Université de POITIERS

Faculté de Médecine et de Pharmacie

ANNEE 2021 **Thèse n°**

THESE
POUR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE
(Arrêté du 17 juillet 1987)

Présentée et soutenue publiquement
Le 13 décembre 2021 à POITIERS
par Mademoiselle RABILLE Pauline
née le 6 février 1996

Pollution de l'air intérieur des habitats : connaissances, attitudes et pratiques en population générale

Composition du jury :

Président : Madame Sylvie RABOUAN, Professeur des Universités
Membre : Madame Aude MAIGRET, Docteur en Pharmacie
Directeurs de thèse :

- Madame Sarah THEVENOT, Maître de conférences et Praticien hospitalier
- Monsieur Guillaume CAMBIEN, Assistant hospitalier universitaire

Université de POITIERS

Faculté de Médecine et de Pharmacie

ANNEE 2021 **Thèse n°**

THESE
POUR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE
(Arrêté du 17 juillet 1987)

Présentée et soutenue publiquement
Le 13 décembre 2021 à POITIERS
par Mademoiselle RABILLE Pauline
née le 6 février 1996

Pollution de l'air intérieur des habitats : connaissances, attitudes et pratiques en population générale

Composition du jury :

Président : Madame Sylvie RABOUAN, Professeur des Universités
Membre : Madame Aude MAIGRET, Docteur en Pharmacie
Directeurs de thèse :

- Madame Sarah THEVENOT, Maître de conférences et Praticien hospitalier
- Monsieur Guillaume CAMBIEN, Assistant hospitalier universitaire

UNIVERSITE DE POITIERS

Faculté de Médecine et de Pharmacie

Année universitaire 2021-2022

PHARMACIE

Professeurs

- CARATO Pascal, PU, chimie thérapeutique
- COUET William, PU-PH, pharmacie clinique
- DUPUIS Antoine, PU-PH, pharmacie clinique
- FAUCONNEAU Bernard, PU, toxicologie
- GUILLARD Jérôme, PU, pharmacochimie
- IMBERT Christine, PU, parasitologie
- MARCHAND Sandrine, PU-PH, pharmacocinétique
- OLIVIER Jean Christophe, PU, galénique
- PAGE Guylène, PU, biologie cellulaire
- RABOUAN Sylvie, PU, chimie physique, chimie analytique
- RAGOT Stéphanie, PU-PH, santé publique
- SARROUILHE Denis, PU, physiologie
- SEGUIN François, PU, biophysique, biomathématiques

Maîtres de Conférences

- BARRA Anne, MCU-PH, immunologie-hématologie
- BARRIER Laurence, MCU, biochimie
- BINSON Guillaume, MCU-PH, pharmacie clinique
- BODET Charles, MCU, bactériologie (HDR)
- BON Delphine, MCU, biophysique
- BRILLAULT Julien, MCU, pharmacocinétique, biopharmacie
- BUYCK Julien, MCU, microbiologie,
- CHARVET Caroline, MCU, physiologie
- CHAUZY Alexia, MCU, pharmacologie fondamentale et thérapeutique
- DEBORDE-DELAGE Marie, MCU, sciences physico-chimiques
- DELAGE Jacques, MCU, biomathématiques, biophysique
- FAVOT-LAFORGE Laure, MCU, biologie cellulaire et moléculaire (HDR)
- GIRARDOT Marion, MCU, biologie végétale et pharmacognosie
- GREGOIRE Nicolas, MCU, pharmacologie (HDR)
- HUSSAIN Didja, MCU, pharmacie galénique (HDR)
- INGRAND Sabrina, MCU, toxicologie
- MARIVINGT-MOUNIR Cécile, MCU, pharmacochimie
- PAIN Stéphanie, MCU, toxicologie (HDR)
- RIOUX BILAN Agnès, MCU, biochimie
- THEVENOT Sarah, MCU-PH, hygiène et santé publique
- TEWES Frédéric, MCU, chimie et pharmacochimie
- THOREAU Vincent, MCU, biologie cellulaire
- WAHL Anne, MCU, chimie analytique

Maîtres de Conférences Associés - officine

- DELOFFRE Clément, pharmacien
- ELIOT Guillaume, pharmacien
- HOUNKANLIN Lydwin, pharmacien

A.T.E.R. (attaché temporaire d'enseignement et de recherche)

- MIANTEZILA BASILUA Joe, épidémiologie et santé publique

Enseignant d'anglais

- DEBAIL Didier

Remerciements

A mon directeur de thèse, Madame Sarah THEVENOT, d'avoir accepté d'encadrer ma thèse et de m'avoir accompagné et guidé dans la réalisation de celle-ci.

