pendant la grossesse.

## **1.2 Enjeux et objectifs du travail**

Les effets des polluants de l'air intérieur sur le développement du fœtus sont peu connus par la population. En effet, les effets néfastes de ceux-ci sont très difficiles à mettre en évidence. Une meilleure connaissance des polluants, de leur moment d'action durant la grossesse, et des éventuels effets associés permettra de cibler les messages

d'information à faire passer aux femmes enceintes aux différentes étapes de leur grossesse.

L'enjeu de cette étude est donc de connaître davantage les polluants pouvant avoir un effet néfaste sur le fœtus et d'informer au mieux les futures mamans afin qu'elles puissent éviter des comportements « à risque » pour le fœtus. Cela ne peut se faire que grâce à la collaboration et l'aide de professionnels accompagnant les femmes enceintes tout au long de leur grossesse. En effet, ceux-ci sont leurs principaux interlocuteurs, et peuvent donc transmettre un message de prévention.

L'objectif principal de ce travail consiste alors à établir un programme d'actions concernant l'exposition prénatale des polluants de l'air intérieur pour 2012, et qui aura pour but la formation de professionnels de santé et de la petite enfance et l'information des femmes enceintes en région Nord - Pas de Calais.

### **1.3 La qualité de l'air intérieur**

Une personne passe, en moyenne, 80 à 90 % de son temps dans des espaces clos et 67,3 % de son temps journalier au domicile (Zeghnoun et al. 2010). De nombreuses études montrent que l'air intérieur est souvent plus chargé en polluants que l'air extérieur (kalpana\_2005). En effet, ces polluants peuvent avoir pour source l'air extérieur (le trafic routier par exemple), mais également des sources internes à l'habitat. Parmi ces sources, peuvent être cités : le tabac, les combustions (chauffage, appareils de cuisson), les matériaux de bricolage et d'ameublement ou encore les produits ménagers... La pollution peut donc être de plusieurs natures : physique (radon...), microbiologique (moisissures, acariens, allergènes d'animaux...) ou chimique (composés organiques volatils ou semi-volatils, pesticides...). La présence de l'homme dans l'habitat représente également une source de pollution, car celui-ci, en respirant, produit du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau, source d'humidité.

Les connaissances de ces polluants et de leurs effets sur la santé sont de mieux en mieux documentées. Pourtant, il reste très difficile de faire une estimation précise de leurs impacts sur la santé lors d'une exposition à l'intérieur de l'habitat. En effet, les expositions sont très hétérogènes suivant les modes de vie des personnes (Kalpana et al. 2005), et les polluants forment un « effet cocktail » très difficile à apprécier, car ceux-ci sont généralement étudiés individuellement.

Afin de mieux connaître les polluants de l'air intérieur, leurs sources et leurs effets sur la santé, l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) a été créé en 2001. Il a réalisé en 2003 une étude dans près de 600 logements français ayant pour objectif la mesure de la pollution dans l'habitat. Cette étude a donc permis une meilleure



connaissance des polluants majoritaires dans les logements, ainsi que leur(s) source(s) et leur concentration, ceci en vue d'élaborer des valeurs guides de l'air intérieur, VGAI. Ces VGAI sont des « cibles sanitaires à atteindre pour protéger la santé des personnes » (ANSES 2011).

D'après le Baromètre Santé Environnement 2007 de l'Institut National de Promotion et d'Education pour la santé (INPES), concernant la pollution de l'air intérieur, 48,4 % des personnes interrogées se sentent plutôt bien informées, 41,1 % plutôt mal informées, et 10,2 % n'en ont jamais entendu parler (Menard et al. 2008). L'information du public sur la pollution à l'intérieur des logements est donc nécessaire, et notamment pour assurer la santé des enfants, des femmes enceintes et de leur futur bébé.

## **1.4 Le développement embryo-fœtal et la notion de fenêtre de vulnérabilité**

### **1.4.1 Le développement embryo-fœtal**

La période prénatale est une phase de grand développement et de croissance pour le futur bébé. La vie embryonnaire et fœtale peut donc représenter une période de forte vulnérabilité vis-à-vis des polluants de l'air intérieur. Il est pourtant très difficile de l'affirmer, car même si les effets des polluants sur la santé sont largement étudiés chez l'homme enfant ou adulte, les connaissances sur leurs impacts durant la période prénatale sont encore partielles.

La phase prénatale est divisée en deux périodes : la période embryonnaire et la période fœtale.

La période embryonnaire dure 56 jours à compter de la fertilisation. Durant cette période, la plupart des systèmes d'organes se développent avec une très grande rapidité. Les glandes sexuelles se différencient également à ce moment-là, en testicules ou ovaires. C'est donc pendant cette phase que des malformations peuvent apparaître et que le futur bébé est le plus vulnérable. Les premiers mouvements actifs apparaissent à la fin de la période embryonnaire.

La période fœtale suit la période embryonnaire. Durant cette période, les organes développés lors de la période embryonnaire croissent et se différencient. Elle a lieu de la 9<sup>ème</sup> semaine jusqu'à la naissance ([www.embryology.ch](http://www.embryology.ch)).

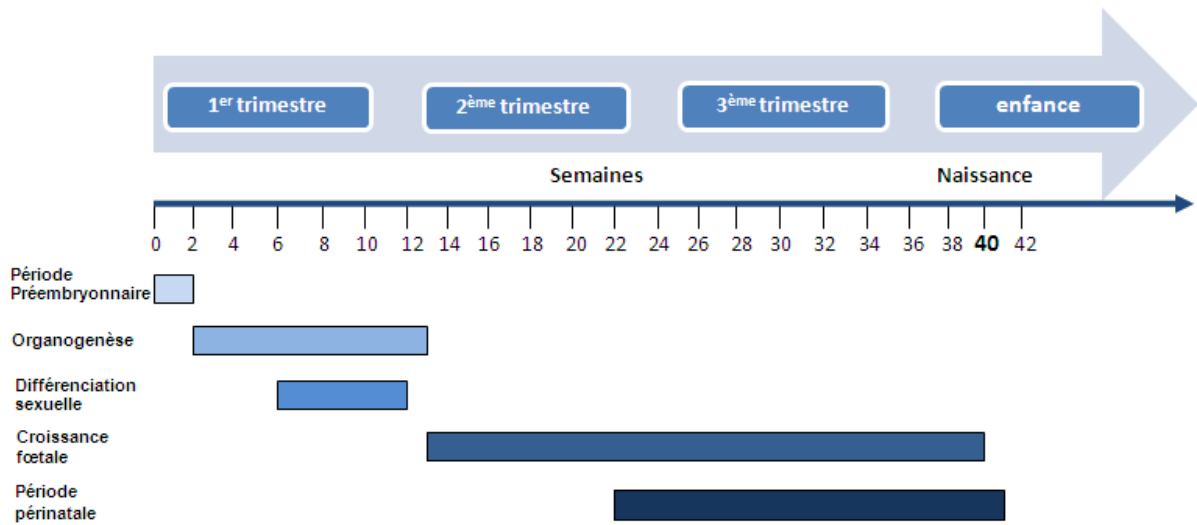
## 1.4.2 Les fenêtres de vulnérabilité pendant la grossesse

Au cours du développement embryonnaire et fœtal, les différents organes et fonctions associées se développent à des stades différents. Le développement prénatal représente un processus complexe durant lequel de nombreux bouleversements ont lieu. Chacun de ces stades présente donc des sensibilités particulières aux polluants. Les conséquences chez l'homme dépendent alors de la période d'exposition appelée « fenêtre de vulnérabilité », où la vulnérabilité du fœtus est particulièrement importante. En effet, selon le moment de la grossesse durant lequel l'exposition a lieu, les effets engendrés ne seront pas les mêmes. Les expositions au cours du premier trimestre de grossesse peuvent avoir comme effet des malformations majeures (des organes ou lors de la différenciation sexuelle), tandis que les expositions plus tardives correspondent à des malformations plus mineures (restriction de croissance) ou à des effets neurocomportementaux.

Pendant la grossesse, cinq fenêtres d'exposition existent :

- De 0 à 15 jours : il s'agit de la **période pré embryonnaire**, durant laquelle l'œuf va se développer et se déplacer dans l'utérus ou non. Cette période détermine donc si la grossesse va avoir lieu, c'est une période du « tout ou rien ».
- Du 15<sup>ème</sup> jour à la fin du 3<sup>ème</sup> mois a lieu l'**organogenèse**. Les organes se forment et se développent. C'est lors de cette fenêtre de vulnérabilité que des malformations peuvent apparaître.
- Entre la 6<sup>ème</sup> et la 12<sup>ème</sup> semaine de grossesse intervient la **différenciation sexuelle** avec la détermination des gonades mâles ou femelles. C'est lors de cette période que les perturbateurs endocriniens, substances interférant avec le système hormonal, peuvent induire des anomalies. Par exemple, si ceux-ci bloquent la testostérone, des malformations congénitales peuvent apparaître chez les garçons.
- A partir du 4<sup>ème</sup> mois et jusqu'à la naissance se situe une période correspondant à la **croissance fœtale**. Les organes formés lors des périodes précédentes grandissent. C'est alors que des retards de croissance peuvent se produire suite à l'exposition à des substances toxiques.
- Du 154<sup>ème</sup> jour de gestation au 7<sup>ème</sup> jour après la naissance (définition de l'Organisation Mondiale de la Santé, OMS) a lieu la **période périnatale**. Durant cette période, le développement neurologique s'opère : migration neuronale, myélinisation, croissance neuritique, synaptogenèse. Une exposition à certains polluants peut alors avoir des effets comportementaux sur le futur bébé.

Certaines de ces fenêtres de vulnérabilité se superposent durant la grossesse comme le montre la figure ci-après.



**Figure 1 : Les fenêtres de vulnérabilité pendant la grossesse**

## **2 Les polluants de l'air intérieur et leurs impacts sur le développement prénatal**

### **2.1 Identification des polluants**

#### **2.1.1 Revue bibliographique**

Une grande partie de ce projet consiste en une revue bibliographique des informations disponibles sur les polluants pouvant être retrouvés dans les habitations, leurs sources d'émission, leurs caractéristiques et leurs impacts éventuels sur le fœtus.

Tout d'abord, un inventaire des polluants présents dans l'air intérieur doit être réalisé. Pour cela, de nombreuses sources d'informations ont été utilisées :

- Publications scientifiques issues de sites internet tels que PubMed ou Science Direct avec pour requête « indoor air pollutants »
- Revues scientifiques : Bulletins de veille scientifique du réseau Recherche Santé Environnement Intérieur (RSEIN), revues « Air Pur », « Environnement, Risques et Santé »...
- Rapports de l'OQAI
- Ouvrages : Le guide de l'habitat sain par Suzanne et Pierre DEOUX, Environnement et grossesse de René FRYDMAN
- Des documents internes à l'APPA

Ensuite, les sources de pollution ont été identifiées pour chaque polluant, à l'aide de moteurs de recherche, avec pour requête le nom des polluants, ainsi que des documents issus de la littérature scientifique et de la littérature grise, notamment des rapports d'agences françaises et internationales.

Enfin, afin de connaître les caractéristiques physico-chimiques et les effets des polluants sur le fœtus après inhalation par la mère, ce qui a représenté la majeure partie du travail, les ressources utilisées ont été diverses : publications scientifiques issues de sites internet tels que PubMed, Science Direct ou Google Scholars, avec pour requête le nom des polluants complété de « indoor air » et « fœtus », ou encore des bases de données d'agences françaises et internationales : INERIS, INRS, OQAI, Santé Canada, ATSDR, BDSP, OMS, US EPA. Ces sources documentaires ont également permis de savoir si des mesures de ces polluants avaient déjà été effectuées dans les logements.

## 2.1.2 Inventaire des polluants

Les polluants de l'air intérieur peuvent être de nature très diverses et avoir de nombreuses sources. Dans le cadre de cette étude, seuls les polluants de nature chimique ont été étudiés.

Les polluants pouvant être retrouvés dans l'habitat comprennent la fumée de tabac (plus de 4 000 substances), le monoxyde de carbone, le monoxyde d'azote, le dioxyde de soufre, l'ammoniac, le bisphénol A, des retardateurs de flammes, des pesticides, des éthers de glycol, des aldéhydes, des phtalates ...

Au total, 236 polluants ont été répertoriés. La liste complète des polluants se trouve en annexe 1 de ce rapport.

Ces polluants peuvent ensuite être regroupés suivant une propriété commune ou leur appartenance à une famille chimique. Les principales familles de polluants retrouvés dans l'air intérieur sont présentées ci-après.

### A) Les composés organiques volatils

Les composés organiques volatils constituent une famille de plusieurs milliers de composés ayant de nombreuses sources d'émission : mobilier, peintures, colles, vernis...

#### Les éthers de glycol

Les éthers de glycol sont des solvants hydrophiles et lipophiles utilisés en grande quantité depuis les années soixante. Leur famille compte environ 80 dérivés, dont une vingtaine peut être retrouvée dans l'air intérieur. Ils sont notamment retrouvés dans les peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien ou encore les cosmétiques (INSERM 1999).

Chaque éther de glycol possède ses propres caractéristiques toxicologiques. Certains d'entre eux ont un effet sur la reproduction, comme l'éthylène glycol méthyle éther (EGME) ou le triéthylène glycol diméthyle éther (TEGDME) ; d'autres ont un effet irritant, c'est le cas de l'éthylène glycol n-butyle éther (EGBE) irritant pour les yeux et la peau et l'acétate de 1-propylène glycol 2-méthyle éther (1PG2MEA) irritant pour les voies respiratoires (INRS « Les éthers de glycol » 2009).

En France, certains éthers de glycol sont réglementés et même interdits dans les produits à usage domestique, les cosmétiques et les médicaments : l'EGME, l'EGMEA, l'EGEE, l'EGEEA, l'EGBE, le DEGBE, le DEGEE, l'EGDME, le DEGDME, le TEGDME (Blandin 2008).

### Les aldéhydes

Les aldéhydes sont principalement retrouvés dans l'habitat : produits de construction, de décoration, produits ménagers, de bricolage. Les concentrations peuvent être 2 à 10 fois plus élevées à l'intérieur des locaux qu'à l'extérieur (Blandin 2008).

Les aldéhydes sont des irritants pour la peau, les muqueuses et les voies respiratoires. Le plus connu, le formaldéhyde, est un produit cancérigène pour l'homme, classé dans le groupe 1 par le Centre International de Recherche sur le Cancer, CIRC, (agent cancérigène pour l'homme), et 2A par l'Union Européenne (agent probablement cancérigène pour l'homme). Il fait également partie de la liste des substances CMR (Cancérigène, Mutagène et/ou toxique pour la reproduction) (Blandin 2008).

### Les alcanes

Dans l'habitat, les alcanes ont principalement pour source des produits de bricolage (white-spirit, colles pour sol, vernis à bois, cires), des produits d'entretien comme les nettoyeurs pour sol, des désodorisants et des moquettes ou tapis.

Les effets des alcanes sur la santé sont très divers, le dodécane peut avoir une influence sur la réponse immunitaire, le n-undécane entraîne de faibles poids de naissance chez les nouveau-nés et le n-hexane peut avoir pour conséquence des retards de croissance (Lehman et al. 2002, American chemistry Council 2004, INRS « hexane » 2008).

### Les hydrocarbures aromatiques

Les hydrocarbures aromatiques pouvant être retrouvés dans l'habitat sont des solvants dans les peintures, les vernis, les encres... ce sont des liquides, volatils à température ambiante, incolore et d'odeur agréable perceptible à des concentrations entre 1 et 12 ppm (INRS « les hydrocarbures aromatiques » 2011).

Dans la famille des hydrocarbures aromatiques, les composés les plus connus sont le benzène, le toluène, l'éthylbenzène ou encore le styrène. Ils ont des effets toxiques communs : irritations de la peau et des muqueuses, atteinte du système neurologique (INRS « les hydrocarbures aromatiques » 2011), mais ont aussi des propriétés propres à chacun d'entre eux : le benzène entraîne par exemple des lymphopathies et des hémopathies malignes et a été classé dans le groupe 1 par le CIRC et groupe 1 par l'Union Européenne (cancérigène chez l'homme) (INRS « benzène » 2007). Lors d'une exposition pendant la grossesse, les hydrocarbures aromatiques peuvent être responsables d'avortements spontanés, de faibles poids de naissance ou encore de retard de croissance fœtale (INERIS « benzène » 2006, Slama et al. 2009, AFSSET 2010).

### Les terpènes

Les terpènes sont produits par de nombreuses plantes, surtout les conifères. Ils sont principalement utilisés pour leur qualité odoriférante, et sont par conséquent présents dans les huiles essentielles, les parfums et cosmétiques, les produits d'entretien, mais sont également retrouvés dans les peintures et le mobilier (INRS « dipenthène » 2010, Santé Canada 2008, Araujo et al. 1996).

Des études chez l'animal ont montré que les terpènes pouvaient être responsables de malformations du squelette, de faibles poids de naissance et de retards de développement (Araujo et al. 1996, INRS « dipenthène » 2010).

## **B) Les composés organiques semi-volatils**

Les composés organiques semi-volatils sont plus lourds que les composés organiques volatils. Ils sont non volatils à température ambiante mais le deviennent au contact d'une source de chaleur.

### Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les HAP sont des polluants ubiquitaires ayant pour source tous types de combustion : chauffage, feux de biomasse, cuisine, fumée de tabac... (Choi et al. 2006).

Une exposition à certains HAP durant la grossesse peut entraîner des troubles neurocomportementaux et du développement intellectuel, ou encore des faibles poids de naissance. C'est notamment le cas du naphthalène et du benzo(a)pyrène (Perera et al. 2009, Choi et al. 2008).

### Les phtalates

Les phtalates sont des liquides organiques très peu solubles dans l'eau, mais ayant une forte affinité pour les graisses ou les alcools lourds. Ils sont très peu retrouvés dans l'atmosphère dans des conditions normales de température et de pression (INRS 2004). Ils sont utilisés comme plastifiants conférant une très grande flexibilité au matériau. Une douzaine de phtalates peut être retrouvée dans l'air des logements.

Le caractère toxique des phtalates diffère selon les dérivés. Certains ont été très étudiés et d'autres très peu. Le plus connu est le phtalate de di-2-éthylhexyle (DEHP), ayant un effet sur la fertilité et des effets néfastes pour l'enfant pendant la grossesse. Six phtalates, dont le DEHP, ont été interdits dans les jouets et articles de puériculture en PVC souples par la Commission Européenne (INRS « les phtalates » 2004).

### **C) Les alkyl phénols**

Les alkyl phénols sont retrouvés dans les plastiques, les cosmétiques ou encore les produits d'entretien. Cette famille de composés chimiques a été encore peu étudiée, à l'exception de l'octylphénol et du nonylphénol. Ces deux composés sont suspectés d'être des perturbateurs endocriniens <sup>1</sup>(Iwata et al. 2004).

### **D) Les pesticides**

Les pesticides regroupent le plus grand nombre de polluants pouvant être retrouvés dans l'habitat, avec plus de 50 substances. Ils sont divisés en plusieurs familles : les insecticides (les plus nombreux), les herbicides et les fongicides.

Certains pesticides sont très rémanents dans l'environnement et sont donc retrouvés même longtemps après leur interdiction. Leur toxicité est donc due à une exposition de longue durée à de faibles doses, et beaucoup plus rarement à une exposition aiguë (Van Hammée et al. 1999). Les pesticides peuvent avoir des effets neurodéveloppementaux, c'est le cas du chlorpyrifos (Tait et al. 2009), entraîner des retards de croissance fœtale, comme l'atrazine (Chevrier et al. 2011), ou encore des malformations congénitales avec des dysfonctionnements de l'appareil reproducteur, l'heptachlore peut alors être en cause (site internet estis.fr). Certains pesticides ont été interdits en France du fait de leur caractère toxique, comme le DDT en 1972, l'atrazine en 2003 ou l'alachlore en 2008.

### **E) Les gaz inorganiques**

Les gaz inorganiques ont de nombreuses sources naturelles et anthropiques. Ils sont principalement émis dans le logement lors de combustions : chauffage, cuisine, fumée de tabac...

L'un des gaz inorganiques les plus rencontrés dans les habitations est le monoxyde de carbone ou CO. Il peut être émis par des appareils de chauffage ou de production d'eau chaude, par des cuisinières au gaz ou encore par la fumée de tabac. Chez le fœtus, il peut avoir des effets néfastes sur les fonctions respiratoires et également entraîner une restriction du poids de naissance (Delcroix et al. 2006).

### **F) Les retardateurs de flammes**

Les retardateurs de flammes sont retrouvés dans le mobilier, les textiles, les mousses, les plastiques, mais également les composants électriques et électroniques. Ce

---

<sup>1</sup> Substance exogène modifiant la (les) fonction(s) du système hormonal et provoquant ainsi des effets nocifs sur l'organisme d'un être vivant, sa descendance ou sur des populations.



sont des produits chimiques utilisés pour améliorer le comportement au feu de certains matériaux combustibles, en réduisant le risque de départ de feu. Si la combustion a lieu, celle-ci est retardée et sa propagation est limitée.

Il existe différents types de retardateurs de flammes : les bromés (les plus couramment utilisés), les chlorés, ceux contenant de l'azote ou des systèmes intumescent, des minéraux (composés d'aluminium et de magnésium), du phosphate... Du fait de leur grande diversité, la toxicité des retardateurs de flammes varie d'un composé à l'autre. Par exemple, les retardateurs de flammes bromés de type PBDE ont des effets neurotoxiques et sont des perturbateurs endocriniens qui entraînent des cryptorchidies<sup>2</sup> chez les garçons (Vorkamp et al. 2011), tandis que les retardateurs de flammes à base de phosphate ont pour effet une réduction du poids de naissance et une réduction du nombre de mâles dans une population exposée chez l'animal (ATSDR 2009). Certains sont interdits à la vente dans l'Union Européenne, comme les éthers de penta et d'octabromodiphényle depuis le 15 août 2004 (EFRA 2004).