Aux membres du jury,

- A Madame Sylvie RABOUAN, de me faire l'honneur de présider ce jury.
- A Monsieur Guillaume CAMBIEN, d'avoir codirigé ma thèse, ton aide a été précieuse.
- A Madame Aude MAIGRET, merci d'avoir partagé ton expérience avec moi pendant cette saison à Soulac et de faire partie de mon jury aujourd'hui.

Remerciements personnels :

A mes parents, qui ont été à mes côtés tout au long de mes études et qui m'ont permis d'exercer aujourd'hui un métier qui me passionne. Merci pour tout votre intérêt pour mes études et pour votre amour.

A ma sœur, qui a partagé mon logement pendant deux années de mon cursus, merci d'avoir été présente dans ces moments-là, cela n'a fait que renforcer nos liens.

A Julien, qui m'a accompagné durant mes études et m'a soutenu jusqu'au bout. Merci pour ta patience et ta bienveillance.

A mes amis de fac, Marie, Manon, Oriane, Florian, Valentin. Merci pour cette belle amitié et pour tous ces bons moments de partage que je n'oublierai pas, les études auraient été bien plus longues sans vous.

A Astrid, pour ta présence malgré le fait qu'on se voit peu.

A ma famille, belle-famille, et autres amis que je ne cite pas et qui m'ont toujours soutenu tout au long de mes études.

A tous les pharmaciens et préparateurs que j'ai pu rencontrer dans les pharmacies qui m'ont accueillies pour des stages ou pour travailler : merci pour votre expérience et pour tous vos conseils.

Sommaire

Liste des abréviations 8
Liste des figures 10
Liste des annexes 11
INTRODUCTION 12
PARTIE 1 : GENERALITES SUR LA POLLUTION DE L'AIR INTERIEUR 14
1. Sources de pollution de l'air intérieur 14
1.1. Les polluants chimiques 14
1.1.1. Fumée de tabac 14
1.1.2. Monoxyde de carbone (CO) 18
1.1.3. Les Composés Organiques Volatils (COV) 19
1.1.3.1. Focus sur le formaldéhyde 19
1.1.3.2. Les produits ménagers et d'ambiance comme sources de COV 20
1.1.4. Les Composés Organiques Semi-Volatils (COSV) 21
1.1.4.1. Les retardateurs de flammes 22
1.1.4.2. Les per- et polyfluoroalkylés (PFAS) 24
1.1.4.3. Les polychlorobiphényls (PCB) 24
1.1.4.4. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) 25
1.1.4.5. Les pesticides 25
1.1.4.6. Les muscs 26
1.1.4.7. Les parabènes 26
1.1.4.8. Les phtalates 27
1.1.4.9. Leurs effets sur la santé 27
1.2. Les polluants biologiques ou biocontaminants : les allergènes 29
1.3. Les polluants physiques 32
1.3.1. Les PM 10, PM 2,5 et particules ultrafines 32
1.3.2. Focus sur l'amiante 34
1.4. Le radon 34
1.5. Impact socio-économique 34
2. Impacts sur la santé 35
2.1. Les différentes voies d'exposition 35

2.2. La poussière comme vecteur de polluants 35
2.3. Les effets sur la santé humaine 36
3. Prévention 37
3.1. Surveillance de la pollution de l'air intérieur 37
3.1.1. Les Valeurs Guides de qualité de l'Air Intérieur (VGAI) proposées par l'ANSES 37
3.1.2. L'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieure (OQAI) 38
3.1.3. L'Agence de la Transition Ecologique (ADEME) 39
3.1.4. Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) 39
3.2. Perception de la qualité de l'air intérieur 40
3.3. Mesures de prévention 40
3.3.1. Campagnes de prévention auprès de la population générale 40
3.3.2. Les Plans Nationaux Santé Environnement (PNSE) 42
3.3.3. Réglementation 43
3.3.3.1. Etiquetage des émissions en polluants volatils des produits de construction et de décoration 43
3.3.3.2. Surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public (ERP) sensible 44
3.3.3.3. Réglementation Environnementale pour bâtiments neufs (RE2020) 44
3.3.3.4. Réglementation spécifique à certaines substances 45
PARTIE 2 : CONNAISSANCES, ATTITUDES ET PRATIQUES SUR LA POLLUTION INTERIEURE DES HABITATS 46
1. Objectifs 46
2. Méthode 46
2.1. Questionnaire 46
2.2. Population étudiée 46
2.3. Calendrier de l'étude 47
2.4. Analyse des données et tests statistiques 47
3. Résultats 47
3.1. Taux de réponses 47
3.2. Les profils des répondants 48
3.3. Le logement des répondants 50
3.4. La pollution de l'air intérieur vue par les répondants 51
3.5. Connaissance des sources de pollution et de leur prévention 53

3.6. Discussion sur le questionnaire 56
3.6.1. Le profil des répondants 56
3.6.2. Le logement des répondants 56
3.6.3. La pollution de l'air intérieur vue par les répondants 57
3.6.4. Connaissance des sources de pollution et de leur prévention 58
3.6.5. Forces et limites de notre étude 58
3.7. Améliorer la prévention à l'officine auprès des populations les plus à risques 60
CONCLUSION 62
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 63
ANNEXES 74
RESUME 79
SERMENT DE GALIEN 80
RESUME 81

Liste des abréviations

ADEME : Agence de l'environnement et de la maitrise de l'énergie,

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail,

CIRC : Centre international de recherche sur le cancer,

CO : Monoxyde de carbone,

COSV : Composé organique semi-volatil,

COV : Composé organique volatil,

COVT : Composés organiques volatils totaux, correspond à la somme des composés organiques volatils éluant entre le n-hexane et le n-hexadécane,

GV : Glycérine végétale,

HAP : Hydrocarbure aromatique polycyclique,

INPES : Institut national de prévention et d'éducation pour la santé,

INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques,

OMS : Organisation mondiale de la santé,

OQAI : Observatoire de la qualité de l'air intérieur,

PBDE : Polybromodiphényléther,

PCB : Polychlorobiphényl,

PE : Perturbateur endocrinien,

PFAS : Per- ou Polyfluoroalkylé,

PFOA : Perfluorooctanoate,

PFOS : Perfluorooctanesulfonate,

PG : Propylène glycol,

PM 2,5 : Particule fine inférieure à 2,5µm,

PM 10 : Particule fine inférieure à 10µm,

RF : Retardateur de flamme,

RFB : Retardateur de flamme bromé,

UFP : Particule ultrafine,

VGAI : Valeur guide de qualité d’air intérieur.

Liste des figures

Figure 1- Composition d'une cigarette (8)..... 15

Figure 2 - Principales sources de COSV retrouvées dans la poussière (40) 22

Figure 3 - Rôles des organes appartenant au système endocrinien (68) 28

Figure 4 - Taille des particules et pénétration dans l'organisme 32

Figure 5 - Pictogramme à apposer sur les produits de construction et de décoration (121) 44

Figure 6 - Répartition des classes d'âge des répondants (n=118)..... 48

Figure 7 - Nombre d'enfant par répondant (n=118) 49

Figure 8 - Age des enfants des répondants ayant des enfants (n=41) 50

Figure 9 - Sources de pollution intérieure citées par les répondants (n=114)..... 52

Figure 10 - Importance de la pollution intérieure par rapport à la pollution extérieure (n=118) 52

Liste des annexes

1- Tableau des VGAI proposées par l'ANSES

2- Questionnaire papier

3- Flyer concernant la prévention de l'exposition aux polluants intérieurs et destiné aux femmes enceintes

INTRODUCTION

La pollution de l'air intérieur reste encore un sujet peu abordé. De façon courante, le terme de « pollution » évoque plutôt la pollution provenant de l'extérieur. Pourtant, notre habitat n'en est pas indemne.