### **G) Les métaux**

Différents métaux peuvent être trouvés dans l'air intérieur, notamment le plomb, le nickel, le mercure, le manganèse ou encore le cadmium ou le cuivre. Les sources de ces polluants sont très différentes d'un métal à l'autre. Par exemple, le cadmium a pour origine la fumée de tabac, des engrais, des composants électriques ou électroniques, la combustion d'énergies fossiles, tandis que le plomb provient de peintures anciennes.

Les effets sur la santé chez le fœtus sont : de faibles poids de naissance, des atteintes du système nerveux central ou encore, pour certains métaux, des malformations congénitales et des avortements spontanés (INERIS « plomb » 2003, INERIS « cuivre » 2005, INERIS « zinc » 2005, INERIS « cadmium » 2005, INERIS « nickel » 2006, INERIS « cobalt » 2006, INERIS « manganèse » 2007, INERIS « mercure » 2010, Berkowitz et al. 2006).

### **H) Les composés organoétains**

Les composés organoétains sont principalement utilisés comme plastifiants (du PVC notamment), pour des traitements anti-acariens et anti-moisissures de certains tapis et revêtements de sol PVC.

Les effets des organoétains sur la santé sont encore très peu documentés à ce jour. Il a cependant été montré, lors de tests sur l'animal, qu'une exposition durant la grossesse au triphénylétain avait pour conséquence un faible poids du bébé à la naissance (Makoto et al. 1997).

---

<sup>2</sup> Absence uni ou bilatérale de testicules dans la cavité du scrotum.

## **I) Les particules**

Les particules sont un mélange de matière organique et minérale et sont divisées en trois classes selon leur diamètre aérodynamique : PM10 (diamètre aérodynamique moyen inférieur à 10 µm), PM2.5 (diamètre aérodynamique moyen inférieur à 2,5 µm) et les particules ultrafines. Dans l'habitat, elles sont émises dans la fumée de tabac, lors de la cuisson d'aliments et également par les émissions du trafic routier pénétrant dans le logement.

Les particules ont essentiellement un effet sur la croissance fœtale. En effet, celles-ci entraînent des retards de croissance et de faibles poids de naissance (Gray et al. 2010).

## **2.2 Sélection des polluants d'intérêt**

Après avoir réalisé une recherche bibliographique large, 236 polluants ont été répertoriés. Il est donc nécessaire de sélectionner certains d'entre eux, sachant que seuls les polluants de nature chimique sont considérés dans cette étude, afin de pouvoir en faire une étude plus approfondie et proposer des stratégies d'information ciblées. Plusieurs critères ont donc été utilisés pour faire cette sélection.

Le premier critère de sélection est celui de l'impact éventuel ou non sur le fœtus. Les polluants ont donc été triés comme suit :

- Présence d'effet chez le fœtus humain (prouvé dans la littérature scientifique)
- Effet possible, car prouvé chez l'animal ou fortement suspecté chez l'homme
- Absence d'effet
- Manque d'information sur les effets possibles chez le fœtus

N'ont été retenus que les polluants de la première catégorie, présence d'effet chez le fœtus humain. Cinquante-six polluants sont alors encore pris en compte.

Le deuxième critère utilisé a été l'existence de données concernant l'exposition en air intérieur. Les polluants n'ayant jamais été mesurés lors d'études ou de campagnes de mesures ont ainsi été éliminés. Il reste alors 30 polluants.

Le troisième critère de sélection consiste à savoir si les polluants possèdent un mécanisme de perturbation endocrinienne. En effet, les perturbateurs endocriniens sont de plus en plus étudiés du fait de leurs impacts néfastes sur les fœtus. Depuis quelques années le nombre de malformations congénitales a augmenté et les perturbateurs endocriniens sont régulièrement mis en cause (Colborn et al. 1993). Ce critère permet de sélectionner 20 polluants : les composés de la fumée de tabac, le benzo(a)pyrène, les polychlorobiphényles (PCB), le trichloroéthylène, le tétrachloroéthylène, le benzène, le

toluène, le styrène, le formaldéhyde, le phtalate de di-2-éthylhexyle, le phtalate de diisobutyle, le plomb, le chlorpyrifos, le chlordane, l'aldrine, la dieldrine, l'endosulfan, le DDT, l'atrazine et l'alachlore (cf. annexe 2).

Afin de mettre en place une stratégie d'information efficace à destination des femmes enceintes, une seule source de pollution doit être ciblée pour pouvoir adresser un message clair. Par conséquent, les 20 polluants restant ont été classés selon leur(s) source(s) dans l'air intérieur.

Le tableau situé en annexe 3 récapitule les sources des différents polluants. Une partie est consacrée aux sources actuelles de pollution, et une autre aux anciennes sources de pollution. En effet, certains polluants ne sont plus retrouvés dans les produits vendus aux particuliers aujourd'hui, mais leur persistance dans l'environnement oblige à les considérer dans cette étude, même si un message de prévention ne pourra pas forcément être formulé pour ceux-ci, mais des conseils peuvent être donnés pour limiter les expositions.

L'objectif du travail étant de mettre en place une stratégie d'information, d'autres considérations ont ensuite amené à resserrer encore cette liste.

- Les effets engendrés par le tabac ont déjà été très documentés et de grandes campagnes de communication ont été mises en œuvre, c'est pourquoi cette source de pollution sera écartée pour la suite de l'étude.
- En prenant en considération uniquement les sources actuelles de pollution (une stratégie d'information ne pouvant pas être mise en place pour les sources anciennes dans le cadre de cette étude), il apparaît que les produits de bricolage représentent le plus grand nombre de polluants dans l'air intérieur.
- L'arrivée d'un enfant pouvant provoquer des modifications de l'environnement intérieur (travaux d'aménagement), le bricolage représente une source de pollution plus importante

Ces produits peuvent être rencontrés lors des travaux de préparation de la chambre du futur bébé. Dans ce cas, peuvent également être pris en compte les polluants attribués au mobilier et à l'aménagement (textiles, décoration,...).

Les polluants émis lors de l'aménagement de la chambre du futur bébé sont donc ceux étudiés. Ces composés sont au nombre de huit : le trichloroéthylène, le tétrachloroéthylène, le benzène, le toluène, le styrène, le formaldéhyde, le phtalate de di-2-éthylhexyle et le phtalate de diisobutyle.

## 2.3 Caractéristiques et effets sanitaires des polluants d'intérêt

Une recherche plus poussée sur les 8 polluants sélectionnés a été réalisée. Pour ce faire, les recherches ont été faites sur des bases de données telles que celles de l'INRS ou de l'INERIS, ainsi que dans des publications scientifiques trouvées sur Science Direct, PubMed ou Google Scholars.

### A) Trichloroéthylène (famille des hydrocarbures halogénés)

Le trichloroéthylène est un liquide incolore, d'odeur douce détectable dès 50 à 100 ppm de substance dans l'air. Dans l'environnement, le trichloroéthylène a uniquement une origine anthropique, et une grande part des émissions se retrouve dans l'atmosphère. C'est un solvant utilisé dans l'industrie textile pour le nettoyage du coton, de la laine et dans la fabrication des adhésifs, des peintures, des vernis et des pesticides (INERIS « trichloroéthylène » 2005). Il est donc souvent retrouvé dans des maisons rénovées ou en cours de rénovation (Lehman et al. 2002).

Le trichloroéthylène est rapidement et intensivement absorbé par l'organisme via toutes les voies d'exposition, l'inhalation étant toutefois la voie d'absorption principale. Il est ensuite réparti dans l'organisme, en particulier dans les tissus adipeux (INRS « trichloroéthylène » 2011). Des études montrent qu'entre 37 et 64 % du trichloroéthylène inhalé est métabolisé, le reste est éliminé par l'organisme (INERIS « trichloroéthylène » 2005). Il est également capable de passer la barrière placentaire. L'organe cible privilégié par le trichloroéthylène est le système nerveux central.

Des études sur le développement ont montré que l'exposition par inhalation au trichloroéthylène de la femme enceinte pouvait avoir pour conséquence un faible poids de naissance et des risques d'anomalies cardiaques chez le fœtus (AFSSET 2009). Un lien significatif entre fentes palatines<sup>3</sup> et exposition au trichloroéthylène a également été récemment montré (INRS « trichloroéthylène » 2011). Le trichloroéthylène est suspecté d'être un perturbateur endocrinien (Nikolova et al. 2010). Il peut donc avoir un effet sur le fœtus durant toute la durée de la grossesse au vu des fenêtres d'exposition associées aux effets décrits précédemment.

Le trichloroéthylène a été mesuré lors de la campagne « logements » de l'OQAI, qui a eu lieu de 2003 à 2005 et a concerné 567 logements. La concentration médiane en trichloroéthylène retrouvée dans les logements est de 1,0 µg/m<sup>3</sup> avec un maximum de 4087,2 µg/m<sup>3</sup> (Kirchner et al. 2006).

---

<sup>3</sup> Absence de substance de la voûte buccale aboutissant à une communication entre le nez et la bouche.

L'AFSSET, Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, devenue ANSES en juillet 2010, a élaboré en 2009 des valeurs guides de l'air intérieur (VGAI) pour le trichloroéthylène :

- VGAI intermédiaire :  $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une exposition d'une durée supérieure à 15 jours et inférieure à un an
- VGAI à long terme :  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les effets chroniques cancérogènes et une durée d'exposition « vie entière », correspondant à un excès de risque de  $10^{-5}$

## **B) Tétrachloroéthylène** (famille des hydrocarbures halogénés)

Le tétrachloroéthylène, ou perchloroéthylène, est un liquide incolore, avec une odeur caractéristique proche de celle du trichloroéthylène (INRS « tétrachloroéthylène » 2004). La présence de tétrachloroéthylène dans l'environnement est d'origine anthropique, et il se retrouve très facilement dans l'atmosphère du fait de son caractère volatil. Il est principalement utilisé comme solvant et pour le nettoyage à sec de textiles. Il est également utilisé pour la fabrication de produits de décoration et de consommation : moquettes, peintures, adhésifs, tapis, vernis (AFSSET 2004 ; INERIS « tétrachloroéthylène » 2008). Il n'est autorisé chez les particuliers que si son émission ne dépasse pas  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (AFSSET 2009).

Le tétrachloroéthylène pénètre dans l'organisme par toutes les voies d'absorption (inhalation, ingestion, cutanée). Après inhalation, il est rapidement absorbé par les voies respiratoires et il s'accumule préférentiellement dans les tissus riches en lipides. Le trichloroéthylène est très peu métabolisé et est éliminé en grande partie par les voies respiratoires (INRS « tétrachloroéthylène » 2004).

Une étude de cohorte rétrospective, réalisée en 1997 par Doyle *et al.*, montre que l'exposition au tétrachloroéthylène par inhalation des femmes enceintes pendant ou 3 mois avant la grossesse entraîne un risque d'avortement spontané (AFSSET 2009 ; INRS « tétrachloroéthylène » 2010). Le tétrachloroéthylène est suspecté d'être un perturbateur endocrinien sur le fœtus, du fait de ses effets sur la fertilité chez l'homme adulte (Nikolova *et al.* 2010 ; site internet du Journal de l'environnement 2011). Le tétrachloroéthylène peut donc avoir essentiellement un impact en début de grossesse.

Des mesures de l'OQAI réalisées lors de la campagne « logements » ont permis de déterminer la concentration médiane en tétrachloroéthylène dans les logements français, à savoir  $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  avec un maximum à  $684,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Kirchner *et al.* 2006).

L'AFSSET a proposé en 2009 des VGAI pour le tétrachloroéthylène :

- VGAI à court terme :  $1380 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une exposition de 1 à 14 jours

- VGAI à long terme : 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une exposition supérieure à un an

### **C) Benzène** (famille des hydrocarbures aromatiques)

Le benzène est un liquide incolore, d'odeur aromatique perceptible à des concentrations de 5 ppm. C'est un solvant utilisé dans un grand nombre de substances naturelles ou de synthèse (INRS « benzène » 2007). Dans l'habitat, les sources de benzène sont multiples : fumée de tabac, combustion, produits de bricolage, ameublement, produits de construction et de décoration, désodorisants, aérosols ou encore produits ménagers (AFSSET 2008).

Le benzène est absorbé par toutes les voies d'exposition, puis est rapidement réparti dans l'organisme, de manière préférentielle dans les tissus riches en lipides. La majeure partie du benzène est ensuite métabolisée par le foie et la moelle osseuse. Seule une faible part est rejetée par l'organisme. Le benzène passe la barrière placentaire (INRS « benzène » 2007).

Pendant la grossesse, une exposition au benzène peut être responsable d'avortements spontanés (INRS « benzène » 2007). De plus, après inhalation, le benzène se retrouve principalement dans la moelle osseuse du fœtus à des concentrations supérieures à celle de la mère (INERIS « benzène » 2006). De faibles poids de naissance ont également été rapportés ainsi que de faibles périmètres crâniens (Slama et al. 2009). Le benzène est suspecté d'être un perturbateur endocrinien chez le fœtus, car des effets sur l'adulte ont été montrés (US EPA 2002). Le benzène a donc un effet tout au long de la grossesse, lors de plusieurs fenêtres de vulnérabilité.

La campagne nationale « logements » de l'OQAI a permis de mesurer la concentration médiane en benzène dans l'habitat : 2,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , avec une concentration maximale de 22,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Kirchner et al. 2006).

L'AFSSET a proposé des VGAI en 2008 pour le benzène, pour des effets hématologiques non cancérogènes (AFSSET 2008):

- VGAI à court terme : 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne sur 14 jours
- VGAI intermédiaire : 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne sur un an
- VGAI à long terme : 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une durée d'exposition supérieure à un an.

#### **D) Toluène** (famille des hydrocarbures aromatiques)

Le toluène est un liquide incolore d'odeur aromatique. Il sert de solvant pour un grand nombre de substances naturelles ou de synthèse (INRS « toluène » 2008). Il est notamment retrouvé dans les peintures, les laques, les vernis, les colles, les résines, les adhésifs, les encres (Costa et al. 2002).

Le toluène entre dans l'organisme principalement par inhalation et ingestion. La voie cutanée est négligeable. Il se distribue ensuite dans les tissus riches en lipides, et préférentiellement le cerveau. Son élimination peut se faire par voie respiratoire, sans modification, ou par les urines, après transformation en acide hippurique principalement (INRS « toluène » 2008).

Une exposition au toluène pendant la grossesse a un impact sur le développement du système nerveux central du fœtus. Les principaux effets sont un retard de croissance et une microcéphalie, ainsi que des malformations : oreilles, cœur, face, reins et membres (INRS\_2008). En grandissant, des retards de développement, du langage, de croissance, des déficits de l'attention, de l'hyperactivité ainsi que des dysfonctionnements cérébraux apparaissent (Costa et al. 2002 ; INRS « toluène » 2010). Le toluène est suspecté d'être un perturbateur endocrinien (Nikolova et al. 2010). Le toluène est d'ailleurs classé en catégorie 3 par l'Union Européenne : « substance préoccupante pour la fertilité dans l'espèce humaine ou pour l'homme en raison d'effets toxiques possible pour le développement » (INERIS 2005). Le toluène a donc des effets lors de l'organogenèse, de la différenciation sexuelle, de la croissance fœtale et de la période périnatale.

Lors de la campagne nationale « logements » de l'OQAI, le toluène a été mesuré dans l'air intérieur. La concentration médiane est de 12,2 µg/m<sup>3</sup> ; la concentration maximale retrouvée est de 414,2 µg/m<sup>3</sup> (Kirchner et al. 2006).

L'OQAI n'a pas émis de VGAI pour le toluène. Toutefois, la directive qualité de l'air de l'OMS de 2000, revue en janvier 2011 mais sans modification pour le toluène, est de 260 µg/m<sup>3</sup> pour le toluène sur 7 jours.

#### **E) Styène** (famille des hydrocarbures aromatiques)

Le styrène est un liquide incolore à jaunâtre, dont l'odeur est détectable dès 0,15 ppm. Il est majoritairement retrouvé dans l'environnement à cause de sources anthropiques, mais est également émis, en plus petites quantités, par des sources naturelles (émanation de troncs d'arbres endommagés). Le styrène entre dans la composition de matières plastiques et de matériaux isolants (INERIS « styrène » 2008).

L'absorption du styrène est rapide et se fait principalement par inhalation. Puis, il est réparti dans l'organisme, essentiellement dans les tissus adipeux. Il est ensuite

éliminé par les urines, ou, en quantité plus négligeable, par l'air expiré et les fèces (INRS « styrène » 2006).

Le styrène, lors d'une exposition prénatale, peut induire une diminution du poids de naissance du bébé (INERIS « styrène » 2008). Le styrène est fortement suspecté d'agir comme un perturbateur endocrinien (Nikolova et al. 2010 ; Brown et al. 2000). Le styrène a donc essentiellement un effet lors de deux fenêtres de vulnérabilité : la différenciation sexuelle et la croissance fœtale.

La valeur médiane du toluène mesurée lors de la campagne de l'OQAI est de  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , et la valeur maximale retrouvée dans l'environnement intérieur est de  $35,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Kirchner et al. 2006).

Aucune VGAI pour le styrène n'a été émise par l'OQAI. Seule une valeur de qualité de l'air recommandée par l'OMS existe et est de  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **F) Formaldéhyde** (famille des aldéhydes)

Le formaldéhyde, aux conditions atmosphériques, est un gaz incolore, d'odeur piquante et suffocante (INRS « aldéhyde formique » 2008). Le formaldéhyde peut avoir des sources naturelles (combustion de la biomasse par exemple) ou anthropiques. Il est retrouvé dans un grand nombre de produits : peintures, colles, mobilier, textiles, matériaux de construction, produits ménagers, matériaux de bricolage, pesticides, fumée de tabac et les combustions (chauffage, cuisinières,...). L'air intérieur contribue à hauteur de 98 % à l'exposition totale en formaldéhyde de la population générale (HCSP 2009 ; AFSSET 2007).

Le formaldéhyde est absorbé par l'organisme par inhalation principalement, ingestion, et par voie cutanée en quantité plus négligeable. Après inhalation, le formaldéhyde est rapidement absorbé par les voies aériennes supérieures. Il est ensuite métabolisé en formiate et en dioxyde de carbone et peut intégrer le métabolisme normal. Il peut aussi réagir avec les protéines et l'ADN et former des ponts. L'élimination du formaldéhyde se fait à environ 40 % par expiration de dioxyde de carbone, à environ 17 % par voie urinaire pour le formiate. Le reste du formaldéhyde est incorporé dans les tissus (INRS « aldéhyde formique » 2008). Le formaldéhyde a également la capacité de passer la barrière placentaire (Marozienne et al. 2002).

L'inhalation de formaldéhyde pendant la grossesse peut avoir pour conséquence une diminution du poids de naissance et une augmentation des risques d'avortement spontané (Marozienne et al. 2002 ; National Toxicology Program 2010). Le formaldéhyde est suspecté d'agir comme un perturbateur endocrinien, étant donné son action sur l'animal (National Toxicology Program 2010). Le formaldéhyde peut donc agir lors de plusieurs fenêtres de



vulnérabilité : la période pré embryonnaire, l'organogenèse, la différenciation sexuelle et la croissance fœtale.

Dans l'habitat, la concentration médiane en formaldéhyde, mesurée lors de la campagne nationale « logements » de l'OQAI, est de 19,6 µg/m<sup>3</sup>. La concentration maximale retrouvée dans les logements français est de 86,3 µg/m<sup>3</sup> (Kirchner et al. 2006 ; HCSP 2009).

L'AFSSET a fixé, en 2007, des valeurs guides de l'air intérieur pour le formaldéhyde (AFSSET 2007) :

- VGAI à court terme : 50 µg/m<sup>3</sup> sur 2 heures
- VGAI à long terme : 10 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition supérieure à un an

### **G) Phtalate de di-2-éthylhexyle (DEHP) (famille des phtalates)**

Le phtalate de di-2-éthylhexyle, ou DEHP, est un liquide huileux, incolore, avec une faible odeur. Il fait partie de la famille des phtalates et est utilisé comme plastifiant du PVC pour un grand nombre de produits : matériaux de construction, textiles, jeux, emballages alimentaires...

La population est exposée au DEHP par ingestion principalement, mais également par inhalation ou par voie cutanée. Après inhalation, le DEHP est absorbé dans les voies respiratoires. Après métabolisation, il peut être éliminé par les urines (Kavlock et al. 2002). Le DEHP a la capacité de passer la barrière placentaire et d'intégrer la circulation fœtale (Adibi et al. 2008).

Le DEHP, après une exposition par inhalation, peut avoir pour conséquence une atteinte du développement du fœtus (INRS « les phtalates » 2004). De plus, le DEHP agirait comme un perturbateur endocrinien. L'un des métabolites du DEHP, le MEHP phtalate de mono-(2-éthylhexyle), a la capacité de se fixer *in vitro* au récepteur humain aux œstrogènes (INRS « DEHP » 2010). Des études chez l'animal ont mis en évidence un effet anti-androgénique : non régression des mamelons, diminution de la distance anogénitale, retard de descente des testicules, lésions testiculaires irréversibles et hypospadias<sup>4</sup>. Le DEHP a été classé par l'Union Européenne comme produit toxique pour la reproduction catégorie 2 : T, R61 (risques pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant) (INRS « DEHP » 2010). Le DEHP a donc des effets néfastes sur le fœtus lors de deux fenêtres de vulnérabilité : la période de différenciation sexuelle et l'organogenèse.

Des mesures de concentrations de DEHP dans l'air intérieur ont été réalisées. Les valeurs médianes obtenues varient entre 150 et 450 ng/m<sup>3</sup> (Heudorf et al. 2007).

---

<sup>4</sup> Malformation de l'urètre caractérisée par un méat urinaire situé à la face inférieure de la verge.

Aucune norme ou valeur guide n'existe pour le DEHP en France. Toutefois, il est sur la liste des substances prioritaires de l'ANSES pour établir une VGAI, mais aucune n'a été établie pour le moment.

#### **H) Phtalate de diisobutyle (DiBP) (famille des phtalates)**

Le phtalate de diisobutyle, ou DiBP, fait partie de la famille des phtalates, utilisés majoritairement comme plastifiant pour les matières plastiques et les polymères. C'est un liquide transparent visqueux, émettant peu dans l'atmosphère dans des conditions normales. L'exposition au DiBP peut avoir lieu lors de l'utilisation de peintures, vernis, encre, protection anti-rouille, mais également de matériaux de construction ou d'adhésifs (INRS 2004).

L'absorption du DiBP par l'organisme se fait principalement par ingestion ou inhalation. La voie cutanée est beaucoup plus limitée (INRS « les phtalates » 2004). Après avoir été rapidement métabolisé, le DiBP est ensuite éliminé par les urines. Les métabolites du DiBP ont également la faculté de passer la barrière placentaire et d'atteindre le fœtus (Wittassek et al. 2009).

Le DiBP est un perturbateur endocrinien. En effet, lors d'une étude chez le rat, il a été montré qu'une exposition au DiBP pendant la grossesse a pour conséquence une réduction de la distance anogénitale (Saillenfait et al. 2006). Il a d'ailleurs été classé par l'Union Européenne comme produit toxique pour la reproduction catégorie 2 : T, R61 (risques pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant). Le DiBP peut donc avoir un impact sur le fœtus lors de la différenciation sexuelle.

Aucune norme ou valeur guide n'existe pour le DiBP en France.

En conclusion, les huit polluants sélectionnés peuvent impacter le développement du fœtus tout au long de la grossesse. Les effets après inhalation sont très divers : faible poids de naissance, avortement spontané, retard de développement, effets neurocomportementaux, perturbation endocrinienne... Pour certains d'entre eux, les concentrations retrouvées dans l'habitat sont supérieures à la VGAI ou à la norme de qualité de l'air émise. Des risques pour la santé sont donc possibles.

### **3 Comparaison de l'exposition par inhalation avec d'autres voies et milieux**

L'homme est exposé aux polluants de diverses façons : inhalation, ingestion et contact cutané. Lors cette étude, seules les expositions par inhalation sont prises en considération.

Dans ce paragraphe, la contribution de l'air intérieur est comparée à celles d'autres voies et milieux d'exposition rencontrés dans l'habitat, afin de vérifier que cette source d'exposition n'est pas négligeable. Ce type de comparaison s'avère délicat à effectuer. En effet la littérature scientifique ne permet pas de trouver les pourcentages de contribution des différentes voies d'exposition pour tous les polluants cités dans cette étude. Pour l'illustrer trois polluants, ou famille de polluants, ont été choisis : le plomb, le chlorpyrifos et les phtalates. Ce choix a été effectué selon la quantité d'information disponible dans la littérature scientifique, à partir de la liste des vingt derniers polluants sélectionnés (voir § 2.2).

#### **3.1 Les phtalates**

Les phtalates sont utilisés comme agents plastifiants dans les produits en PVC. N'étant pas liés chimiquement au PVC, ils peuvent migrer, s'évaporer et ainsi se retrouver dans l'air intérieur ou extérieur. Ils peuvent également être retrouvés dans les aliments (Wormuth et al. 2006). De nombreux produits contiennent des phtalates : matériaux de construction, cosmétiques, jouets, emballages alimentaires, insecticides... De nombreux effets des phtalates sur la santé ont été mis en évidence : atteinte du foie, des reins, réduction de la fertilité, malformations fœtales... (Heudorf et al. 2007, Latini 2005)

L'exposition aux phtalates peut se faire par diverses voies : l'ingestion, l'inhalation ou encore par voie cutanée et ce durant toute la vie d'un individu, depuis la vie intra-utérine (Latini 2005).

La voie d'exposition majoritaire aux phtalates chez l'homme est l'ingestion d'aliments, mais les phtalates de faible poids moléculaire peuvent également être absorbés par voie cutanée, et les phtalates volatils par inhalation (Heudorf 2007 ; Kohn et al. 2000).

L'alimentation est ainsi la voie privilégiée pour des phtalates comme le DiBP, le phtalate de di-n-butyle ou le DEHP. Dans ce cas, la contamination des aliments se fait par transfert de phtalates de l'emballage, ou d'un équipement ayant servi à sa préparation,

vers la denrée alimentaire (Wormuth et al. 2006). Le DEHP et le phtalate de diisononyle peuvent également être retrouvés dans les poussières à l'intérieur des habitats et ainsi être ingérés (Abb et al. 2009).

L'air intérieur est aussi une source de contamination par les phtalates. En effet, la plupart des expositions au phtalate de diméthyle sont issues de l'air à l'intérieur des habitations (Wormuth et al. 2006).

La population peut être exposée aux phtalates par voie cutanée, via les cosmétiques et produits d'hygiène corporelle : shampoings, crèmes pour la peau... Le phtalate de diéthyle est principalement responsable de ce type d'exposition (Heudorf et al. 2007).

Chez les enfants, une autre source de contamination existe : les jouets en plastique assouplis par l'ajout de phtalates. Il s'agit même de leur source d'exposition principale, par le fait de porter l'objet à la bouche. Les enfants sont ainsi exposés au DEHP ou au phtalate de diisononyle (Heudorf et al. 2007).

Une autre source importante d'exposition aux phtalates peut avoir lieu lors d'un traitement médical. En effet, de nombreux appareils médicaux contiennent du DEHP, notamment des appareils pour les soins intensifs, l'hémodialyse ou encore les transfusions. Certains médicaments peuvent aussi être une source d'exposition aux phtalates, leur enrobage peuvent contenir du phtalate de dibutyle et ainsi exposer la personne sous traitement (Latini 2005 ; Heudorf et al. 2007). Chez la femme enceinte effectuant de longs séjours hospitaliers, ou lors d'un accouchement par césarienne, le fœtus, ou le nouveau-né, peut être mis en contact avec des phtalates, ce qui peut avoir pour conséquence des effets sur la reproduction ou des atteintes de la thyroïde (Vandentorren et al. 2011).

Par conséquent, pour chaque phtalate, la voie d'exposition majoritaire diffère. Pour le DEHP il s'agit de l'alimentation, qui représente plus de 95 % de l'exposition totale au DEHP pour la population générale. Pour le phtalate de diméthyle, l'air intérieur représente la majeure partie des expositions, et pour le phtalate de diéthyle la voie cutanée est privilégiée via les cosmétiques et produits d'hygiène. Pour des groupes de population spécifiques, comme les enfants ou les personnes malades, les expositions majoritaires ne sont pas les mêmes. L'enfant est exposé au DEHP principalement par ingestion de poussières ou par le fait de mettre des jouets à la bouche. Pour une personne malade, l'exposition au DEHP est très importante via des appareils ou traitements médicaux.

Malgré cela, la plupart des études s'accordent à dire que l'alimentation est la source d'exposition majoritaire aux phtalates pour la population générale.

## 3.2 Le plomb

Le plomb est un métal abondant et ubiquitaire, très utilisé depuis des siècles. Mais l'exposition au plomb, même à de faibles concentrations, peut avoir de graves conséquences sur la santé : presque tous les organes peuvent être touchés, et plus particulièrement le système nerveux central, les reins et le sang. A de fortes concentrations, une exposition au plomb peut entraîner la mort (Tong et al. 2000).

L'exposition au plomb de la population est associée à diverses sources (peintures, aliments, essence ...) et différentes voies d'exposition (air, poussières, sol, eau, aliments). C'est pourquoi il est difficile d'évaluer la contribution de chacune des voies d'exposition, car celle-ci diffère selon les zones géographiques et les populations.

Les différentes expositions sont donc les suivantes (Garnier 2005):

- Par l'air : en l'absence de pollution spécifique, la concentration en plomb dans l'air est comprise entre 10 et 100 ng/m<sup>3</sup>. En général, dans les villes françaises, cette concentration est inférieure à 0,2 µg/m<sup>3</sup>. La concentration en plomb dans l'air intérieur est en moyenne égale à 60 % de celle dans l'air extérieur.
- Par le sol et les poussières : cette source d'exposition est très dépendante de l'habitat. En effet, des concentrations élevées seront retrouvées dans des logements anciens (construits avant 1950) contenant des peintures au plomb. Si l'habitat est délabré, les peintures s'écaillent et le plomb devient accessible.
- Par l'eau : l'eau peut s'enrichir en plomb lors de la distribution si elle est acheminée via des systèmes d'adduction contenant des éléments en plomb. En France, les canalisations en plomb sont interdites depuis 1995 et les soudures depuis 1998.
- Par l'alimentation : les aliments peuvent être contaminés de deux manières différentes par le plomb : s'ils ont été cultivés dans des sols contaminés, ou s'ils ont été préparés avec des ustensiles ou conservés dans des récipients contenant du plomb (céramiques artisanales par exemple).

De nombreuses études s'accordent à dire que la voie principale d'absorption du plomb est digestive (Garnier 2005). En effet, l'inhalation semble être une voie minoritaire (Kranz et al. 2004). La rétention respiratoire des particules est comprise entre 30 et 50 % selon la taille de celles-ci et la personne exposée. Chez les jeunes enfants (ne sachant pas encore marcher), l'inhalation correspond à 0,5 – 3 % de leur exposition au plomb. La voie cutanée est également très minoritaire, car le passage de plomb à travers la peau est inférieur à 0,5 % si la peau est intacte (Kranz et al. 2004).

L'ingestion semble donc être la voie d'exposition majoritaire. Chez l'adulte, entre 5 et 10 % de la dose de plomb ingérée est absorbée, et chez l'enfant elle s'élève à 40 voire 50 %. L'ingestion peut se faire par les poussières et le sol, les aliments, ou encore l'eau. La comparaison des contributions de ces différents médias a essentiellement été étudiée chez l'enfant, car celui-ci est plus vulnérable aux effets indésirables du plomb, grâce à des analyses de plombémies (niveau de plomb dans le sang). Il a ainsi été montré que la plombémie augmente même à des concentrations très faibles de plomb dans les poussières (Roy et al. 2003, Lamphear et al. 1998 ; Lamphear et al. 1998). Certaines études suggèrent que 32 % de la plombémie chez l'adulte est attribuable à une contamination de l'eau. Mais ce résultat n'a pas été validé par d'autres analyses (Lamphear et al. 1998 section76).

Par conséquent, l'ingestion de poussières semble être la voie d'exposition privilégiée pour une contamination au plomb chez l'enfant. Chez l'adulte, la comparaison des différentes expositions n'est pas suffisamment documentée pour pouvoir parvenir à une telle conclusion.

### **3.3 Le chlorpyrifos**

Le chlorpyrifos est un pesticide organochloré détecté dans de nombreux environnements intérieurs du fait de son utilisation massive. Or il peut causer des maux de têtes, des nausées, des vomissements, des convulsions ou même la mort lors d'une exposition à forte dose (Moschandreas et al. 2001).

L'exposition de la population par le chlorpyrifos dans l'habitat peut être diverse :

- Par inhalation : largage du pesticide ou émission de vapeurs dans l'environnement intérieur ou extérieur
- Par ingestion d'aliments, d'eau, de sol ou d'autres produits qui ont été en contact avec le pesticide, dans des potagers par exemple
- Par voie cutanée : dépôt de chlorpyrifos sur les surfaces

L'étude NHEXAS, National Human Exposure Assessment Survey<sup>5</sup>, dans le Maryland avait pour but d'estimer l'exposition de la population à différents polluants, dont le chlorpyrifos. Lors de cette étude, des prélèvements et analyses ont été réalisés sur : l'air extérieur, l'air intérieur, les poussières sur le sol et les surfaces, le sol à l'extérieur de l'habitat, l'alimentation, l'eau. Ainsi, il a été estimé que l'eau et l'air extérieur représentent des contributions mineures à l'exposition des populations, les concentrations en

---

<sup>5</sup> Etude réalisée auprès de 80 participants dans le Maryland entre septembre 1995 et septembre 1996.

chlorpyrifos dans ces deux sources d'exposition n'étant pas mesurables car en-dessous des limites de détection (Moschandreas et al. 2001).

Lors de cette même étude NHEXAS, les expositions via différentes voies ont été estimées : inhalation d'air intérieur, ingestion de poussières des moquettes et tapis, ingestion de sol, absorption cutanée de poussières, absorption cutanée de sol, ingestion d'aliments (Pang et al. 2002). Ces estimations ont été faites en tenant compte de la concentration en chlorpyrifos pour chaque exposition, le temps passé dans chaque microenvironnement, le taux d'absorption suivant la voie d'exposition et la fraction de chlorpyrifos absorbée par la peau, les voies pulmonaires et le système digestif. L'addition de toutes ces expositions est considérée comme l'exposition journalière totale d'une personne.

L'analyse des résultats donne la contribution moyenne de chacune des expositions en pourcentage par rapport à l'exposition totale journalière :

**Tableau I : contribution des expositions pour le chlorpyrifos** (Pang et al. 2002)

<b>Voie d'exposition</b>	<b>Contribution moyenne (en % de l'exposition totale journalière)</b>
Inhalation d'air intérieur	84,7 %
Ingestion d'aliments	13,2 %
Ingestion de sol	1,18 %
Absorption cutanée de poussières (tapis, moquettes)	0,76 %
Ingestion de poussières (tapis, moquettes)	0,06 %
Absorption cutanée de sol	0,01 %

L'inhalation d'air intérieur semble donc être la voie d'exposition principale de chlorpyrifos d'après cette étude, même si les résultats ne sont basés que sur des estimations. Cependant, ces résultats doivent être pris avec précaution, car les taux d'absorption utilisés par cette étude sont en contradiction avec d'autres études de la littérature. Ainsi, par inhalation, il est estimé que 100 % du chlorpyrifos est absorbé, or certaines études mettent en évidence un taux d'absorption de 70 %. Pour l'ingestion, l'étude utilise un taux d'absorption de 50 %, alors que d'autres études l'estime entre 70 et 90 %.

Pour conclure, l'analyse des contributions de diverses voies et milieux d'exposition s'avère très complexe. En effet, suivant les zones géographiques, les populations, leurs

modes de vie, les expositions diffèrent. L'exemple des phtalates montrent que même à l'intérieur d'une même famille chimique, suivant le composé étudié, la voie d'exposition majoritaire n'est pas la même.

Pour les trois exemples choisis, l'inhalation contribue à l'exposition des populations à un niveau plus ou moins élevé. Pour le chlorpyrifos, l'air intérieur semble être une source d'exposition majoritaire, tandis que ce n'est pas le cas pour le plomb, et que pour les phtalates, cela dépend de la volatilité du composé.

Par conséquent, même si l'air intérieur n'est pas pour tous les polluants la voie d'exposition principale, il représente une part loin d'être négligeable. Certains polluants ont pour unique voie d'exposition l'inhalation, c'est le cas du monoxyde de carbone, du formaldéhyde, de la fumée de cigarette ou encore des aérosols. Ceci confirme l'intérêt de cette étude et des mesures de prévention et d'information de la femme enceinte qui seront proposées par la suite.



## **4 Mise en place de stratégies d'information**

### **4.1 Situation de la région Nord - Pas de Calais**

Afin de pouvoir proposer une stratégie d'information cohérente et efficace, une analyse de la région Nord – Pas de Calais doit être réalisée autant du point de vue socio-économique que sur le suivi des grossesses sur ce territoire.

#### **4.1.1 Contexte socio-économique de la région**

En 2008, la population en région Nord – Pas de Calais s'élevait à 4,02 millions d'habitants. Elle reste la population la plus jeune de France derrière l'Ile-de-France.

Malgré des progrès considérables en trente ans, les conditions socio-économiques de la région restent difficiles. Le taux de chômage régional y est important : au deuxième trimestre 2009 il atteint 12,8 %, soit 3,3 points de plus que la valeur nationale, et touche particulièrement les jeunes. Le PIB par habitant pour cette même année est également plus bas que dans les autres régions françaises (hors Ile-de-France) : 24 025 € contre près de 26 000 €. Les revenus sont plus faibles et la proportion de bénéficiaires du RMI plus élevée (représentant 11 % des allocataires métropolitains fin 2007) (site internet INSEE).

Sur le plan médical, les indices comparatifs de mortalité prématurée sont supérieurs de 10 à 30 % à la moyenne française, et la plupart des densités médicales sont inférieures aux densités générales (Poirier et al. 2010).

Par conséquent, les communes du Nord – Pas de Calais présentent une grande diversité de niveaux de richesse et de pauvreté des habitants. En fonction de dynamiques socio-économiques propres, chaque commune se caractérise par une proportion variable de foyers en difficulté ou de ménages aisés. C'est au sein des pôles urbains, qui constituent l'essentiel du territoire régional, que les écarts de revenus sont les plus prononcés, en raison de la forte mixité sociale (site internet INSEE).

#### **4.1.2 Le suivi de grossesse en Nord – Pas de Calais**

En 2009, plus de 56 000 naissances ont eu lieu dans le Nord - Pas de Calais. La région reste, avec l'Ile-de-France, celle dont la natalité est la plus forte en France (Lecluse et al. 2004).

D'après l'article L 2122-1 du code de la santé publique, « les examens médicaux obligatoires des femmes enceintes sont au nombre de sept<sup>6</sup> pour une grossesse évoluant jusqu'à son terme ». En 2003, en Nord - Pas de Calais, 89,5 % des femmes ont bénéficié de sept examens prénatals obligatoires, chiffre en hausse depuis quelques années, contre 90,7 % en France. Par contre, seules 52,7 % des femmes primipares ont suivi une préparation à la naissance dans la région, ce qui est beaucoup plus faible que la valeur nationale : 66,6 % (site internet INSEE). Même si le pourcentage de femmes ayant bénéficié des sept consultations prénatales est en hausse, le suivi de grossesse montre encore des carences comme en témoignent les taux importants de pathologies évitables en partie (prématurité, faible poids de naissance) ou totalement (nouveaux nés affectés par l'alcool) (Lecluse et al. 2004).

Depuis novembre 2004, les femmes ont la possibilité d'obtenir un entretien individuel de grossesse avec une sage-femme ou un gynécologue. Cet entretien n'est demandé que par 8 % des femmes, notamment celles pour qui il s'agit d'un premier enfant et faisant partie d'une catégorie socioprofessionnelle élevée ou, au contraire, très basse.

En conclusion, le suivi de grossesse en région Nord – Pas de Calais n'est pas optimal, et plus faible que dans les autres régions françaises. La situation régionale est donc à prendre en considération dans l'élaboration d'une stratégie d'information.

## **4.2 Messages à destination des femmes enceintes**

Durant sa grossesse, la future maman est amenée à se poser de nombreuses questions, et reçoit par ailleurs un grand nombre d'informations, notamment concernant son alimentation et son mode de vie en général, par l'intermédiaire de brochures, plaquettes ...

Dans un premier temps, un tour d'horizon des informations auxquelles la femme enceinte pouvait avoir accès a été effectué, en distinguant les messages « officiels » et « non officiels ».

### **4.2.1 Messages « officiels »**

Les messages « officiels » à destination des femmes enceintes sont ceux émis par un ministère ou encore par des organismes référents comme l'Institut National de Prévention

---

<sup>6</sup> Sept consultations obligatoires pendant la grossesse : une visite médicale par mois, dont trois échographies au 3<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> mois de grossesse.

et d'Education pour la Santé (INPES). Ces messages peuvent notamment être relayés par les professionnels de santé.

Le Ministère en charge de la santé et l'INPES ont réalisé un site internet, [www.prevention-maison.fr](http://www.prevention-maison.fr). Sur ce site, pour chaque pièce de la maison, sont indiqués les polluants et sources de pollution pouvant être trouvés. Un onglet spécifique pour les femmes enceintes et les nourrissons est même disponible. Celui-ci donne des conseils sur les produits d'entretien, de bricolage, l'ameublement ou les cosmétiques. Par exemple, il est conseillé de limiter l'exposition à des substances chimiques (produits d'entretien, mobilier neuf ou peinture), ou encore, pour l'aménagement de la chambre du bébé, éviter de faire des travaux et de meubler dans les 2 mois précédents la naissance. De plus, il est précisé qu'il faut aérer intensément pendant et après les travaux mais aussi pendant le stockage, le montage et l'installation de nouveaux meubles.

L'INPES a également rédigé un guide de la pollution de l'air intérieur contenant une double page spéciale femmes enceintes et nourrissons dans laquelle il est précisé que ceux-ci doivent limiter toute exposition à des substances chimiques et faire particulièrement attention aux produits d'entretien, de bricolage, de décoration, à l'ameublement et aux cosmétiques.

La Caisse d'Allocations familiales, après déclaration de grossesse, envoie à toutes les futures mamans le livre bleu : l'enfant du premier âge, réalisé par le comité national de l'enfance. Il contient des conseils sur les choix de matériaux à utiliser pour la chambre de bébé et ceux à éviter (tentures, doubles rideaux ou moquettes car ce sont des « nids à poussière »). Des indications sur le chauffage, l'éclairage, l'aération, le choix du mobilier ou des articles de puériculture sont également présentes. Par contre, aucune mention n'est faite de sources éventuelles de pollution de l'air intérieur.