Face à l'explosion des maladies chroniques (maladies respiratoires, maladies métaboliques, cancers hormono-dépendants, problèmes de thyroïde, de fertilité…), nous ne pouvons uniquement mettre en cause notre environnement extérieur dans l'apparition de ces dernières. En effet, 25% des pathologies chroniques dans le monde seraient attribuées à des facteurs environnementaux et comportementaux (1).

Il apparaît évident que notre environnement, dans son ensemble, impacte notre santé. Et c'est un sujet qui préoccupe de plus en plus les autorités, les scientifiques et les français de manière générale (création de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur en 2001, mise en place des Plans Nationaux Santé Environnement depuis 2004, de plus en plus d'études scientifiques et d'articles de presse à ce sujet…).

Selon un dernier rapport de l'OMS datant du 8 mai 2018 (2), chaque année, 3,8 millions de personnes meurent prématurément de maladies imputables à la pollution de l'air à l'intérieur des habitations. Ces décès seraient surtout liés à un défaut d'utilisation des appareils de combustion et de chauffage. Cependant, les sources d'exposition sont nombreuses : il est alors difficile de les dissocier dans leur imputabilité et de leur attribuer un effet sur la santé humaine sur le long terme notamment.

Le 3 septembre 2019, Santé Publique France annonce les résultats du Programme National de Biosurveillance Esteban (3), réalisé sur la période 2014-2016, qui évalue pour la toute première fois l'imprégnation de la population française par plusieurs polluants du quotidien. Ces résultats révèlent une imprégnation de tous les adultes et enfants de l'étude, et ce, par des substances ayant un effet perturbateur endocrinien et cancérigène avérés ou suspectés.

Il faut savoir aussi que nous passons en moyenne 14h par jour dans notre domicile (4) bien que le contexte pandémique actuel du Covid-19 ait modifié ce temps passé chez soi. L'air extérieur, la présence de certains matériaux, mobiliers, produits de décoration, et les activités de la vie quotidienne contribuent à polluer l'air que nous respirons dans notre logement (5).

Même si ces sources de pollution ne sont pas toujours bien connues, des gestes simples pour limiter peuvent être mis en œuvre pour réduire l'exposition de la population.

Le but de cette thèse va être d'évaluer la connaissance, les attitudes et les pratiques d'un échantillon de la population française sur la pollution de l'air intérieur des habitats, pour ainsi mieux informer et mieux prévenir les risques sur la santé auprès de la population générale, notamment à l'officine.

PARTIE 1 : GENERALITES SUR LA POLLUTION DE L'AIR INTERIEUR

1. Sources de pollution de l'air intérieur

En plus de la pollution provenant de l'air extérieur, les activités de la vie quotidienne (cuisine, ménage…) et les comportements de chacun (tabac, utilisation de parfum d'intérieur…) contribuent à polluer l'air des habitations. Les matériaux de construction et le mobilier dégagent eux aussi des polluants. Il faut savoir que les polluants retrouvés dans notre intérieur sont différents de ceux retrouvés à l'extérieur, la pollution de l'air intérieur étant parfois plus importante que celle provenant de l'extérieur (6).

On retrouve plusieurs centaines de polluants dont les origines sont diverses et variées. On distingue les polluants chimiques, biologiques (appelés également biocontaminants) et physiques. Les polluants chimiques sont les plus nombreux et sont retrouvés sous forme gazeuse et/ou particulaire (5). Nous nous focaliserons sur les principaux polluants retrouvés dans nos habitats.

1.1. Les polluants chimiques

1.1.1. Fumée de tabac

La fumée de tabac est le premier polluant retrouvé dans les habitats. L'impact n'est pas seulement pour les fumeurs, il l'est également pour tous les individus exposés directement ou indirectement à la fumée de tabac. Les enfants en bas âge et les femmes enceintes sont particulièrement à risque.