Un site officiel de la périnatalité, [www.perinat-france.org](http://www.perinat-france.org), a également été créé par des professionnels de santé de PMI (Protection Maternelle et Infantile) et de réseaux prénatals du Languedoc-Roussillon et de Provence Alpes Côte d'Azur-Corse-Monaco et l'INPES. Ce site donne des informations sur les substances chimiques et l'exposition à celles-ci. Il donne aussi des conseils et recommandations sur les produits d'entretien, de bricolage, de décoration et d'ameublement, les produits cosmétiques, ainsi que sur les bons gestes à adopter : aérer, ventiler, ne pas fumer... Des guides périnatalité existent également dans certaines régions. C'est notamment le cas en Nord – Pas de Calais.

Enfin, le projet NESTING du WECF (Women in Europe for a Common Future) a développé plusieurs outils : un site internet, [www.projetnesting.fr](http://www.projetnesting.fr), des « ateliers parents »

et de la documentation écrite (plaquettes d'information). Ce projet a pour but de promouvoir la santé des nouveau-nés et des enfants en aidant leurs parents à créer un environnement intérieur sain. Il sensibilise donc les jeunes parents aux pollutions pouvant être retrouvées dans l'air intérieur et aux gestes permettant de les limiter. Le site internet cité précédemment comporte une rubrique « bébé et vous » composée de sous-rubriques sur les travaux d'intérieur, le mobilier, les gestes du quotidien, et des fiches techniques sur chaque polluant pouvant être rencontré et les moyens de les éviter.

Par conséquent, un grand nombre d'informations et d'outils existent concernant les risques liés à la pollution de l'air intérieur pour le bébé. Mais ceux-ci ne sont pas facilement connus et trouvés par le grand public. En effet, lors de ses recherches, la femme enceinte trouvera plus facilement des données « non officielles » comme celles circulant sur internet.

#### **4.2.2 Messages « non officiels »**

L'usage d'internet étant de plus en plus développé, nous avons souhaité explorer les messages ou informations circulant sur la toile. Une revue exhaustive de la presse « papier » (magazines « Parents », « Question de parents » ...) aurait également été intéressante, mais n'a pas pu être effectuée faute de temps.

Afin de pouvoir avoir un aperçu des messages circulant sur internet concernant les risques liés à l'exposition aux polluants émis lors de l'aménagement de la chambre du futur bébé, les requêtes « enceinte » et « grossesse » ont été utilisées sur le moteur de recherche Google. Pour ces deux requêtes, les résultats indiquent respectivement 13 200 000 et 1 600 000 sites internet trouvés. Puis, les quatre premiers sites internet trouvés ont été explorés afin d'essayer de trouver des informations sur la pollution émise lors des travaux pour la chambre du bébé.

En utilisant la requête « enceinte », les quatre premiers sites internet trouvés sont : [www.enceinte.com](http://www.enceinte.com), [sante-az.aufeminin.com](http://sante-az.aufeminin.com), [www.etreenceinte.com](http://www.etreenceinte.com), [www.neufmois.fr](http://www.neufmois.fr). Ces sites ne donnent aucune information sur les risques encourus pendant la grossesse lors de la préparation de la chambre. En effet, des rubriques « chambre de bébé » existent, mais celles-ci ne renferment que des indications sur les choix à faire pour le type de sol, les murs, les couleurs, par exemple, préférer le parquet vitrifié à la moquette. Des informations sur le tabagisme durant la grossesse sont toutefois retrouvées.

En utilisant la requête « grossesse », les sites apparaissant en tête de liste sont : [www.enceinte.com](http://www.enceinte.com), [www.doctissimo.fr](http://www.doctissimo.fr), [www.magrossesse.com](http://www.magrossesse.com), [www.aufeminin.com](http://www.aufeminin.com). Comme pour la requête précédente, aucun renseignement n'est disponible sur les polluants de l'air intérieur, excepté le tabac. Les messages concernant la chambre du bébé sont uniquement liés au choix des matériaux selon leurs aspects pratiques. Il est toutefois déconseillé aux femmes enceintes de réaliser les travaux d'aménagement seules ou de peindre la chambre car cela représente un effort trop important.

Par conséquent, les sites internet dédiés à la grossesse ne comportent pas d'informations sur la pollution émise lors de la préparation de la chambre du bébé. Les seuls messages de prévention sur des polluants de l'air intérieur concernent le tabac.

Pour conclure, des messages de prévention officiels à destination des femmes enceintes et concernant la qualité de l'air intérieur existent. Malheureusement, lors de recherche sur internet, ces informations ne sont pas facilement trouvées par le grand public qui ne connaît pas les organismes référents dans ce domaine.

Outre ces messages accessibles rapidement par les futures mamans, il est indispensable de connaître les messages et conseils donnés par des professionnels au contact des femmes enceintes.

### **4.3 Entretiens avec des professionnels de santé et de la petite enfance, et des femmes enceintes**

Afin de proposer des stratégies d'information de la femme enceinte, il est nécessaire de connaître le discours, les connaissances et attentes des professionnels. Pour cela, des entretiens ont été réalisés avec des professionnels de santé, des professionnels de la petite enfance et des femmes enceintes, afin de recenser les besoins en matière d'information des futures mères au sujet de la qualité de l'air intérieur.

#### **4.3.1 Méthode**

##### Choix des personnes interrogées

Trois groupes de personnes ont été interrogés lors de cette étude : des professionnels de santé, des professionnels de la petite enfance et des femmes enceintes.

Le premier groupe de personnes est constitué des **professionnels de santé et assimilés**. En effet, ceux-ci sont amenés à suivre et rencontrer la future maman tout au long de sa grossesse lors de rendez-vous ou d'examen obligatoires, pour la conseiller ou encore pour améliorer son confort et son bien-être durant cette période. Tous ces professionnels ont un rôle très important pour cette étude. En effet, ce sont les premiers interlocuteurs des femmes enceintes. Celles-ci sont très à l'écoute des conseils et recommandations donnés par un professionnel de santé qui, grâce à un effet « blouse blanche », a un discours qui a plus de poids et d'impact que n'importe quelle autre personne. Il est donc primordial de développer avec eux des actions d'information.

Divers acteurs de santé ont été interrogés : sage-femme, pharmacien, kinésithérapeute, ostéopathe, laboratoire d'analyses médicales... Les membres de certains réseaux périnatalité de la région Nord - Pas de Calais ont également été rencontrés. Ces réseaux permettent de créer des liens entre les futurs parents, la maternité et les professionnels de santé. Ils ont aussi un rôle de conseil auprès des femmes enceintes.

Le deuxième groupe est constitué des **professionnels de la petite enfance**. Aujourd'hui, il est nécessaire d'inscrire un enfant à la crèche ou chez une assistante maternelle avant même sa naissance. Les assistantes maternelles, les directrices de crèche et puéricultrices sont donc amenées à rencontrer les futurs parents, et à établir avec eux un climat de confiance. Les professionnels de la petite enfance font donc partie des interlocuteurs privilégiés des femmes enceintes et peuvent donc leur délivrer un message de prévention afin d'assurer la santé du futur bébé. De plus, ces professionnels sont amenés à être en contact avec les mamans lors ou après leur première grossesse. Ils pourront donc être une source de conseils pour les grossesses suivantes.

Le troisième groupe est constitué de **femmes enceintes**. Leur ressenti sur l'information qu'elles reçoivent durant leur grossesse ou la connaissance des moyens d'information qu'elles utilisent sont indispensables pour pouvoir cibler les formes de l'information à mettre en place et les interlocuteurs à privilégier.

Pour chaque groupe, les personnes interrogées ont été choisies au hasard lors de recherches sur internet pour chaque spécialité médicales et personnel de la petite enfance. Une exception a été faite pour les assistantes maternelles, car celles de la ville de Lille participent à des sessions d'information « air intérieur » animées par l'APPA. Deux assistantes maternelles ont donc été choisies : l'une ayant assisté à une session et l'autre sans « formation » spécifique à la qualité de l'air intérieur.

Chaque personne a ensuite été contactée par téléphone ou lors d'une visite sur le lieu de travail, afin de pouvoir convenir d'un rendez-vous pour un entretien d'une durée d'environ 15 minutes. Les entretiens ont été réalisés soit sur le lieu de travail de la personne interrogée, soit dans les locaux de l'APPA. Des entretiens téléphoniques ont toutefois été nécessaires pour certains professionnels.

La liste complète des personnes interrogées lors de cette étude se trouve en annexe 4.

### Réalisation d'un guide d'entretien

**Deux guides d'entretien** ont été élaborés : l'un pour les professionnels de santé et de la petite enfance, et l'autre à destination des femmes enceintes.

Le questionnaire à destination des professionnels se compose de la façon suivante :

- tout d'abord d'une partie concernant des **généralités sur l'air intérieur**, le sentiment d'information sur ce sujet et les sources d'où proviennent leurs renseignements.
- Puis, le sujet de l'**air intérieur et de son impact sur le fœtus** est abordé afin de savoir si les personnes interrogées en ont déjà entendu parler, par quel moyen d'information, et quelle(s) est (sont) les sources de pollution les plus importantes selon elles dans le logement.
- Ensuite, des questions leur sont posées sur l'**information des femmes enceintes**, leur avis sur le moment auquel de la prévention devrait être faite, par quel(s) moyen(s) de communication et si eux-mêmes ou un autre professionnel peut faire passer un message auprès des futures mamans.
- Enfin, une partie est dédiée aux remarques éventuelles, aux **commentaires**, et leur souhait d'être informé de la suite du projet.

Le questionnaire se trouve en annexe 5 de ce mémoire.

Le questionnaire à destination des femmes enceintes s'articule de la même manière que le précédent :

- Une première partie concerne des **généralités sur l'air intérieur**, leur sentiment et sources d'information.
- Une deuxième partie traite plus spécifiquement de leurs habitudes et comportements, ou changements de comportement, pendant la grossesse vis-à-vis des produits ménagers, des pesticides, du tabac...
- Une troisième partie se rapporte à l'**information des femmes enceintes**, la forme de l'information et le moment les plus appropriés, les sources d'information qu'elles utilisent pendant leur grossesse, si elles ont reçu des

renseignements sur les polluants auprès d'un professionnel et lequel serait le plus à même de passer des informations sur ce thème.

- La dernière partie est dédiée aux **remarques** et suggestions qu'elles souhaitent apporter.

Le questionnaire se situe en annexe 6 de ce rapport.

#### **4.3.2 Résultats**

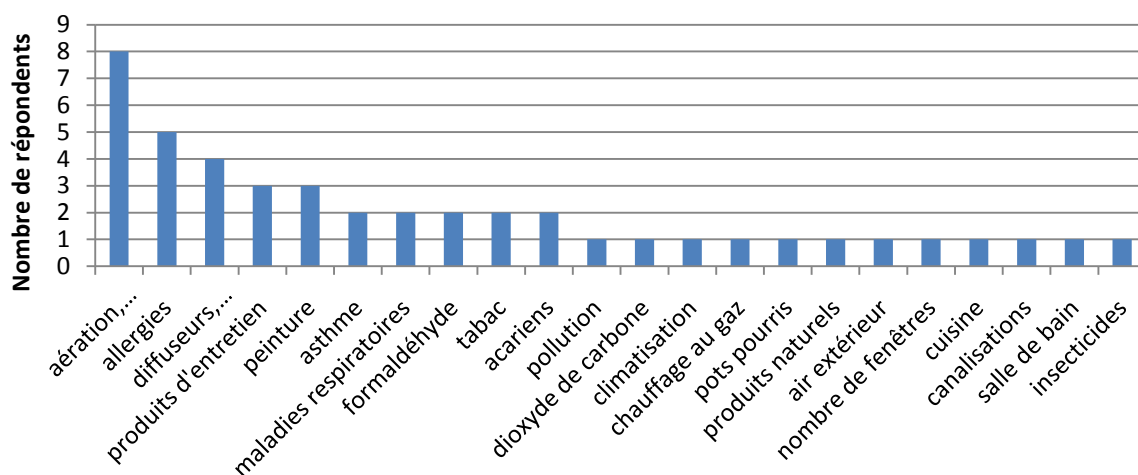
Les entretiens réalisés ont permis d'interroger 16 personnes (l'objectif était de réaliser 15 entretiens, ce qui a été atteint) : 10 professionnels de santé ou assimilés, 3 personnels de la petite enfance et 3 femmes enceintes. Ce chiffre étant faible, les résultats ne sont pas représentatifs de l'ensemble des professionnels et des femmes enceintes, mais permettent d'avoir un aperçu des connaissances, des besoins et des idées sur la qualité de l'air intérieur et les moyens de communiquer sur ce thème avec les femmes enceintes.

Les entretiens ont duré entre 10 et 30 minutes selon l'intérêt des personnes pour la thématique.

##### **A) Les professionnels de santé et de la petite enfance**

Treize professionnels de la périnatalité et de la petite enfance ont été rencontrés pour ce projet. Pour la majorité d'entre eux (62 % des personnes interrogées), la notion de qualité de l'air intérieur fait référence à l'aération, au renouvellement d'air. Viennent ensuite les allergies (38 %), les diffuseurs, désodorisants et aérosols (31 %), les produits d'entretien (23 %) et les peintures (23 %). Le graphe ci-dessous indique l'ensemble des réponses données à cette question, ainsi que le nombre de fois que chaque réponse a été donnée.





**Figure 2 : Réponses à la question « qu'évoque la qualité de l'air intérieur pour vous ? »**

Les professionnels ont le sentiment d'être plutôt bien informés sur la pollution de l'air intérieur et ses éventuels effets sur la santé : 77 % se sentent plutôt bien informés, 23 % plutôt mal informés, et aucun n'en a jamais entendu parler. Ces chiffres sont beaucoup plus favorables que ceux du baromètre santé environnement de l'INPES où 48,4 % des personnes se sentent plutôt bien informées, 41,1 % plutôt mal et 10,2 % n'en ont jamais entendu parler (Menard et al. 2008). Cela laisse supposer que les professionnels de la périnatalité et de la petite enfance sont un public plus averti que la population générale sur ces questions de qualité de l'air et santé. Pourtant, les principales sources d'information sont les médias classiques (télévision, radio, presse), auxquels s'ajoutent des conférences, colloques ou tables rondes, et des sources spécialisées selon l'activité professionnelle (projet avec des associations, formation spécifique, revue spécialisée).

Lorsque la question de l'impact de la qualité de l'air intérieur sur le fœtus est abordée, 54 % des personnes interrogées déclarent en avoir déjà entendu parler, notamment à propos du tabac lors de conférences ou de formations spécifiques. D'ailleurs, parmi les sources les plus préoccupantes sur lesquelles il serait important de communiquer, sont citées : le tabac, les désodorisants et huiles essentielles et les produits ménagers (pour 15 % des participants pour chaque source de pollution), puis, les peintures (solvants, plomb), l'ameublement, les moquettes, le trafic routier, les poussières ou encore les produits de bricolage.

La plupart des professionnels déclarent manquer d'informations ou de temps pour pouvoir renseigner les femmes enceintes sur les polluants de l'air intérieur, mais estiment que les femmes sont plus réceptives à un message délivré par un professionnel de santé, car celui-ci a plus de poids que si il est lu sur Internet, ou donné par une personne de l'entourage. Les professionnels cités pouvant faire passer des informations aux futures mamans sont principalement : les gynécologues et gynécologues – obstétriciens, les sages-femmes (libérales notamment, car celles-ci voient passer beaucoup de femmes

enceintes avant et après la naissance), les pharmaciens, les médecins généralistes (mais ceux-ci n'ont pas toujours le temps de discuter avec les patients), les puéricultrices et auxiliaires puéricultrices et les PMI.

Les autres moyens d'information les plus cités par les professionnels sont :

- Des prospectus ou une sensibilisation du personnel dans les magasins de bricolage ou de vente d'articles pour aménager la chambre du bébé (meubler, décoration...)
- Un pictogramme sur les produits dangereux pour les femmes enceintes et leur bébé
- Un spot télévisé
- Une information lors des cours de préparation à la naissance avec l'intervention d'un expert et d'une sage-femme
- Une information lors des visites prénatales au niveau des PMI
- Une soirée conférence/réunions collectives pour les femmes enceintes
- Une brochure dans le carnet de maternité
- Des brochures explicatives dans les pharmacies et les cabinets médicaux (car les attentes y sont parfois longues)
- Une information lors de l'entretien du quatrième mois

Certaines de ces propositions sont controversées parmi les professionnels interrogés. Le spot télévisé est un moyen de toucher un public très large, mais c'est une démarche non active de recherche d'information de la part des femmes enceintes, par conséquent son impact ne sera pas forcément optimal. Les cours de préparation à l'accouchement et l'entretien du quatrième mois semblent être pour certains un moment idéal pour faire de la prévention auprès des futures mamans, mais, pour d'autres professionnels, ces cours arrivent beaucoup trop tardivement pendant la grossesse (pas avant le cinquième mois) et donc l'information relayée pour certaines substances n'est plus pertinente. Certains ajoutent que très peu de femmes y assistent.

## **B) Les femmes enceintes**

Pour les trois femmes enceintes interrogées, la qualité de l'air intérieur évoque principalement l'aération, la ventilation, les polluants de manière générale, mais aussi la fumée de cigarette, la poussière, les odeurs ou encore la propreté dans la maison. Le sentiment d'information vis-à-vis de la qualité de l'air intérieur et ses éventuels effets sur la santé est mauvais. En effet, toutes trois se sentent plutôt mal informées. Le peu d'information obtenu provient principalement des médias (télévision, radio, presse), ou de formation ou conférence suivies dans le cadre de leur emploi.

Les habitudes des femmes pendant leur grossesse ont peu changé concernant l'utilisation de produits ménagers : une femme sur trois déclare faire plus attention aux produits utilisés, les deux autres futures mamans n'y prêtent pas attention, ou n'ont pas le temps de choisir les produits qu'elles utilisent. En ce qui concerne les produits de bricolage, une femme déclare y faire plus attention, une autre ne s'en sert pas, et la dernière a utilisé les mêmes que d'habitude mais avec plus de protection, de type gants et masque. Elles ont participé, ou participeront toutes, à la réalisation de la chambre du bébé, mais avec certaines protections (gants, masque). Aucune d'entre elles n'a utilisé de pesticides, ne fume ou a un entourage fumeur, et n'a un chauffage d'appoint utilisé pendant la grossesse. Par conséquent, les femmes modifient peu leurs habitudes durant leur grossesse, même si certaines précautions sont prises, lors d'activités de bricolage par exemple.

De nombreuses femmes participent à l'aménagement de la chambre de bébé durant leur grossesse. Les femmes enceintes interrogées le disent : « la grossesse est une période propice au déménagement, aux travaux d'aménagement de la maison, c'est un passage obligatoire », mais les protections à prendre afin d'éviter tout effet indésirable sur le fœtus ne sont pas ou peu connues. Aucune information sur ce thème n'a été donnée par un professionnel de santé, et les principales sources d'information utilisées pour des questions en rapport avec la grossesse sont les forums sur Internet, des magazines spécialisés, des professionnels : sage-femme, gynécologue, médecin traitant, pharmacien, ou des personnes de l'entourage. D'après les femmes enceintes interrogées, les meilleurs moyens de faire passer une information sur la qualité de l'air intérieur et ses effets indésirables sur le fœtus seraient :

- de la documentation écrite : dépliants donnés lors de consultation, livret de suivi de grossesse, livret de la CAF, « boîte rose » des laboratoires d'analyses médicales, plaquettes « chambre de bébé » dans des magasins de bricolage
- des articles dans des magazines spécialisés
- de l'information sur Internet
- des conférences ou sessions de formation
- des professionnels de santé, et principalement les gynécologues, rencontrés tôt et souvent pendant la grossesse, mais aussi les sages-femmes libérales faisant le suivi de grossesse, les pharmaciens ou les laboratoires d'analyses médicales

Cependant, les femmes enceintes avouent être plus réceptives aux messages de prévention délivrés pendant leur grossesse, mais aussi se sentir perdues sous la masse d'information obtenue en début de grossesse. Il serait donc important d'avoir une documentation écrite sur la qualité de l'air intérieur non mélangée avec les autres et au moment approprié de la grossesse.

Ces résultats donnent des pistes, mais sont à relativiser, les trois femmes ayant un emploi, pas de difficultés avec les messages écrits ... Elles ne sont pas représentatives de l'ensemble des femmes de la région Nord – Pas de Calais.

#### **4.4 Proposition de stratégies d'information**

La prévention des risques en matière de santé environnementale est complexe, car les conseils pouvant être donnés sont nombreux et parfois difficiles à mettre en œuvre pour la population. C'est pourquoi il est nécessaire de communiquer simplement sur un sujet précis et avec des moyens d'information appropriés afin de ne pas submerger la population de renseignements, et avoir un message le plus efficace possible (Sabin et al. 2011). Dans un premier temps, nous avons donc choisi de privilégier une seule activité source de pollution intérieure : l'aménagement de la chambre du bébé, avec des moyens d'informations divers et appropriés, décrits ci-après, pour les différents publics visés : professionnels de santé et de la petite enfance, femmes enceintes mais également femmes en âge de procréer.

##### **4.4.1 Les professionnels de santé et de la petite enfance**

Comme indiqué ci-dessus, les professionnels de santé et de la petite enfance sont un relais d'information pour les femmes enceintes.

Cependant, selon les entretiens menés avec certains d'entre eux, ces professionnels n'ont pas, ou pas suffisamment, de connaissances au sujet des polluants rencontrés lors de l'aménagement de la chambre de bébé pour pouvoir correctement renseigner les futures mamans. C'est pourquoi ils ont besoin d'outils et / ou de formations sur cette thématique.