Il faut savoir que la fumée primaire de tabac (celle inhalée par le fumeur) contient plus de 4000 substances chimiques, dont 50 sont classées comme cancérigènes. Ces substances toxiques résultent de la combustion du tabac : ainsi se dégagent de la nicotine, des goudrons comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (ex : benzo[a]pyrène) ou les nitrosamines, des gaz toxiques (monoxyde de carbone, ammoniaque, acroléine…), des métaux lourds (mercure, cadmium, plomb, …) et bien d'autres produits (figure 1) (7).

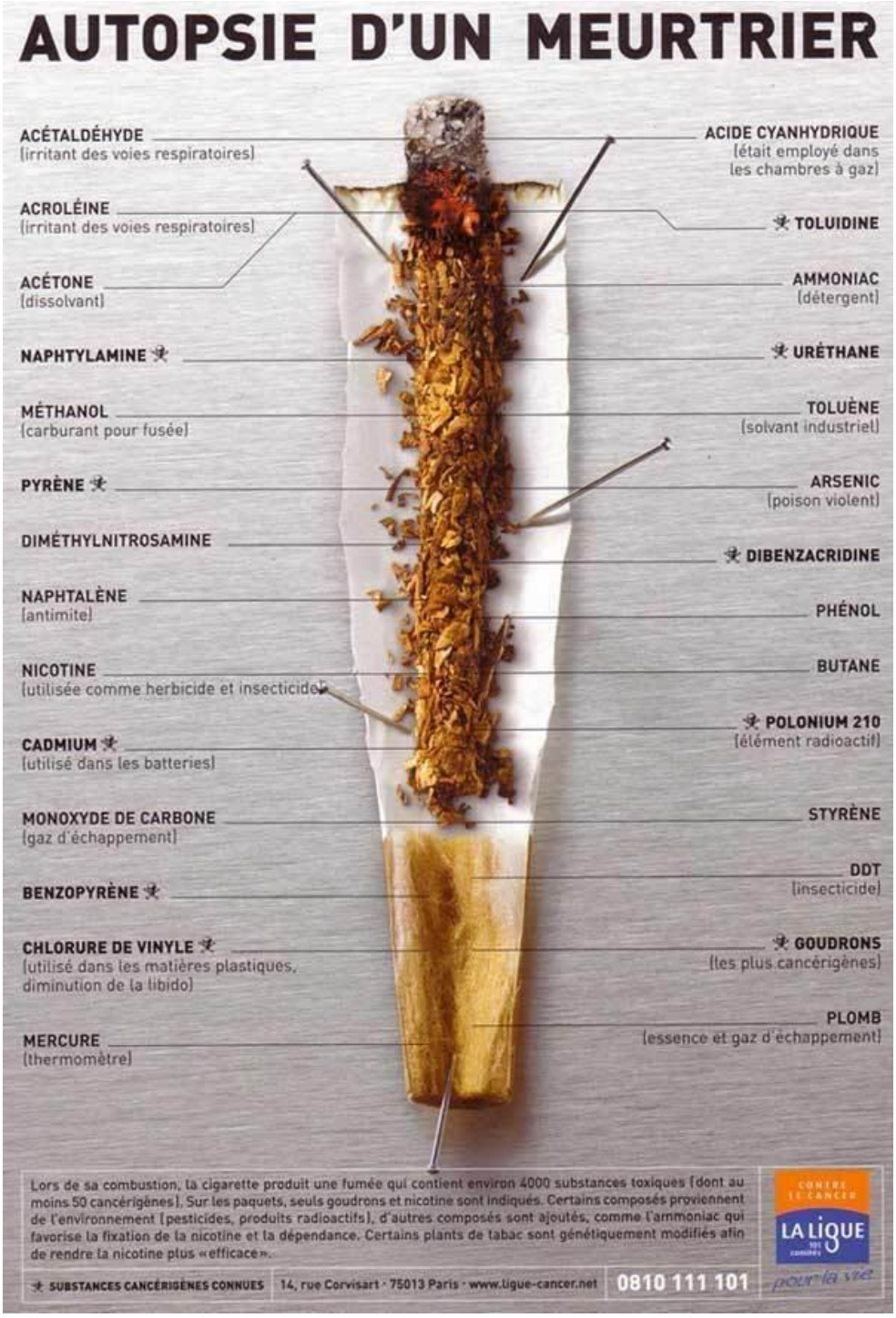


Figure 1- Composition d'une cigarette (8)

La fumée secondaire, celle expirée par le fumeur et se dégageant de la cigarette allumée est, elle aussi, source de substances toxiques. En effet, plusieurs études démontrent que la fumée secondaire est plus toxique que la fumée directement inhalée, d'où un impact chez les non-fumeurs aussi (9). On dénombrerait 7000 substances toxiques dont 69 classées comme cancérigènes (10).