##### **A) Formations**

###### Formation sages-femmes

Les sages-femmes sont un interlocuteur privilégié des femmes enceintes. Elles sont à même de réaliser le suivi de grossesse, les entretiens du quatrième mois, les consultations préconceptionnelles et les cours de préparation à l'accouchement. Les sages-femmes sont donc au contact de beaucoup de femmes enceintes avant et après l'accouchement (notamment les sages-femmes libérales). Les former à la thématique « qualité de l'air intérieur et femmes enceintes » permettrait d'en faire un bon relais d'information pour les futures mamans.

Un partenariat avec le réseau périnatalité du Hainaut est déjà mis en place pour cette formation-test, avec trois sessions d'une durée d'une demi-journée chacune en mars 2012. Cette formation sera réalisée par l'APPA en collaboration avec la Mutualité Française Nord – Pas de Calais, et visera toutes les sages-femmes : hospitalières, libérales et de PMI.

#### Formation puéricultrices et auxiliaires puéricultrices

Pendant la grossesse et juste après le retour de la maternité, les puéricultrices et auxiliaires puéricultrices peuvent se rendre au domicile de la maman afin de la conseiller, de l'aider. Une formation qualité de l'air intérieur aurait donc pour objectif de permettre aux puéricultrices et aux auxiliaires puéricultrices d'être un relais d'information pour les futures mamans, mais aussi pour les assistantes maternelles. En effet, ce sont les puéricultrices qui ont la charge d'aller chez les assistantes maternelles lors d'une demande d'agrément ou pour une visite de contrôle. Elles pourraient donc également sensibiliser les assistantes maternelles.

Cette formation aurait donc pour public-cible les puéricultrices et auxiliaires puéricultrices, serait d'une durée d'une demi-journée voire une journée complète.

#### Conférences en soirée

Pour les professionnels de santé travaillant en libéral, il est très compliqué d'organiser une formation en journée, car cela représente une vraie perte dans leur activité. C'est pourquoi, afin de mobiliser un maximum de professions libérales, des conférences en soirée seraient préférables. Ces conférences permettraient aux professionnels de se former à la problématique femmes enceintes et qualité de l'air intérieur.

Une première soirée pourrait être organisée, puis être reconduite selon l'intérêt des professionnels. Cette conférence pourrait être animée par des partenaires de l'APPA, ou des personnes déjà formées sur cette thématique.

### **B) Documentation**

#### Guide à l'usage des professionnels

Afin de pouvoir sensibiliser les femmes enceintes aux possibles effets indésirables de la qualité de l'air intérieur sur le fœtus, un guide à l'usage des professionnels pourrait être réalisé. Il comporterait des informations sur les polluants de l'air intérieur, mais aussi la façon d'aborder le sujet avec les futures mamans. Il pourrait également comporter des plaquettes d'information destinées aux femmes enceintes et pouvant leur être distribuées (voir §4.4.2B)). Ce guide permettrait aux professionnels de santé d'avoir un support afin de conseiller, sans les angoisser, les femmes enceintes sur les produits qu'elles utilisent

ou les éventuels comportements à risques vis-à-vis des polluants. En effet, la communication sur la qualité de l'air intérieur peut s'avérer « anxigène » pour le public. Il s'agit donc de trouver les bonnes façons d'aborder la question avec la femme enceinte.

Ces plaquettes doivent être réalisées avant le début des différentes sessions de formations proposées, afin de laisser une trace écrite des informations reçues.

#### **4.4.2 Les femmes enceintes**

Les femmes enceintes sont ici les premières cibles de l'information sur la qualité de l'air intérieur. Il est donc primordial de réaliser des actions leur étant directement destinées.

##### **A) Réunion d'information**

###### Soirées conférences

Les femmes enceintes ont la possibilité de s'inscrire dans les réseaux périnatalité. Ceci leur permet, entre autres, de recevoir des renseignements sur leur grossesse et après la naissance. Les réseaux proposent notamment des carrefours de l'allaitement et du maternage aux mamans et futures mamans adhérentes. Lors de ces carrefours, des soirées conférences, des réunions collectives pourraient être organisées afin de pouvoir rencontrer directement les femmes enceintes et ainsi répondre à leurs questions sur la qualité de l'air intérieur.

##### **B) Documentation**

###### Plaquette d'information

La même plaquette d'information que celle décrite pour les professionnels de santé peut également servir de documentation directe pour les femmes enceintes. Les attentes pouvant être longues dans les cabinets médicaux, les pharmacies et les laboratoires d'analyses médicales, les femmes peuvent prendre le temps de consulter les documents mis en libre accès. Ces plaquettes peuvent permettre d'instaurer un dialogue entre la future maman et le professionnel de santé qu'elle va consulter. Elles ont donc pour objectif d'informer et sensibiliser les femmes enceintes aux polluants de l'air intérieur, et pourraient renvoyer vers un site internet contenant des compléments d'information. Cette plaquette peut également avoir pour cible les femmes en âge de procréer (cf. ci-après).

### Fiche supplémentaire dans le dossier périnatalité

Toutes les femmes enceintes reçoivent un dossier périnatalité. Ce dossier contient des fiches avec des conseils et des informations afin de renseigner les femmes enceintes sur des sujets comme l'allaitement maternel, la prévention des infections, ou le tabac et la grossesse. Pour chaque réseau périnatalité, un dossier existe. L'ajout d'une fiche sur la qualité de l'air intérieur et l'aménagement de la chambre du bébé dans ce dossier pourrait permettre de toucher toutes les futures mamans.

Suite à une rencontre avec la coordinatrice du réseau périnatalité du Hainaut, l'ajout d'une fiche de ce type semble tout à fait possible. Une première fiche pourrait donc être faite pour ce réseau et être par la suite distribuée dans les trois autres réseaux de la région. Ce document serait réalisé par l'APPA en collaboration avec la coordinatrice du réseau périnatalité du Hainaut.

### Prospectus dans les magasins de bricolage et d'articles de puériculture

Afin de pouvoir sensibiliser les femmes enceintes aux produits nocifs pour le bébé lors de l'aménagement de sa future chambre, des prospectus d'information pourraient être mis à disposition dans les magasins de bricolage, notamment les rayons peintures, et les magasins d'articles de puériculture, dans les rayons de présentation des chambres d'enfants. Pour cela, un partenariat devra être trouvé avec une ou des enseignes de bricolage<sup>7</sup> et de vente d'articles de puériculture, afin de pouvoir diffuser l'information.

### Presse

Les femmes enceintes consultent des magazines spécialisés sur la grossesse et la périnatalité comme « Parents » ou « Questions de parents ». Des articles « prêts à insérer » ou des dossiers de presse spécifiques pourraient être envoyés à ces magazines, afin d'informer les futurs parents. En plus de cela, des points info presse pourraient être mis en place et permettraient de sensibiliser des médias plus généraux sur les thématiques de qualité de l'air intérieur.

## **C) Autres**

### Pictogramme

La création et la mise en place d'un pictogramme sur les produits dangereux pourraient permettre d'informer rapidement du caractère toxique d'une substance pour la femme enceinte et le fœtus. Cette information est donc à destination de la future maman, mais également de son entourage lors d'achats de produits ménagers ou de bricolage par exemple.

---

<sup>7</sup> Pour information, le siège d'au moins une de ces enseignes se situe en Nord – Pas de Calais.

Un pictogramme de la sorte est en cours d'élaboration actuellement à l'INPES.

### Internet

Comme pour les médias « papier », des envois d'articles prêts à insérer ou des dossiers de presse vers les sites internet les plus consultés, les sites internet de référence, permettraient de toucher un maximum de femmes. L'APPA pourrait également intervenir dans des forums de discussion, mais des moyens humains supplémentaires seraient indispensables à cela.

#### **4.4.3 Les femmes en âge de procréer**

Les polluants de l'air intérieur ont un impact sur le fœtus principalement durant les premières semaines de grossesse. Parfois la femme se rend compte qu'elle est enceinte assez tardivement, et plusieurs fenêtres de vulnérabilité sont déjà passées. L'information ne devrait donc pas seulement se faire pour les femmes enceintes, mais également pour les femmes en âge de procréer. Une réflexion doit donc être menée dans ce sens.

Pour conclure, il convient de rappeler que ces stratégies d'information sont des premières propositions. La réflexion se poursuit actuellement, notamment en ce qui concerne certaines tranches spécifiques de la population (comment toucher les femmes ayant des difficultés avec le langage écrit ou avec la langue française, comment toucher les femmes en âge de procréer ...). Afin d'être mises en place, des partenariats et des soutiens financiers devront être trouvés. Il sera également nécessaire de lancer des actions pilotes sur un territoire particulier afin d'évaluer les impacts et retombées de telles mesures et avant de les étendre au niveau régional. La formation des sages-femmes du réseau périnatalité du Hainaut représente pour cela un premier test.

Afin de mettre en place des actions à destination directe des femmes enceintes, il sera primordial d'approfondir les besoins de celles-ci. En effet, seules trois femmes enceintes ont été interrogées pour cette étude, ce qui n'est pas suffisant pour pouvoir, par exemple, établir un outil qui leur est destiné. Des enquêtes plus large auprès de plus de femmes de profils différents (âge, catégorie socioprofessionnelle, nombre d'enfants ...) devront être faites afin d'approfondir les résultats des entretiens réalisés dans le cadre de ce mémoire.

Certaines de ces actions relèvent du niveau national (par exemple, le pictogramme), et d'autres peuvent être testés par l'APPA et son réseau de partenaires, à l'échelon local, puis étendues le cas échéant à l'échelle régionale.



## 5 Discussion

### 5.1 Les recherches bibliographiques

La démarche mise en œuvre pour ce projet a été de répertorier les polluants de l'air intérieur retrouvés dans la littérature scientifique. Il est donc possible que d'autres polluants existent mais n'aient pas encore été identifiés. De plus, de nouvelles substances chimiques sont mises sur le marché tous les jours sans avoir été étudiées auparavant. Ce travail ne présente donc qu'une image de la pollution de l'air intérieur à un instant précis.

De plus, parmi les polluants trouvés dans la littérature, beaucoup sont peu documentés. Par ailleurs, les effets des polluants sur le fœtus sont encore peu connus, et c'est pourquoi certains polluants ont été éliminés de la sélection finale réalisée. Cette étude présente donc un état des lieux des connaissances actuelles, sans présager des effets potentiels de polluants.

Par ailleurs, des effets avérés sur le fœtus humain sont difficiles à mettre en évidence. Pour certaines substances, notamment les perturbateurs endocriniens, seuls des effets chez l'animal ont pu être montrés. Ces polluants ont été écartés lors de la sélection réalisée, mais l'évolution des connaissances permettra peut-être, à l'avenir, de les reconsidérer.

Les perturbateurs endocriniens sont des substances exogènes ayant un effet sur le système hormonal. Mais les mécanismes d'action mis en jeu sont encore mal connus chez l'homme. Des effets chez l'animal sont régulièrement mis en évidence, mais chez l'homme cela s'avère plus compliqué. Cependant, pour les huit substances sélectionnées, des mécanismes de perturbations endocriniennes ont été identifiés. Mais d'autres polluants peuvent posséder des caractéristiques similaires sans que cela ait déjà pu être montré.

En outre, il a été montré que les polluants agissant de la sorte remettent en cause la perception dose-réponse du risque connue jusqu'à présent. En effet, les perturbateurs endocriniens ont des effets à faibles doses. Une simple présence du polluant est même parfois suffisante pour provoquer un effet indésirable. De plus, des effets paradoxaux sont observés : à faible dose, des effets fortement indésirables sont identifiés, tandis que ces effets sont plus faibles à fortes doses (Barbier 2011). Les perturbateurs endocriniens ne suivent donc pas la courbe dose-réponse classique. Une autre caractéristique mise en évidence est celle de l'impact selon les fenêtres de vulnérabilité. Les perturbateurs endocriniens ne semblent avoir d'impact que pendant la grossesse lors de la différenciation sexuelle. Le moment de l'exposition est donc primordial pour connaître

l'effet d'un polluant. Ces polluants remettent donc en cause le paradigme de Paracelse selon lequel c'est « la dose qui fait le poison », au profit de c'est « le moment de l'exposition qui fait le poison » (Grosman et al. 2010 ; Zhang et al. 2003).

Par conséquent, l'état des connaissances sur les perturbateurs endocriniens est encore insuffisant pour pouvoir effectivement connaître précisément leurs effets sur le fœtus.

Un autre effet non pris en considération dans cette étude est l' « effet cocktail ». Les polluants ont été étudiés individuellement alors que dans l'habitat ceux-ci sont mélangés. Une exposition à une seule substance est très peu probable, sauf dans des circonstances particulières, comme des accidents industriels où un polluant prédomine largement par rapport aux autres. La population est donc exposée tous les jours à une multitude de polluants à des concentrations différentes. L'effet cocktail des substances chimiques reflète alors la réalité de l'exposition de l'ensemble de la population. Ces polluants peuvent avoir des effets synergiques ou antagonistes, très difficiles à prédire, et donc à prendre en compte pour ce mémoire. Les risques encourus par le fœtus, lors d'une exposition à des polluants de l'air intérieur, peuvent donc être sous-estimés (Barbier 2011).

## **5.2 Les stratégies d'information**

Une des difficultés rencontrées dans le cadre de ce travail a été de recueillir l'avis de certains professionnels de santé sur les meilleurs moyens d'informer les futures mamans. Ceci a été le cas pour les sages-femmes libérales, les cabinets d'échographies et les PMI, entre autres. Pour certains il s'agissait simplement d'un manque de temps, notamment pour les sages-femmes, mais pour d'autres cela était dû à un manque d'intérêt pour la problématique, pour les cabinets d'échographies par exemple. Les personnes interrogées sont donc des personnes plus sensibles à la problématique étudiée, et ne sont donc pas représentatives de l'ensemble des professionnels de santé. Les résultats obtenus devront donc être étayés par la suite.

La grande disparité socio-économique de la région Nord – Pas de Calais est également un frein à la mise en place d'une politique de prévention à l'échelle régionale. En effet, il s'avère difficile de toucher toutes les tranches de la population, car selon son niveau socio-économique, une femme ne sera pas en contact avec certains professionnels de santé ou de la petite enfance. Or, il est indispensable de ne pas creuser les inégalités de santé. C'est pourquoi il est nécessaire de diversifier les types de supports pour faire passer un message et ainsi toucher un maximum de public.

Cependant, la multiplication des messages ne doit pas créer de phénomène de saturation par le public, car ceci aurait l'effet inverse de celui voulu, c'est-à-dire qu'il y aurait un rejet de la part de la population et une banalisation du message, ce qui n'est absolument pas souhaitable.

Durant cette étude, l'activité ciblée « à risque » pour le fœtus est l'aménagement de la chambre du bébé. Or, ces travaux sont un symbole fort durant la grossesse, car il s'agit de préparer l'accueil du futur bébé, la fin de la grossesse pour la femme. Il est donc très délicat de communiquer sur ce type de sujet auprès des futures mamans. C'est pourquoi les stratégies d'information doivent prendre en compte cette dimension psychologique afin de ne pas être rejetées par les femmes.

Par conséquent, il est indispensable de réussir à « doser » la quantité d'information et les messages à diffuser afin de mettre en place une prévention efficace des risques que les polluants de l'air intérieur peuvent avoir sur le fœtus. Il est très important également de veiller à ne pas avoir un discours trop « anxigène » envers la future maman.

Enfin, les informations en anténatal sont difficile à atteindre. Les messages de prévention ne sont efficaces que si la femme enceinte est informée au plus tôt des risques possibles pour le fœtus. En effet, les risques les plus graves sont encourus lors de l'organogenèse et de la différenciation sexuelle. Or ce n'est pas toujours possible, car la future maman peut se rendre compte tardivement de sa grossesse et certains messages deviennent alors inutiles.

Par conséquent, mettre en place des stratégies d'information est très délicat. Afin de ne pas creuser les inégalités de santé, les moyens d'information doivent être diversifiés, que ce soit pour la documentation écrite (plaquettes, prospectus), que pour les informations reçues par des professionnels. Les formations ne doivent pas concerner que les sages-femmes, car certaines futures mamans ne les rencontrent que tardivement pendant la grossesse. Un maximum de professionnels de santé doit être formé à la thématique air intérieur et femmes enceintes, mais également les professionnels de la petite enfance, qui rencontrent les mamans avant et après la naissance de l'enfant, et les magasins de bricolage et d'articles de puériculture, où les parents se rendent pour préparer l'arrivée du bébé. De premières formations vont concerner les sages-femmes en région Nord – Pas de Calais, et vont permettre d'évaluer les actions mises en place et l'impact d'une formation des professionnels sur les femmes enceintes.

Mais l'information ne devrait pas concerner que les femmes enceintes. Les femmes en âge de procréer sont aussi un public cible pour ce type d'information. C'est pourquoi elles ne doivent pas être oubliées lors de l'établissement d'actions de prévention.

## Conclusion

Depuis quelques années, de nombreuses études ont eu pour objectif une meilleure connaissance de la qualité de l'air à l'intérieur des locaux afin d'en appréhender les polluants et leurs effets indésirables sur la santé. Mais des recherches sont encore nécessaires, notamment pour connaître leurs effets sur des populations sensibles comme les femmes enceintes et les fœtus. En effet, les connaissances sur le fœtus sont encore faibles et méconnues par le grand public.

L'étude des polluants de l'air intérieur dans les logements et des effets indésirables connus sur le fœtus a amené à une liste de huit polluants retrouvés lors de l'aménagement de la chambre du bébé : le trichloroéthylène, le tétrachloroéthylène, le formaldéhyde, le benzène, le toluène, le styrène, le phtalate de di-2-éthylhexyle et le phtalate de diisobutyle, dont les effets sont divers : faible poids de naissance, risque d'avortement spontané, retard de croissance, malformations, perturbations endocriniennes ...

Afin de communiquer sur ces polluants auprès des femmes enceintes, plusieurs stratégies d'information doivent être mises en place pour toucher un maximum de femmes : plaquettes informatives, réunions collectives ou encore formation des professionnels de santé les accompagnant et pouvant les renseigner durant leur grossesse. Les stratégies d'information pourraient dans un premier temps être ciblées sur une activité spécifique à la grossesse et à laquelle toutes les femmes enceintes participent : l'aménagement de la chambre du futur bébé. Toutes ces propositions seront étudiées et approfondies par l'APPA fin 2011 afin de pouvoir mettre en place un programme d'actions pour l'année 2012.

---

## Bibliographie

---

- Abb, M., T. Heinrich, et al. (2009). "Phthalates in house dust." Environment International **35**: 965-970.
- Adibi, J. J., R. M. Whyatt, et al. (2008). "Characterization of phthalate exposure among pregnant women assessed by repeat air and urine samples." Environmental Health Perspectives **116**(4): 467-73.
- AFSSET (2007). Valeurs guides de qualité d'air intérieur - Le formaldéhyde: 83 p.
- AFSSET (2008). Valeurs guides de qualité d'air intérieur - Le benzène: 95 p.
- AFSSET (2009). Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur - tétrachloroéthylène: 104p.
- AFSSET (2009). Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur - Trichloroéthylène: 77p.
- AFSSET (2010). Valeurs toxicologiques de référence - Elaboration de VTR fondées sur les effets reprotoxiques: 150 p.
- ANSES (2011). Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur - Evolution de la méthode d'élaboration des valeurs guides de qualité d'air intérieur: 89 p.
- Araujo, I. B., C. A. M. Souza, et al. (1996). "Study of the embryofetotoxicity of [alpha]-terpinene in the rat." Food and Chemical Toxicology **34**(5): 477-482.
- Barbier, G. (2011). Rapport sur les perturbateurs endocriniens, le temps de la précaution: 130p.
- Blandin, M.-C. (2008). Les risques et dangers pour la santé humaine de substances chimiques d'usage courant : éthers de glycol et polluants de l'air intérieur. Évaluation de l'expertise publique et des choix opérés: 354 p.
- Boucher O Fau - Muckle, G., C. H. Muckle G Fau - Bastien, et al. (2009). "Prenatal exposure to polychlorinated biphenyls: a neuropsychologic analysis." Environmental Health Perspectives **117**(1): 7-16.
- Brown, N. A., J. C. Lamb, et al. (2000). "A Review of the Developmental and Reproductive Toxicity of Styrene." Regulatory Toxicology and Pharmacology **32**(3): 228-247.
- Santé Canada (2008). Examen de la réévaluation effectuée en 2004 sur l'huile de citronnelle et de composés apparentés pour utilisation comme insectifuge personnel: 46 p.
- Chevrier, C., G. Limon, et al. (2011). "Urinary Biomarkers of Prenatal Atrazine Exposure and Adverse Birth Outcomes in the PELAGIE Birth Cohort." Environmental Health Perspectives.
- Choi H Fau - Jedrychowski, W., J. Jedrychowski W Fau - Spengler, et al. (2006). "International studies of prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and fetal growth." Environmental Health Perspectives **114**(11): 1744-1750.
- Choi H Fau - Rauh, V., R. Rauh V Fau - Garfinkel, et al. (2008). "Prenatal exposure to airborne polycyclic aromatic hydrocarbons and risk of intrauterine growth restriction." Environmental Health Perspectives **116**(5): 658-665.
- Colborn, T., F. S. Vom Saal, et al. (1993). "Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans." Environmental Health Perspectives **101**(5): 378-384.
- Costa, L. G., M. Guizzetti, et al. (2002). "Developmental neurotoxicity: do similar phenotypes indicate a common mode of action? A comparison of fetal alcohol syndrome, toluene embryopathy and maternal phenylketonuria." Toxicology Letters **127**(1-3): 197-205.
- Council, A. C. (2004). n-Alkane Category: decane, undecane, dodecane - Voluntary Children's Chemical Evaluation Program (VCCEP) Tier 1 Pilot Submission: 195 p.
- Cravedi (2007). "Le concept de perturbation endocrinienne et la santé humaine." Medecine sciences **23**(2): 198-204.

- Delcroix, M. and C. Gomez (2006). "Grossesse et tabac ; évaluation objective des effets du tabagisme par la mesure du monoxyde de carbone expiré : résultats de 13 330 mesures lors de l'accouchement." La Revue Sage-Femme **5**(3): 119-124.
- EFRA (2004). Retardateurs de flammes - Les questions les plus courantes, EFRA: 36 p.
- US EPA (2002). Toxicological review of benzene (noncancer effects), US EPA: 180 p.
- Garnier, R. (2005). "Toxicité du plomb et de ses dérivés." EMC - Toxicologie-Pathologie **2**(2): 67-88.
- Gilbert, N. L., M. Guay, et al. (2005). "Levels and determinants of formaldehyde, acetaldehyde, and acrolein in residential indoor air in Prince Edward Island, Canada." Environmental Research **99**(1): 11-17.
- Goldgewicht, C. (2006). "Bioactivité oestrogénique du sérum chez trois nouveau-nés mâles ayant une ambiguïté sexuelle : une conséquence potentielle de l'exposition prénatale aux perturbateurs endocriniens environnementaux." Environnement, risques et santé **5**(5): 359.
- Gray Sc Fau - Edwards, S. E., M. L. Edwards Se Fau - Miranda, et al. (2010). "Assessing exposure metrics for PM and birth weight models." journal of exposure science and environmental epidemiology **20**(5): 469-477.
- Grosman, M. and A. Picot (2010). Risques liés à l'exposition prénatale et postnatale au mercure: 13p.
- HCSP (2009). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos: Le formaldéhyde. : 41 p.
- Heudorf, U., V. Mersch-Sundermann, et al. (2007). "Phthalates: Toxicology and exposure." International Journal of Hygiene and Environmental Health **210**(5): 623-634.
- INERIS (2003). Plomb et ses dérivés: 90 p.
- INERIS (2005). Cadmium et ses dérivés: 60 p.
- INERIS (2005). Cuivre et ses dérivés: 66 p.
- INERIS (2005). Polychlorobiphényles: 70 p.
- INERIS (2005). Toluène: 50 p.
- INERIS (2005). Trichloroéthylène: 62 p.
- INERIS (2005). Zinc et ses dérivés: 69 p.
- INERIS (2006). Benzène: 74 p.
- INERIS (2006). Cobalt et ses dérivés: 55 p.
- INERIS (2006). Nickel et ses dérivés: 71 p.
- INERIS (2007). Manganèse et ses dérivés: 66 p.
- INERIS (2008). Aldrine: 81 p.
- INERIS (2008). Chlordane: 113 p.
- INERIS (2008). Dieldrine: 119 p.
- INERIS (2008). Styrène: 65 p.
- INERIS (2008). Tétrachloroéthylène: 60 p.
- INERIS (2010). Mercure et ses dérivés: 120 p.
- INRS (2004). Les phtalates: 4 p.
- INRS (2004). Tétrachloroéthylène: 8 p.
- INRS (2006). Styrène, INRS: 12 p.
- INRS (2007). Benzène, INRS: 12 p.
- INRS (2008). Aldéhyde formique et solutions aqueuses: 12 p.
- INRS (2008). Hexane: 10 p.
- INRS (2008). Toluène: 12 p.
- INRS (2009). Les éthers de glycol: 6 p.
- INRS (2010). Dipentène ou d,l\_Limonène: 7 p.
- INRS (2010). Phtalate de bis-(2-éthylhexyle) DEHP - Fiche DEMETER: 11 p.
- INRS (2010). Tétrachloroéthylène - fiche DEMETER: 7 p.
- INRS (2010). Toluène - fiche DEMETER: 7 p.
- INRS (2011). Les hydrocarbures aromatiques: 6 p.
- INRS (2011). Trichloroéthylène: 12.
- INSERM (1999). Ethers de glycol- Quels risques pour la santé?: 125 p.
- Irvin, E. A., A. M. Calafat, et al. (2010). "An estimate of phthalate exposure among

- pregnant women living in Trujillo, Peru." Chemosphere **80**(11): 1301-1307.
- Iwata, M., Y. Eshima, et al. (2004). "The endocrine disruptors nonylphenol and octylphenol exert direct effects on T cells to suppress Th1 development and enhance Th2 development." Immunology Letters **94**(1-2): 135-139.
- Kalpana, B. and B. Nigel (2005). Air quality guidelines - Indoor air quality, OMS: 189- 199.
- Kavlock, R., K. Boekelheide, et al. (2002). "NTP Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction: phthalates expert panel report on the reproductive and developmental toxicity of di(2-ethylhexyl) phthalate." Reproductive Toxicology **16**(5): 529-653.
- Kirchner, S., J.-F. Arenes, et al. (2006). Campagne nationale logements: état de la qualité de l'air dans les logements français - Rapport final, OQAI: 165.
- Kohn, M. C., F. Parham, et al. (2000). "Human exposure estimates for phtalates." Environmental Health Perspectives **108**(10): A440-A443.
- Kranz Bd Fau - Simon, D. L., B. G. Simon DI Fau - Leonardi, et al. (2004). "The behavior and routes of lead exposure in pregrasping infants." Journal of exposure analysis and environmental epidemiology **14**(4): 300-311.
- Lamphear, B. P., D. A. Burgoon, et al. (1998). "Environmental exposures to lead and urban children's blood lead levels." Environmental Research **76**: 120-130.
- Lamphear, B. P., T. D. Matte, et al. (1998). "The contribution of lead-contaminated house dust and residential soil to children's blood lead levels." Environmental Research **79**: 51-68.
- Latini, G. (2005). "Monitoring phthalate exposure in humans." Clinical Chemical Acta **361**(1-2): 20-29.
- Lecluse, F. and G. Wacquet (2004). Petite enfance et parentalité dans le Nord-Pas de Calais : tout mettre en œuvre pour mieux préparer l'avenir, Région Nord-Pas de Calais: 150 p.
- Lehmann I Fau - Thoelke, A., M. Thoelke A Fau - Rehwagen, et al. (2002). "The influence of maternal exposure to volatile organic compounds on the cytokine secretion profile of neonatal T cells." Environmental Toxicology **17**(3): 203-210.
- Makoto, E., E. Miyawaki, et al. (1997). "Effects of triphenyltin chloride on implantation and pregnancy in rats." Reproductive Toxicology **11**(2-3): 201-206.
- Mandin, C. (2004). Exposition de la population française au bruit de fond du formaldéhyde et risques sanitaires associés- Rapport final., INERIS: 17 p.
- Maroziane L Fau - Grazuleviciene, R. and R. Grazuleviciene (2002). "Maternal exposure to low-level air pollution and pregnancy outcomes: a population-based study." environmental Health **1**: 1-7.
- Menard, C., D. Girard, et al. (2008). Baromètre santé environnement 2007, INPES: 39 p.
- Moschandreas, D. J., Y. Kim, et al. (2001). "In-residence, multiple route exposures to chlorpyrifos and diazinon estimated by indirect method models." Atmospheric Environment **35**: 2201-2013.
- Nikolova-Pavageau, N. and F. Pilliere (2010). "Exposition professionnelle aux perturbateurs endocriniens." Air Pur **79**: 25-30.
- OMS (1999). Santé 21 - La politique cadre de la santé pour tous dans la région européenne de l'OMS. Série européenne de la santé pour tous **27** - 38.
- Pang, Y., D. L. MacIntosh, et al. (2002). "Analysis of Aggregate Exposure to Chlorpyrifos in the NHEXAS-Maryland Investigation." Environmental Health Perspectives **110**(3): 235-240.
- Perera Fp Fau - Li, Z., R. Li Z Fau - Whyatt, et al. (2009). "Prenatal airborne polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and child IQ at age 5 years." Pediatrics **124**(2): 194-203.
- Poirier, G., A. Midelet, et al. (2010). Nous et les Autres - Spécificités et évolution des territoires du Nord – Pas-de-Calais, ORS Nord-Pas de Calais: 162 p.
- Program, N. T. (2010). Final report on carcinogens - Background document for formaldehyde, NTP: 552 p.
- Roy, A., P. G. Georgopoulos, et al. (2003). "Environmental, dietary, demographic, and activity variables associated with biomarkers of exposure for benzene and lead." Journal of exposure analysis and environmental epidemiology **13**: 417-426.

- Sabin, S. and D. Girard (2011). "La qualité de l'air intérieur: un enjeu de santé publique méconnu des Français." Bulletin d'Information en Santé Environnementale: 7p.
- Saillenfait, A. M., J. P. Sabaté, et al. (2006). "Developmental toxic effects of diisobutyl phthalate, the methyl-branched analogue of di-n-butyl phthalate, administered by gavage to rats." Toxicology Letters **165**(1): 39-46.
- Slama R Fau - Thiebaugeorges, O., V. Thiebaugeorges O Fau - Goua, et al. (2009). "Maternal personal exposure to airborne benzene and intrauterine growth." Environmental Health Perspectives **117**(8): 1313-1321.
- Tait S Fau - Ricceri, L., A. Ricceri L Fau - Venerosi, et al. (2009). "Long-term effects on hypothalamic neuropeptides after developmental exposure to chlorpyrifos in mice." Environmental Health Perspectives **117**(1): 112-116.
- Tong, S., Y. E. Von Schirnding, et al. (2000). "Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions." Bulletin of the World Health Organization **78**(9): 1068-1077.
- Van Hammée, M.-L. and C. Wattiez (1999). Pesticides à usage domestique - Risques pour la santé.: 84.
- Vorkamp, K., M. Thomsen, et al. (2011). "Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in the indoor environment and associations with prenatal exposure." Environment International **37**(1): 1-10.
- Whyatt Rm Fau - Rauh, V., D. B. Rauh V Fau - Barr, et al. (2004). "Prenatal insecticide exposures and birth weight and length among an urban minority cohort." Environmental Health Perspectives **112**(10): 1125-1132.
- Wittassek, M., J. Angerer, et al. (2009). "Fetal exposure to phthalates - a pilot study." International Journal of Hygiene and Environmental Health **212**(5): 492-498.
- Wormuth, M., M. Scheringer, et al. (2006). "What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in Europeans?" Risk Analysis **26**(3): 803-824.
- Zeghnoun, A. and F. Dor (2010). Description du budget espace-temps et estimation de l'exposition de la population française dans son logement, InVS: 40 p.
- Zhang J Fau - Smith, K. R. and K. R. Smith (2003). "Indoor air pollution: a global health concern." British Medical Bulletin **68**: 209-225.

---

## Webographie

---

- ATSDR. (2009). "Public Health Statement for Phosphate Ester Flame Retardants." <http://www.atsdr.cdc.gov/PHS/PHS.asp?id=1118&tid=239>.
- ESTIS. "Les polluants organiques persistants." Consulté le 13/05/2011 [http://www.estis.net/sites/cien\\_cg/default.asp?site=cien\\_cg&page\\_id=EA1B709A-511B-42F9-8EDD-14538A0189F8](http://www.estis.net/sites/cien_cg/default.asp?site=cien_cg&page_id=EA1B709A-511B-42F9-8EDD-14538A0189F8).
- INSEE. "Pages Région Nord - Pas de Calais." Consulté le 27/07/2011 <http://www.insee.fr/fr/regions/nord-pas-de-calais/>.
- Journal de l'environnement (2011). "Perturbateurs endocriniens, l'Europe trop lente à interdire certaines molécules." Consulté le 04/07/2011 <http://www.journaldelenvironnement.net/article/perturbateurs-endocriniens-l-europe-trop-lente-a-interdire-certaines-molecules,22970>.
- Universités de Fribourg, Lausanne et Berne "Cours d'embryologie en ligne à l'usage des étudiants et étudiantes en médecine." Consulté le 03/05/2011 [www.embryologie.ch](http://www.embryologie.ch).



---

## Liste des figures

---

Figure 1 : Les fenêtres de vulnérabilité pendant la grossesse ..... 7  
Figure 2 : Réponses à la question « qu'évoque la qualité de l'air intérieur pour vous ? » 39

---

## Liste des tableaux

---

Tableau I : contribution des expositions pour le chlorpyrifos ..... 29

---

## Liste des annexes

---

Annexe 1 : Liste des polluants de l'air intérieur.....	II
Annexe 2 : tableau récapitulatif des polluants de l'air intérieur.....	III
Annexe 3 : Origine des substances mesurées dans l'air intérieur, avec effet avéré sur le fœtus et perturbation endocrinienne .....	XII
Annexe 4 : Liste des personnes interrogées.....	XIV
Annexe 5 : Questionnaire à destination des professionnels de santé et de la petite enfance .....	XV
Annexe 6 : Questionnaire à destination des femmes enceintes.....	XIX

## Annexe 1 : Liste des polluants de l'air intérieur

Composés de la fumée de tabac	Hexabromo biphényle	2-méthylpentane	isopropanol	Isobutyraldéhyde	Cobalt	Deltaméthrine	Bromodichlorométhane
Monoxyde de carbone	Décabromo biphényle	3-méthylpentane	PCB	Valéraldéhyde	Mercurie	3-PBA	Chlorodibromométhane
Dioxyde de carbone	Dioxines et furanes	Méthylcyclopentane	Heptane-2-one	Isovaléraldéhyde	Manganèse	DBCA	Bromoforme
Ozone	Particules ultra-fines	Cyclohexane	2-butanone	Propanal	Cadmium	Pipéronyl butoxyde	Allergènes d'animaux, moisissures, pollens, blattes
Monoxyde d'azote	PM2.5	Tétrachlorure de carbone	Acétone	Butanal	Chlorpyrifos	Métolachlore	Crésol
Dioxyde d'azote	PM10	MTBE	Méthylisobutylcétone	Heptanal	Dichlorvos	Heptachlore	Xylénol
Dioxyde de soufre	1,2-dichloropropane	ETBE	1-octène-3-one	Octanal	Méthyl parathion	Heptachlore époxyde	Propylphénol
Acide nitreux	Acide éthyl hexanoïque	EGME	1-nonène-3-one	Nonanal	Propoxur	Trans-nonachlore	Butylphénol
Ammoniac	Acide formique	EGEE	Acétate de n-butyle	Décanal	Chlordane	1,1,1-trichloroéthane	Amylphénol
Arsenic	Acide acétique	EGEEA	Acétate d'éthyle	Hexanal	Chlordécone	1,1,1-trichlorobis (p-chlorophényl)éthane	Heptylphénol
Polluants issus du trafic routier	Limonène	EGBE	Propanoate d'éthyle	N-butylbenzyl phtalate	Carbaryl	Aldicarbe	Octylphénol
Bisphénol-A	Eucalyptol	EGMEA	Heptanoate d'éthyle	Di-(2-éthylhexyl)-phtalate	Permethrine	DDT	4-n-octylphénol
Tribromodiphényle éther	3-carène	EGDEF	Chlorure de méthylène	Diméthyl phtalate	Oxadiazon	Ortho-phénylphénol	Nonylphénol
Tétrabromodiphényle éther	Camphène	DEGME	Trichloroéthylène	Diéthyl phtalate	Diazinon	Pentachlorophénol	4-nonylphénol
Pentabromodiphényle éther	Alpha-pinène	DEGBE	Tétrachloroéthylène	Diisononyl phtalate	Parathion	Folpel	Dodécylphénol
Hexabromodiphényle éther	Béta-pinène	DEGEE	Chlorobenzène	Diisodécyl phtalate	Malathion	2,4-D	4-(1,1,3,3-tert-methylbutyl)phenol
Heptabromodiphényle éther	Alpha-terpinène	DEGDME	Paradichlorobenzène	Diisobutyl phtalate	Methoxychlore	Diuron	Monobutylétain
Octabromodiphényle éther	Naphtalène	DPGME	1,4-dichlorobenzène	Dibutyl phtalate	Lindane	Isoproturon	Dibutylétain
Décabromodiphényle éther	fluoranthène	EGPhE	Benzène	di-n-propyl phtalate	Aldrine	Atrazine	Tributylétain
hexabromocyclohexadécane	Phénanthrène	EGDME	Toluène	di-n-octyl phtalate	Dieldrine	Terbutylazine	Tétrabutylétain
Tétrabromobisphénol-A	Pyrène	TPGME	Éthylbenzène	di-n-butyl phtalate	Endrine	Diflufénicanil	Mono-octylétain
Tétrabromobisphénol-A diméthyléther	Benzo(a)pyrène	TEGDME	Trinitrotoluène	Dicyclohexyl phtalate	Dicofol	Alachlore	di-octylétain
Tétrabromobisphénol-A bis (2,3 dibromopropyl éther)	n-décane	2PG1ME	o-xylène	Tributyl phosphate	Vinclozoline	Acétochlore	Tricyclohexylétain
Tétrabromobisphénol-A bis (allyléther)	n-undécane	1PG2ME	m,p-xylènes	tris(2-chloroéthyl) phosphate	Endosulfan	Trifluraline	Triphénylétain
Tétrabromobisphénol-A bis (2-hydroxyethyl éther)	n-nonadécane	1PG2MEA	1,2,4-triméthylbenzène	Triphényl phosphate	Empenthrine	Fenoxaprop-p-éthyl	Paraffines chlorées à chaînes courtes
Tétrabromobisphénol-A brominated epoxy oligomère	n-nonane	2PG1BE	Styrène	Tris(2-butoxyéthyl) phosphate	d-phénothrine	Dicamba	Radon
Tétrabromobisphénol-A carbonate oligomère	n-hexane	2PG1EE	formaldéhyde	Plomb	λ-cyhalothrine	chloroforme	
Dibromo biphényle	n-heptane	Butanol	Acroléine	Cuivre	Cyfluthrine	warfarine	
Tétrabromo biphényle	n-octane	éthanol	Acétaldéhyde	Nickel	Cyperméthrine	amiante	
Pentabromo biphényle	dodécane	méthanol	benzaldéhyde	zinc	tétraméthrine	Fibres minérales artificielles	

## Annexe 2 : tableau récapitulatif des polluants de l'air intérieur

famille	substances	effet sur fœtus?	mesurés dans l'AI?	Effets	Mécanisme de perturbation endocrinienne?	sources
	Composés de la fumée de tabac	++	oui	faible poids de naissance, petite taille du fœtus, impact sur la méthylation de l'ADN, anomalies du rythme cardiaque, asthme, atteinte des voies respiratoires	oui (impact sur les futures capacités de reproduction de l'enfant)	cigarettes (tabagisme actif et passif)
Gaz inorganique	monoxyde de carbone	++	oui	atteinte des fonctions respiratoires, faible poids de naissance		appareils de chauffage et de production d'eau chaude, tabagisme, véhicules à moteur, cuisinières au gaz
Gaz inorganique	dioxyde de soufre	++	oui	faible poids de naissance		désinfectant, antiseptique, antibactérien, gaz réfrigérant, agent de blanchiment, conservateur de certaines denrées alimentaires, chauffage domestique, véhicules diesel
Gaz inorganique	dioxyde d'azote	++	oui	risque d'asthme chez l'enfant, prématurité, faible poids de naissance, retard de développement, retard d'ossification et anomalies du squelette		chauffage au gaz, cuisinière au gaz
retardateurs de flamme	hexabromocyclododécane	++	oui	effets sur le développement fœtal		meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
particules	particules fines (PM2,5)	++	oui	retard de croissance fœtale, faible poids de naissance, petite taille, petit périmètre crânien		pollution extérieurs (dont effluents diesel), fumée de tabac, cuisine, ménage, combustion, appareils moteurs électriques (aspirateur, ventilateur)
particules	particules (PM10)	++	oui	retard de croissance fœtale, faible poids de naissance		combustion fossile, trafic routier, industries, centrales thermiques
HAP	naphtalène	++	oui	faible poids de naissance, troubles neurocomportementaux, troubles du développement intellectuel		plastifiants, résines, insecticide, répulsif, teintures, parfums, tannerie
HAP	benzo(a)pyrène	++	oui	faible poids de naissance, troubles neurocomportementaux, troubles du développement intellectuel,	oui (empêche le passage naturel des hormones)	cokeries, électrodes, fonderies, épandage routier, nettoyage fours et tuyauterie, usinage, combustion incomplète
éthers de glycol	EGEEA (ethylene glycol ethyl ether acetate)	++	oui	atteinte du développement, avortements spontanés		peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
hydrocarbures halogénés	trichloroéthylène	++	oui	fente palatine	oui	peintures, vernis, colles, dégraissant métaux, détachant
hydrocarbures halogénés	tétrachloroéthylène	++	oui	avortements spontanés	oui	nettoyage à sec, textiles, moquettes, tapis
hydrocarbures aromatiques	benzène	++	oui	avortements spontanés, faible poids de naissance, périmètre crânien faible	oui	carburants, fumée de tabac, produits de bricolage, ameublement, produits de construction et de décoration, désodorisants, aérosols, nettoyeurs ménagers, traitement du bois
hydrocarbures aromatiques	toluène	++	oui	avortement spontané, faible poids de naissance, toxicité sur le développement, neurotoxicité	oui	peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, vapeur d'essence, aérosols, nettoyeurs ménagers, traitement du bois
hydrocarbures aromatiques	styrène	++	oui	faible poids de naissance	oui	matières plastiques, matériaux isolants, automobiles, fumée de tabac
aldéhydes	formaldéhyde	++	oui	faible poids de naissance	oui	panneaux de particules, de fibres, en bois agglomérés, émissions des livres et magazines neufs, peintures, fumée de tabac, colle, photocopieurs, vernis, tapis, textiles, cosmétiques
phtalates	di-(2-éthylhexyl)-phtalate (DEHP)	++	oui	atteinte du développement	oui (malformations, notamment de l'appareil génital masculin)	plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets
phtalates	diisobutyl phtalate (DiBP)	++	oui		oui (altération du développement de l'appareil reproducteur masculin)	plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets
PCB (polychlorobiphényles) (interdit depuis 1985)		++	oui	faible poids de naissance, avortements spontanés. Atteinte des fonctions neuropsychologiques (notamment effets sur les fonctions exécutives), problèmes d'expression verbale, diminution du QI.	oui (atteinte de la fonction thyroïdienne)	isolants électriques, ignifuges, plastifiants, en traitement de surface, dans les encres, mastics, peintures
métaux	plomb	++	oui	faible poids de naissance, petite taille à la naissance, atteinte du SNC.	oui	tuyauterie d'eau, peintures, accumulateurs électriques
insecticides	chlorpyrifos	++	oui	effets neurodéveloppementaux	oui (atteinte de la fonction thyroïdienne)	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	chlordane	++	oui		oui	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités

insecticides	malathion	++	oui	atteinte du cerveau et du foie		pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	aldrine	++	oui	prématurité et avortement spontané?	oui	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	dieldrine	++	oui	neurotoxicité	oui	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	endosulfan	++	oui	neurotoxicité	oui	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	heptachlore	++	oui	malformations congénitales, atteinte du système immunitaire, dysfonctionnement de l'appareil reproducteur		pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	DDT (interdit depuis 1972)	++	oui		oui (atteinte de la fonction thyroïdienne)	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
herbicides	atrazine (interdit en 2003)	++	oui	retard de la croissance fœtale, faible poids	oui (hypospadias)	herbicides
herbicides	alachlore	++	oui		oui	herbicides
	arsenic	++		malformations, faible poids de naissance		pesticide, traitement du bois, imprimantes, photocopieurs, matériaux semi-conducteurs
	Polluants issus du trafic routier	++		prématurité, risque d'asthme, allergies		axes routiers
	bisphénol-A	++		avortements spontanés, impact sur le développement neurologique	oui (effets oestrogéniques)	canalisations d'eau, tubulures médicales, contenants alimentaires, jouets
dioxines et furanes		++		retard de croissance, retard du développement psychomoteur	oui (variations dans le rapport des sexes, plus de filles que de garçons)	UIOM, industries chimiques utilisant des produits chlorés
particules	particules ultra-fines	++		retard de croissance fœtale, faible poids de naissance		bougie, tabagisme, cuisson, désodorisant, aspirateur, fer à repasser à vapeur
alcanes	dodecane	++		influence sur la réponse immunitaire		white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
alcanes	methylcyclopentane	++		influence sur la réponse immunitaire		white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
éthers de glycol	EGME (ethylene glycol methyl ether)	++		malformations (notamment de la région faciale), réduction des membres, retards mentaux		peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	EGEE (ethylene glycol ethyl ether)	++		faible poids de naissance, malformations des viscères et du squelette		peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	EGMEA (ethylene glycol methyl ether acetate)	++		foetotoxicité	oui (hypospadias)	peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	EGDEE (ethylene glycol diethyl ether)	++		malformations		peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	DEGDME (diethylene glycol dimethyl ether)	++		mort fœtale, malformations		peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	EGDME (ethylene glycol dimethyl ether)	++		effets sur le développement fœtal, foetotoxicité		peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	TEGDME (triethylene glycol dimethyl ether)	++		mort fœtale, malformations		peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	1PG2ME (1-propylene glycol 2-methyl ether)	++		mort fœtale, malformations		peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	1PG2MEA (1-propylene glycol 2-methyl ether acetate)	++		atteinte du développement, foetotoxicité		peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
hydrocarbures aromatiques	trinitrotoluène	++			oui	explosifs
métaux	nickel	++		faible poids de naissance, malformations, avortements spontanés		activités industrielles (électroniques, galvanisation,...), piles et accumulateurs, bijouterie, pièces de 1 et 2 euro

métaux	mercure	++		faible poids de naissance, malformations congénitales, avortements spontanés	oui	exploitation minière, fabrication et utilisation de certains produits, utilisation de combustibles
insecticides	chlordécone	++			oui (xéno-œstrogène)	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	methoxychlore	++			oui	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	endrine	++		malformations congénitales		pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	dicofol	++			oui	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	vinclozoline	++			oui (anti-androgéniques)	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
herbicides	2,4-D	++		malformations	oui (atteinte de la thyroïde et des gonades)	herbicides
raticide	warfarine (coumafène)	++		avortements spontanés, "syndrome fœtale de la warfarine" (chondrodysplasie et hypoplasie nasale), malformations du SNC, malformations des yeux et des oreilles, faible poids de naissance, impact sur le développement psychomoteur de l'enfant		raticide
Gaz inorganique	ozone	* (étude chez le rat)	oui	résorption fœtale, retard du développement comportemental		air extérieur, purificateurs d'air, certains photocopieurs et imprimantes
retardateurs de flamme	décabromodiphényl éther	* (étude chez l'animal)	oui		oui	meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
terpènes	limonène	+ (étude chez l'animal)	oui	malformations du squelette, des membres et de la région craniofaciale		huiles essentielles, cosmétiques, parfums, peintures, meubles, produits d'entretien dégraissage de machines
alcanes	n-undécane	+ (étude chez l'animal)	oui	faible poids de naissance		white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyants sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
halogénoalcanes	tétrachlorure de carbone	* (étude chez le rat)	oui	hepatotoxicité, taille et poids de naissance faibles, œdème sous-cutané, anomalies du sternum		usages industriels, incinération de déchets
esters	acétate de n-butyle	+ (étude chez l'animal)	oui	poids et taille du fœtus diminués, poids du placenta diminué, malformations mineures (dysmorphie des côtes, retard de l'ossification pelvienne, dilatation des urètres)		matières plastiques, encres, peintures, laques, vernis
éthers de glycol	EGBE (ethylene glycol n-butyl ether)	* (étude chez l'animal)	oui	avortements spontanés,		peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
hydrocarbures halogénés	1,4-dichlorobenzène	* (étude chez l'animal)	oui	réduction du poids, impact sur le développement		anti-mite, désodorisant, taupicide
hydrocarbures aromatiques	éthylbenzène	* (étude chez l'animal)	oui	avortements spontanés, résorption fœtale, retard de développement du squelette, présence de côtes surnuméraires, anomalies du tractus urinaire, réduction de poids		effluents automobiles, cires
hydrocarbures aromatiques	1,2,4-triméthylbenzène	* (étude chez l'animal)	oui	retard de croissance fœtale		solvants pétroliers, carburants, goudrons, vernis, désodorisants, aérosols, nettoyants ménagers
aldéhydes	acroléine	* (étude chez l'animal)	oui	avortements spontanés, malformations		effluents automobiles, fumée de tabac, combustion et chauffage des graisses animales et végétales
aldéhydes	acétaldéhyde	* (étude chez l'animal)	oui	malformations		fumée de tabac, panneaux de bois brut et de particules, isolants, photocopieurs
phtalates	n-butylbenzyl phtalate (BBzP)	* (étude chez l'animal)	oui	résorption, mortalité fœtale, effet sur le développement, faible poids de naissance	oui (action anti-androgénique (atteinte de l'appareil reproducteur mâle))	plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets
phtalates	diisononyl phtalate (DiNP)	* (étude chez l'animal)	oui	variations squelettiques et viscérales		plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets
phtalates	diisodécyl phtalate (DiDP)	* (étude chez l'animal)	oui	variations squelettiques et viscérales		plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets

phtalates	di-n-butyl phtalate (DnBP)	* (étude chez l'animal)	oui	altération du développement	oui (malformations, notamment de l'appareil génital masculin (action anti-androgénique))	plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets
phtalates	diéthyl phtalate (DEP)	* (étude chez l'animal)	oui	malformations du squelette, faible poids foetal		plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets
insecticides	propoxur	* (étude chez l'animal)	oui	poids et taille du fœtus		pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	parathion	* (étude chez l'animal)	oui	résorption, mort foetale, hypotrophie		pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	lindane	* (étude chez l'animal)	oui	neurotoxicité		pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	cyfluthrine	* (étude chez l'animal)	oui		oui	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	1,1,1-trichloroéthane	* (étude chez l'animal)	oui	malformations		pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
fongicides	pentachlorophé nol	* (étude chez l'animal)	oui	faible poids de naissance, petite taille, malformations du squelette, décès		fongicides (pour la préservation du bois)
alkylphénols	4-nonylphenol	* (étude chez l'animal)	oui		oui (effets oestrogéniques)	détergents, cosmétiques, produits de nettoyage, produits industriels, PVC
	paraffines chlorées à chaîne courte	* (étude chez l'animal)	oui	que pour voie orale		plastiques, peintures, mastics, caoutchoucs
terpènes	alpha-terpinène	* (étude chez l'animal)		faible poids de naissance, retard de développement, retard de formation du squelette		huiles essentielles
Gaz inorganique	dioxyde de carbone	* (étude chez l'animal)		malformations cardiaques et du squelette		combustion d'énergies fossiles
acides organiques	acide formique	+ (étude chez l'animal)		retard de croissance et de développement, augmentation des anomalies ( neuropores antérieur et postérieur ouverts, anomalies de la queue, hypertrophie du péricarde, développement cardiaque retardé)		industries textiles, du cuir, papetière, insecticides, détartrant domestique
alcanes	n-hexane	+ (étude chez l'animal)		retard de croissance, résorption, variations squelettiques, faible poids foetal		white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
éthers	méthyl-ter-butyle éther (MTBE)	+ (étude chez l'animal)		diminution du poids, modifications de développement suivant la dose		trafic routier, usages médicaux
alcool	butanol	+ (étude chez l'animal)		baisse du poids foetal		solvants dans les produits ménagers, colles, peintures, vernis, désodorisants d'intérieurs
alcool	éthanol	+ (étude chez l'animal)		retard de croissance, anomalies de développement, troubles du comportement		solvants dans les produits ménagers, colles, peintures, vernis, désodorisants d'intérieurs
alcool	méthanol	+ (étude chez l'animal)		malformations congénitales: côtes surnuméraires ou rudimentaires, malformations des systèmes urinaire ou cardio-vasculaire		solvants dans les produits ménagers, colles, peintures, vernis, désodorisants d'intérieurs
alcool	isopropanol	+ (étude chez l'animal)		effets narcotiques, perte embryonnaire, réduction du poids foetal, augmentation du nombre de côtes cervicales		solvants dans les produits ménagers, colles, peintures, vernis, désodorisants d'intérieurs
cétone	2-butanone	+ (étude chez l'animal)		retard d'ossification, côtes surnuméraires, réduction du poids, mauvais alignement des sternèbres, retard de maturation du cortex cérébral (si synergie avec n-hexane)		solvants dans vernis, colles, adhésifs, dégraissant
cétone	méthylisobutylc étone	+ (étude chez l'animal)		retard d'ossification		solvants dans vernis, colles, adhésifs, dégraissant
phtalates	dibutyl phtalate (DBP)	* (étude chez l'animal)		altération du développement	oui (malformations des organes de la reproduction, notamment l'appareil génital masculin (action anti-androgénique))	plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets
phtalates	dicyclohexyl phtalate (DCHP)	* (étude chez l'animal)		impact sur les neurotransmetteurs	oui (action oestrogénique, affecte la thyroïde)	plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, peintures, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets

phosphates	tributyl phosphate (TBP)	* (étude chez l'animal)		que pour voie orale		retardateur de flammes dans l'aéronautique, solvant d'extraction de métaux rares, additif antimousse, plastifiants pour fluides hydrauliques et revêtement, certaines peintures et fluides hydrauliques de frein
phosphates	tris(2-chloroéthyl) phosphate (TCEP)	* (étude chez l'animal)		faible poids de naissance, diminution du nombre de mâles		plastifiant utilisé pour les meubles, la construction (toiture), les tapis et tissus d'ameublement, produits électroniques, fabrication automobile
métaux	cuivre	* (étude chez l'animal)		faible poids de naissance		exploitation minière, production de métaux, production de bois, production de fertilisants aux phosphates, composants électrique et électroniques, tuyauterie d'eau, ustensiles de cuisine, pièces de monnaie
métaux	manganèse	* (étude chez l'animal)		faible poids de naissance	oui	engrais, piles électriques, pesticides
métaux	cadmium	* (étude chez l'animal)		faible poids de naissance, effets neuro-développementaux	oui	fumée de tabac, engrais, équipements électrique et électroniques, piles, combustion d'énergie fossiles (centrale thermique, transport routier, combustion industrielle), UIOM
insecticides	cyperméthrine	* (étude chez l'animal)		effets sur le développement	oui	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	pipéronyl butoxyde	* (étude chez l'animal)		malformations congénitales		pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	aldicarbe	* (étude chez l'animal)			oui	pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
alkylphénols	octylphenol	* (étude chez l'animal)				PE: impact sur les cellules T (supprime le développement des Th1, active le développement des Th2), empêche la sécrétion de FSH (diminution de la taille des testicules et du nombre de cellules de Sertoli à la naissance)
alkylphénols	nonylphenol	* (étude chez l'animal)				PE: impact sur les cellules T (supprime le développement des Th1, active le développement des Th2)
composés organoétains	triphénylétain	* (étude chez l'animal)		faible poids de naissance		stabilisants des plastiques (notamment PVC), traitement anti-acariens, anti-moisissures de certains tapis et revêtements de sol PVC
fibre	amiante (interdit depuis 1997)	* (étude chez l'animal)				matériaux de construction, peintures, colles, enduits, joints, bitumes, mastics, mortiers
retardateurs de flamme	tribromodiphényle éther	+	oui		oui	meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
retardateurs de flamme	tétrabromodiphényle éther	+	oui		oui	meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
retardateurs de flamme	pentabromodiphényle éther	+	oui			PE: diminution de la distance anogénitale, baisse de la concentration en hormones sexuelles stéroïdiennes circulantes, atteinte de la thyroïde, baisse du nombre de follicules ovariens
retardateurs de flamme	hexabromodiphényle éther	+	oui		oui	meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
retardateurs de flamme	heptabromodiphényle éther	+	oui		oui	meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
terpènes	alpha-pinène	+	oui			huiles essentielles, cosmétiques, parfums, peintures, meubles, produits d'entretien dégraissage de machines
hydrocarbures aromatiques	o-xylène	+	oui	retard de l'ossification, résorption fœtale, diminution du poids		peintures, vernis, colles, insecticides, traitement du bois
hydrocarbures aromatiques	m,p-xylènes	+	oui			
phtalates	di-n-propyl phtalate (DPP)	+	oui			plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets



insecticides	dichlorvos	+	oui	atteinte du SNC		pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	méthyl parathion	+	oui			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	perméthrine	+	oui			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
herbicides	terbutylazine	+	oui			herbicides
fongicides	folpel	+	oui			fongicides
fibre	Fibres minérales artificielles	+	oui			matériaux de construction (isolation phonique et thermique)
retardateurs de flamme	octabromodiphényl éther	+				meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
retardateurs de flamme	tétrabromobisphénol-A	+		impact sur le développement neurologique	oui (atteinte des fonctions thyroïdiennes)	meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
terpènes	eucalyptol	+				huiles essentielles, cosmétiques, parfums, peintures, meubles, produits d'entretien dégraissage de machines
terpènes	3-carène	+				huiles essentielles, cosmétiques, parfums, peintures, meubles, produits d'entretien dégraissage de machines
terpènes	camphène	+				huiles essentielles, cosmétiques, parfums, peintures, meubles, produits d'entretien dégraissage de machines
terpènes	beta-pinène	+				huiles essentielles, cosmétiques, parfums, peintures, meubles, produits d'entretien dégraissage de machines
éthers de glycol	DEGME (diéthylène glycol méthyl éther)	+				peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
hydrocarbures halogénés	chlorure de méthylène	+		léger retard d'ossification		décapant à peintures et vernis, décapant pour résines photorésistantes, solvant de dégraissage, aérosols, colles, mousses polyuréthanes, films et fibres cellulosiques
insecticides	carbaryl	+				pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
fongicides	ortho-phénylphénol	+				fongicides
herbicides	dicamba	+				herbicides
THM	chloroforme	+				sous-produits de désinfection de l'eau (notamment dans les piscines)
THM	bromodichlorométhane	+				
THM	chlorodibromométhane	+				
THM	bromoforme	+				
alcanes	n-décane	—				white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
alcanes	cyclohexane	—				white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
éthers	éthyl-ter-butyle éther (ETBE)	—				trafic routier
éthers de glycol	DEGBE (diéthylène glycol butyl éther)	—				peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	DEGEE (diéthylène glycol éthyl éther)	—				peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	DPGME (dipropylène glycol méthyl éther)	—				peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	EGPhE (éthylène glycol phényl éther)	—				peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	TPGME (tripropylène glycol méthyl)	—				peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques

	ether)				
éthers de glycol	2PG1ME ( 2-propylene glycol 1-methyl ether)	—			peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	2PG1BE (2-propylene glycol 1-n-butyl ether)	—			peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
éthers de glycol	2PG1EE (2-propylene glycol 1-ethyl ether)	—			peintures, encres, vernis, teintures, colles, adhésifs, produits d'entretien, cosmétiques
hydrocarbures halogénés	chlorobenzène	—			pesticides, peintures, vernis, répulsif pour les taupes
aldéhydes	isobutyraldéhyde	—			parfums, tannerie, textiles, plastiques, additifs dans les essences, usages industriels
aldéhydes	isovaléraldéhyde	—			pesticides, additifs
aldéhydes	propanal	—			intermédiaire de production du propan-1-ol
phtalates	di-n-octyl phtalate (DnOP)	—			plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets
phosphates	triphényl phosphate (TPP)	—			plaisifant dans les laques plastiques, les vernis, imprégnation des papiers de couverture
phosphates	tris(2-butoxyéthyl) phosphate (TBEP)	—			plastiques, engrais
métaux	zinc	—			activités industrielles (industrie de l'acier, combustion de déchets et de charbon, exploitation minière)
métaux	cobalt	—			produits chimiques à base de cobalt, combustion du charbon, exploitation minière, installations de fonte
insecticides	diazinon	—			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	métolachlore	—			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
herbicides	isoproturon	—			herbicides
herbicides	acétochlore	—			herbicides
Gaz inorganique	monoxyde d'azote	*			gaz à usage médical
Gaz inorganique	acide nitreux (HNO2)	*			cuisinière à gaz, humidificateur d'air, air conditionné
Gaz inorganique	ammoniac	*			fertilisants agricoles, produits nettoyants
retardateurs de flamme	tétrabromobisp hénol-A diméthyléther	*			meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
retardateurs de flamme	tétrabromobisp hénol-A bis(2,3-dibromopropyl éther)	*			meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
retardateurs de flamme	tétrabromobisp hénol-A bis(allyléther)	*			meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
retardateurs de flamme	tétrabromobisp hénol-A bis(2-hydroxyéthyl éther)	*			meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
retardateurs de flamme	tétrabromobisp hénol-A brominated epoxy oligomère	*			meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
retardateurs de flamme	tétrabromobisp hénol-A carbonate oligomère	*			meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques
polybromo biphényles (PBB)	dibromo biphényle	*			retardateurs de flamme bromés (meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques)
polybromo biphényles (PBB)	tétrabromo biphényle	*			retardateurs de flamme bromés (meubles, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques)

polybromo biphényles (PBB)	pentabromo biphényle	*			retardateurs de flamme bromés (mobilier, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques)
polybromo biphényles (PBB)	hexabromo biphényle	*			retardateurs de flamme bromés (mobilier, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques)
polybromo biphényles (PBB)	décabromo biphényle	*			retardateurs de flamme bromés (mobilier, composants électroniques, textiles, plastiques, mousses, composants électriques)
	1,2-dichloropropane	*			décapage de peintures, vernis, dégraissage des métaux, détachage en teinturerie, traitement des sols (nématocide)
acides organiques	acide ethyl hexanoïque	*			solvant de pesticides
acides organiques	acide acétique	*			matières plastiques, industrie textile, tannerie, imprimerie, électronique, secteur médical, parfumerie
HAP	fluoranthène	*			combustion fossile
HAP	phénanthrène	*			combustion fossile, fumée de tabac, trafic routier, viandes grillées au charbon de bois, huiles moteur usagées
HAP	pyrène	*			teintures, composés optiques, isolation électrique
alcanes	n-nonadécane	*			white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
alcanes	n-nonane	*			white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
alcanes	n-heptane	*			white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
alcanes	n-octane	*			white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
alcanes	2-méthylpentane	*			white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
alcanes	3-méthylpentane	*			white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis, aérosols, désodorisants
cétone	heptane-2-one	*			solvants dans vernis, colles, adhésifs, dégraissant
cétone	acétone	*			solvants dans vernis, colles, adhésifs, dégraissant
cétone	1-octène-3-one	*			solvants dans vernis, colles, adhésifs, dégraissant
cétone	1-nonène-3-one	*			solvants dans vernis, colles, adhésifs, dégraissant
esters	acétate d'éthyle	*			verniss, laques, encres, parfums, diluants
esters	propanoate d'éthyle	*			résines, agent de saveur
esters	heptanoate d'éthyle	*			tabagisme, agent de saveur
hydrocarbures halogénés	paradichlorobenzène	*			boules et plaquettes anti-mites, blocs WC
aldéhydes	benzaldéhyde	*			parfumerie, arômes artificiels, huiles, résines, acétate et nitrate de cellulose, pesticides, combustion (moteurs thermiques essence ou diesel, incinérateur, bois)
aldéhydes	valéraldéhyde	*			parfums, caoutchouc, résines
aldéhydes	butanal	*			agent de saveur, cosmétiques
aldéhydes	heptanal	*			cosmétiques, parfums, agent de saveur
aldéhydes	octanal	*			parfums, produits de toilette, produits de nettoyage
aldéhydes	nonanal	*			parfums, agent de saveur
aldéhydes	décanal	*			parfums
aldéhydes	hexanal	*			panneaux de particules et de bois brut, émissions des livres et magazines neufs, peintures, produits de traitement du bois (phase aqueuse)
phtalates	diméthyl phtalate (DMP)	*			plastiques de type PVC: revêtements de surfaces, emballages alimentaires, appareillages médicaux, cosmétiques, parfums, plastiques, matériaux d'ameublement, rideaux de douche, gants en plastique, jouets

insecticides	oxadiazon	*			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	empenthrine	*			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	d-phénothrine	*			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	λ-cyhalothrine	*			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	tétraméthrine	*			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	deltaméthrine	*			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	3-PBA (acide 3-phénoxybenzoïque)	*			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	DBCA	*			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	heptachlore époxyde	*			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	trans-nonachlore	*			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
insecticides	1,1,1-trichlorobis(p-chlorophényl)éthane	*			pesticides (25 à 75% partent à l'atmosphère), émanations de matériaux traités, air extérieur à proximité de champs traités
herbicides	diflufénicanil	*			herbicides
herbicides	trifluraline	*			herbicides
herbicides	fenoxaprop-p-ethyl	*			herbicides
herbicides	diuron	*			herbicides
alkylphénols	crésol	*			détergents, cosmétiques, produits de nettoyage, produits industriels, PVC
alkylphénols	xylénol	*			détergents, cosmétiques, produits de nettoyage, produits industriels, PVC
alkylphénols	propylphénol	*			détergents, cosmétiques, produits de nettoyage, produits industriels, PVC
alkylphénols	butylphénol	*			détergents, cosmétiques, produits de nettoyage, produits industriels, PVC
alkylphénols	amylphénol	*			détergents, cosmétiques, produits de nettoyage, produits industriels, PVC
alkylphénols	heptylphénol	*			détergents, cosmétiques, produits de nettoyage, produits industriels, PVC
alkylphénols	4-n-octylphénol	*			détergents, cosmétiques, produits de nettoyage, produits industriels, PVC
alkylphénols	dodecylphénol	*			détergents, cosmétiques, produits de nettoyage, produits industriels, PVC
alkylphénols	4-(1,1,3,3-tert-méthylbutyl)phénol	*			détergents, cosmétiques, produits de nettoyage, produits industriels, PVC
composés organoétains	monobutylétain	*			stabilisants des plastiques (notamment PVC), traitement anti-acariens, anti-moisissures de certains tapis et revêtements de sol PVC
composés organoétains	dibutylétain	*			stabilisants des plastiques (notamment PVC), traitement anti-acariens, anti-moisissures de certains tapis et revêtements de sol PVC
composés organoétains	tributylétain	*			stabilisants des plastiques (notamment PVC), traitement anti-acariens, anti-moisissures de certains tapis et revêtements de sol PVC
composés organoétains	tétrabutylétain	*			stabilisants des plastiques (notamment PVC), traitement anti-acariens, anti-moisissures de certains tapis et revêtements de sol PVC
composés organoétains	mono-octylétain	*			stabilisants des plastiques (notamment PVC), traitement anti-acariens, anti-moisissures de certains tapis et revêtements de sol PVC
composés organoétains	di-octylétain	*			stabilisants des plastiques (notamment PVC), traitement anti-acariens, anti-moisissures de certains tapis et revêtements de sol PVC
composés organoétains	tricyclohexylétain	*			stabilisants des plastiques (notamment PVC), traitement anti-acariens, anti-moisissures de certains tapis et revêtements de sol PVC

### Annexe 3 : Origine des substances mesurées dans l'air intérieur, avec effet avéré sur le fœtus et perturbation endocrinienne

Substances	Source actuelle dans produits de grande consommation						Source ancienne mais pouvant être retrouvée dans l'habitat			Remarques	Sources
	tabac	Produits de bricolage (peinture, colle,...)	Produits ménagers	pesticides	Combustion	Mobilier, aménagement	Produits de bricolage (peinture, colle,...)	Produits ménagers	pesticides		
Fumée de tabac	*										
Benzo(a)pyrène					*						Choi et al. 2008 Perera et al. 2009
PCB							*			Interdit en 1985 Persistant dans l'environnement	INERIS 2005 Boucher et al. 2009
Trichloroéthylène		* (si émission < 1µg/m <sup>3</sup> )	* (si émission < 1µg/m <sup>3</sup> )	*			*	*		Restrictions progressives	AFSSET 2009 INRS 2011
Tétrachloroéthylène						*					AFSSET 2009 INERIS 2008
Benzène	*	*	*		*	*					AFSSET 2008
Toluène		*	*								INRS 2008 INERIS 2005 AFSSET 2010
Styrène	*	*									INERIS 2008
Formaldéhyde	*	*	*	*	*	*					Gilbert et al. 2005 Mandin et al. 2004 AFSSET 2007
di-(2-éthylhexyl)-phtalate (DEHP)		*				*					Irvin et al. 2010 INRS 2004
Diisobutyl phtalate (DiBP)		*				*					Irvin et al. 2010 INRS 2004
Plomb							*				INERIS 2003
Chlorpyrifos				*							Whyatt et al. 2004 Tait et al. 2009

Chlordane								*	Restriction puis abandon depuis 1970 Persistant dans l'environnement	INERIS 2008 Site internet ESTIS
Aldrine								*	Interdit en 1994. Persistant dans l'environnement	INERIS 2008 Site internet ESTIS
Dieldrine								*	Interdit en 1994. Persistant dans l'environnement	INERIS 2008 Site internet ESTIS
Endosulfan				*						Cravedi 2007
DDT								*	Interdit en 1972. Persistant dans l'environnement	Goldgewicht 2006
Atrazine								*	Interdit en 2003. Persistant dans l'environnement	Chevrier et al. 2011
alachlore								*	Interdit en 2008	Cravedi 2007

#### Annexe 4 : Liste des personnes interrogées

Acteurs	Contacts			
	nom	adresse	téléphone	RDV
coordinateur réseau périnatalité Littoral (Pauline)	Stéphanie GONZALEZ	CH Calais-Bâtiment Opale- 11, quai du commerce- Calais	03 21 46 77 59	jeudi 21 juillet
coordinateur réseau périnatalité Hainaut	Caroline CROY	CH Valenciennes-maternité Monaco-avenue Désandrouin	03 27 14 36 89	jeudi 7 juillet
médecine du travail	Marie GOETGHEBEUR-BARRET	27 bis, rue du vieux faubourg - 5ème étage - Lille	03 20 40 70 84	vendredi 8 juillet
laboratoire d'analyses médicales	Pascal DIEUSAERT	Biolille-Bioliberté - 15, place Simon Vollant - Lille	03 20 52 40 59	mercredi 30 juin
sage-femme en hôpital	Sophie PASQUIER	CH valenciennes	03 27 14 36 44	mardi 2 août
pharmacien	Anne-Sophie RZEPKA	Pharmacie LICETTE - 64 avenue Poincaré - Marcq en Baroeul	06 65 65 31 83	vendredi 22 juillet
pédiatre	Fabrice LAPEYRE	Service néonatalogie - CH Valenciennes	03 27 14 30 83	mardi 2 août
kinésithérapeute	Marie MIKOLAJCZYK	438, boulevard Emile Basly - Hénin-Beaumont	03 21 20 46 12	lundi 27 juin
ostéopathe	Claire GENTY	71, rue Etienne Dolet - Hénin-Beaumont	06 09 89 65 95	jeudi 7 juillet
coordinatrice réseau bronchiolite	Natacha PARSY	53/55, rue Jean Jaurès - bat A LT6 3ème étage -Lille	06 40 19 15 60	vendredi 8 juillet
responsable de crèche	Claude LUC	crèche familiale "les p'tits loups"- mairie annexe rue Gabriel Péri- Seclin	03 20 32 12 96	mardi 5 juillet
assistante maternelle	Sylviane CUVILLIER	7, rue Eugène Delacroix - Dourges	03 62 90 20 83	lundi 27 juin
	Nelly VIFQUIN	104, rue d'Arras - Lille	03 20 90 32 33	jeudi 30 juin
femme enceinte	Lise DELATTRE	GRPS-Eurasanté- 235, avenue de la recherche-BP86-Loos		lundi 11 juillet
	Naïma BOUARFAONI	crèche familiale "les p'tits loups"- mairie annexe rue Gabriel Péri- Seclin	03 20 32 12 96	mardi 5 juillet
	Aline DELATTRE	Maison de la Mutualité Française - 20 Bd Papin - 4ème étage - Lille	03 20 16 15 71	lundi 11 juillet

## Annexe 5 : Questionnaire à destination des professionnels de santé et de la petite enfance

### Questionnaire « Air intérieur et exposition prénatale »

#### A destination des professionnels

Dans le cadre du Plan Régional Santé Environnement 2, nous réalisons une étude sur la qualité de l'air intérieur et les femmes enceintes. C'est pourquoi je viens vous solliciter, en tant que professionnel directement en lien avec les futures mamans.

#### A. Généralités sur l'air intérieur

- 1) Pour commencer l'entretien, si je vous dis « qualité de l'air intérieur », qu'est ce qui vous vient à l'esprit ? (*sources ? effets sur la santé ?*)

*En effet, quand on parle de qualité de l'air intérieur, on pense d'une part aux sources, et d'autre part aux effets sur la santé.*

- 2) Par rapport à la pollution de l'air à l'intérieur de l'habitat et ses éventuels effets sur la santé, avez-vous le sentiment d'être plutôt bien informé(e), plutôt mal informé(e) ou vous n'en avez jamais entendu parler ?

plutôt bien informé     plutôt mal informé     jamais entendu parler     NSP

**Si « pas du tout » :** orienter en citant des sources comme le tabac, les produits ménagers,...

**Sinon :**

- 3) D'où provenaient toutes les informations que vous avez pu avoir sur la qualité de l'air intérieur ?

Biais d'info	Cité spontanément	Après questionnement		commentaires
		oui	non	
Formation initiale				
Formation continue				
Rapport/publication scientifique				
Revue scientifique				
Télévision				
Radio				
Presse				
Conférence/colloque/table ronde				
newsletter				
Site internet				
Par un collègue				
Autres...				



## B. L'air intérieur et le fœtus

*J'en viens maintenant plus spécifiquement au sujet des femmes enceintes.*

- 4) Avez-vous déjà entendu parler de l'impact des polluants de l'air, en général, et de l'air intérieur, en particulier, sur le fœtus ?

**Si oui :** par quels moyens d'information ?

Biais d'info	Cité spontanément	commentaires
Formation initiale		
Formation continue		
Rapport/publication scientifique		
Revue scientifique		
Télévision		
Radio		
Presse		
Conférence/colloque/table ronde		
newsletter		
Site internet		
Par un collègue		
Autres...		

- 5) **(si oui à Q4)** Selon vous, quelle(s) est/sont les sources de pollution les plus préoccupantes et sur lesquelles il serait important de communiquer ? Combustion, tabac, pesticides, produits ménagers,...

*Notre projet vise à améliorer l'information des femmes enceintes sur les polluants de l'air intérieur et les moyens de limiter leur exposition.*

*Par exemple : il a été récemment montré par certaines études que les PBDE (polybromo diphényl éther), des retardateurs de flammes présents dans les composants électroniques, les textiles, le mobilier,...sont des perturbateurs endocriniens et agissent sur le développement neuronal (Schreiber et al., 2010).*

*Les connaissances scientifiques évoluent rapidement ces dernières années sur ces questions. Par exemple, de plus en plus d'études montrent le rapport entre une exposition aux pesticides pendant la grossesse, notamment entre la 6<sup>ème</sup> et la 12<sup>ème</sup> semaine de grossesse (période de la différenciation sexuelle), et des anomalies génitales, principalement chez les garçons. Il nous paraît donc intéressant d'améliorer l'information des femmes enceintes sur ces questions, et notamment des polluants spécifiques dans la maison, comme ceux émis lors de l'aménagement de la chambre du futur bébé.*

## C. L'information des femmes enceintes

6) Quel serait, d'après vous, le meilleur moyen de faire passer une information sur ces sujets auprès des femmes enceintes ? Quelle serait la forme de l'information et le moment les plus appropriés ?

7) Vous-même, en tant que professionnel, pensez-vous que vous pourriez passer un certain nombre d'informations auprès des femmes enceintes?

***Si « non » :** Pourquoi ? Manque d'information ? Manque de temps ?*

***Si « oui » :** Comment ? A quel moment de la grossesse ? Y aurait-il une thématique à privilégier ?*

8) Seriez-vous intéressé par une formation spécifique sur ce thème ? De quelle durée ? Lors de la formation continue ? Avec un groupe de collègues avec lesquels vous vous réunissez régulièrement?

- 9) Quels autres professionnels pourraient faire passer des informations auprès des femmes enceintes ?

## D. Suite du projet et remarques

*Merci beaucoup d'avoir pris le temps de répondre à mes questions. Nous avons prévu d'interroger une vingtaine de professionnels. Nous devrions avoir terminé d'ici la mi-juillet.*

- 10) Avez-vous des choses à ajouter ? Des commentaires à faire ?

- 11) Souhaitez-vous être informé des résultats ?

*Nous pensons notamment organiser une réunion de restitution vers nos partenaires (ARS, Conseil Régional,...). Nous vous transmettrons bien entendu une invitation, et si vous ne pouvez pas être présent, nous vous transmettrons le compte-rendu.*

**Coordonnées :**

## Annexe 6 : Questionnaire à destination des femmes enceintes

# Questionnaire « Air intérieur et exposition prénatale »

## A destination des femmes enceintes

Nous réalisons une étude sur la qualité de l'air intérieur et les femmes enceintes. C'est pourquoi je viens vous solliciter.

### E. Généralités sur l'air intérieur

12) Pour commencer l'entretien, si je vous dis « qualité de l'air intérieur », qu'est ce qui vous vient à l'esprit ? (*sources ? effets sur la santé ?*)

*En effet, quand on parle de qualité de l'air intérieur, on pense d'une part aux sources, et d'autre part aux effets sur la santé.*

13) Par rapport à la pollution de l'air à l'intérieur de l'habitat et ses éventuels effets sur la santé, avez-vous le sentiment d'être plutôt bien informé(e), plutôt mal informé(e) ou vous n'en avez jamais entendu parler ?

plutôt bien informé     plutôt mal informé     jamais entendu parler     NSP

**Si « pas du tout » :** orienter en citant des sources comme le tabac, les produits ménagers,...

**Si non :**

14) D'où provenaient toutes les informations que vous avez pu avoir sur la qualité de l'air intérieur ?

Biais d'info	Cité spontanément	Après questionnement		Commentaires (liens avec fœtus)
		oui	non	
Télévision				
Radio				
Presse				
Magazines spécialisés				
Conférence				
Site internet				
Par un collègue, une amie				
Autres...				

## F. L'air intérieur et le fœtus

*J'en viens maintenant plus spécifiquement au sujet des femmes enceintes.*

- 15) Faites-vous plus attention aux produits ménagers, de bricolage que vous utilisez durant votre grossesse?
- Oui, produits ménagers
  - Oui, produits de bricolage
- 16) Avez-vous aidé à la réalisation de la chambre du bébé ? A quel niveau ?
- 17) Avez-vous utilisé des pesticides, pour le jardinage ou de l'anti-poux, durant votre grossesse ?
- 18) En ce qui concerne le tabagisme, fumiez-vous avant votre grossesse ? pendant ? faites-vous attention à ne pas être dans des environnements enfumés ?
- 19) Possédez-vous un chauffage d'appoint au pétrole ou au gaz ? Faites-le vous fonctionner pendant plus de deux heures par jour ?

*Notre projet vise à améliorer l'information des femmes enceintes sur les polluants de l'air intérieur et les moyens de limiter leur exposition.*

*Par exemple : des études montrent qu'une exposition à certains pesticides durant la grossesse a un effet néfaste sur le développement du fœtus.*

*Les connaissances scientifiques évoluent rapidement ces dernières années sur ces questions, même si des polémiques subsistent. Il nous paraît donc intéressant d'améliorer l'information des femmes enceintes sur ces questions, et notamment des polluants spécifiques dans la maison, comme ceux qui peuvent être émis lors de l'aménagement de la chambre du futur bébé.*

## G. L'information des femmes enceintes

20) Quel serait, d'après vous, le meilleur moyen de faire passer une information sur ces sujets auprès des femmes enceintes ? Quelle serait la forme de l'information et le moment les plus appropriés ?

21) Vous-même, quelle source d'information utilisez-vous le plus lorsque vous avez des questions en rapport avec votre grossesse ?

22) Avez-vous reçu des informations sur l'impact des polluants à l'intérieur de l'habitation, ou l'utilisation de produits pouvant être dangereux pour le bébé, auprès d'un professionnel de santé ?

23) **Si « non » à Q11** : quel professionnel de santé serait le plus à même de passer ce type d'information ?

**Si « oui » à Q11** : de quel professionnel de santé ? Quelles informations ?

## H. Suite du projet et remarques

*Merci beaucoup d'avoir pris le temps de répondre à mes questions. Nous avons prévu d'interroger une vingtaine de professionnels de santé et femmes enceintes. Nous devrions avoir terminé d'ici la mi-juillet.*

24) Avez-vous des choses à ajouter ? Des commentaires à faire ?

25) Souhaitez-vous être informé des résultats ?

**Coordonnées:**

TRIQUET

Judith

11 octobre 2011

## INGENIEUR DU GENIE SANITAIRE

Promotion 2011

### **Prenatal exposure to indoor air pollutants and information strategies towards pregnant women**

LIEU DE STAGE : Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique du Nord – Pas de Calais

#### ***Abstract :***

Today, some studies highlight the links between indoor air quality and human health. However, the potential undesirable effects when a pregnant woman, and thus her fetus, is exposed to pollutants are not well known, and people have less information about it. That is why, within the framework of the PRSE2, the APPA wants to encourage the information of pregnant women about indoor air pollutants and their probable harmful effects to their baby.

To do it, it is essential to have good knowledge about indoor air pollutants. Bibliographical researches have allowed to list the pollutants that could be found in houses. A choice has then been necessary in order to target one category of pollutants: the ones that could be found when the bedroom of the baby is fitted out. To know which information strategies set up in Nord – Pas de Calais, meetings have been organized with health and early childhood professionals, the main contacts of women during their pregnancy, and also with pregnant women, to collect their knowledge, their feelings and their needs towards the prenatal exposure to indoor air pollutants.

The bibliographical researches have led to a list of eight pollutants found when the bedroom is prepared: trichloroethylene, tetrachloroethylene, benzene, toluene, styrene, formaldehyde, di-2-ethylhexyl phthalate and diisobutyle phthalate. Further to the interviews, several information strategies have been proposed and notably training course for the professionals, information leaflet, or conferences. Because the region Nord – Pas de Calais has a great diversity of population, the modes of information have to be varied.

The information strategies proposed will be studied by the APPA and a program of actions will be done for 2012, in order to improve the information of pregnant women on indoor air pollution.

#### ***Keywords :***

Indoor air - Pregnant women – Fœtus – Pollutants – Health - Information

*L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.*

TRIQUET

Judith

11 octobre 2011

## INGENIEUR DU GENIE SANITAIRE

Promotion 2011

### **L'exposition prénatale aux polluants de l'air intérieur et les stratégies d'information de la femme enceinte**

LIEU DE STAGE : Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique du Nord – Pas de Calais

#### **Résumé :**

Des études mettent aujourd'hui en évidence des liens entre qualité de l'air intérieur et santé de l'Homme. Malgré cela, les effets indésirables possibles des polluants lors de l'exposition de la femme enceinte, et donc du fœtus, sont encore peu connus, et très peu d'informations parviennent à la population générale. C'est pourquoi, dans le cadre du PRSE2, l'APPA souhaite favoriser l'information des femmes enceintes sur les polluants de l'air intérieur et les effets néfastes possibles pour leur bébé.

Pour cela, une meilleure connaissance des polluants de l'air intérieur est essentielle. Des recherches bibliographiques ont ainsi permis de répertorier les polluants pouvant être retrouvés dans l'habitat. Une sélection a ensuite été nécessaire afin de cibler une catégorie de polluants : ceux émis lors de l'aménagement de la chambre du futur bébé. Afin de savoir quelles stratégies d'information mettre en place en Nord – Pas de Calais, des entretiens ont été réalisés avec des professionnels de santé et de la petite enfance, premiers interlocuteurs de la femme pendant sa grossesse, et également des femmes enceintes, afin de recueillir leurs connaissances, leurs ressentis, et leurs besoins sur le thème de l'exposition prénatale aux polluants de l'air intérieur.

Les recherches bibliographiques ont menées à une liste de huit polluants retrouvés lors de la préparation de la chambre : trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, benzène, toluène, styrène, formaldéhyde, phtalate de di-2-éthylhexyle et phtalate de diisobutyle. Suite aux entretiens, plusieurs propositions de stratégies d'information ont été formulées, avec notamment des formations pour les professionnels, des plaquettes d'information, ou des conférences. La région Nord – Pas de Calais ayant une grande diversité de population, la multiplication des modes d'information s'avère nécessaire. Les propositions de stratégies d'information seront étudiées par l'APPA et un programme d'actions sera mis en place pour 2012, afin de favoriser l'information des futures mamans sur les polluants de l'air intérieur.

#### **Mots clés :**

Air intérieur - Femmes enceintes – Fœtus – Polluants – Santé - Information

*L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.*