Une fois dans l'air, les composants toxiques de la fumée restent en suspension, puis se déposent sur les surfaces, adhérent aux mobiliers, aux murs, aux tissus…, s'accumulent dans les poussières, et cela, même en aérant quotidiennement. Ces composants vont ensuite se disperser progressivement dans l'air sous forme de particules ou d'aérosols (on parle alors d'exposition tertiaire) (4). Cette exposition persiste dans le temps, jusqu'à plusieurs années dans un foyer qui n'est plus fumeur (11). Une étude datant de 2018 démontre la formation de particules ultrafines (UFP = particules de diamètre < 0,1 µm) dans les habitats suite à un vieillissement des composants de la fumée de cigarette (réaction d'oxydation) (12). Une autre étude de 2018 conclut également à une exposition tertiaire de la fumée de cigarette : en effet, les composés organiques semi-volatils (COSV) issus de la fumée de cigarette et déposés au préalable sur les surfaces se transforment par la suite en aérosols. Ceci engendre une dispersion des polluants dans un habitat aéré ainsi que leur inhalation/ingestion par les occupants (13).

Les effets de la fumée de tabac sur la santé sont nombreux. Les risques sont les mêmes chez les fumeurs et les non-fumeurs, même si ces risques sont un peu moins élevés chez les non-fumeurs (cela dépend de la durée et de l'intensité de l'exposition). On estime que 1110 adultes décèdent prématurément chaque année en raison du tabagisme passif. En cause, des infarctus du myocarde, des accidents vasculaires cérébraux (AVC), des cancers du poumon, des maladies respiratoires chroniques comme la Bronchopneumopathie Chronique Obstructive (BPCO) (14). Des cancers des sinus et de la face sont également fréquemment retrouvés chez les non-fumeurs exposés.

Chez une femme enceinte exposée, les effets sur son fœtus sont documentés : en effet, cela peut engendrer une augmentation du risque de fausse couche, de grossesse extra-utérine et d'accouchement prématuré, un retard de développement du fœtus, un plus petit poids du bébé à la naissance, une mort fœtale *in-utero*, une réduction des capacités scolaires et cognitives, et un développement de malformations congénitales (14).

Chez le nourrisson, la fumée de tabac augmente le risque de mort subite (14).

Par ailleurs, chez l'enfant, la fumée de tabac engendre des irritations oculaires et des voies respiratoires supérieures, augmente la fréquence des otites et des rhinopharyngites (14), favorise le développement et l'exacerbation d'un asthme, favorise les allergies et les infections respiratoires basses (bronchites et pneumonies), entraine une baisse du système immunitaire de manière générale par modification de la flore microbienne (15), et a un impact négatif sur le développement des poumons (16). L'exposition des nourrissons et des enfants à la fumée de

tabac secondaire et tertiaire serait même un facteur de risque de cancer du poumon plus tard dans la vie (17).

Aparté sur la cigarette électronique :

Outre la cigarette de tabac conventionnelle, la cigarette électronique (ou e-cigarette) a fait son apparition ces dernières années avec une utilisation de plus en plus importante chez les personnes anciennement fumeuses mais aussi chez les non-fumeurs. A la différence des cigarettes de tabac qui libèrent de la nicotine et des sous-produits toxiques par combustion, la cigarette électronique libère de la nicotine en vaporisant des liquides tels que le propylène glycol (PG) ou la glycérine végétale (GV). Son innocuité fait débat car ses émissions secondaires et tertiaires, notamment dans un intérieur, sont susceptibles d'avoir des effets sur la santé. En effet, 70% des aérosols inhalés sont expirés (18).

Dans une étude datant de 2020, la concentration dans un environnement intérieur et la composition des aérosols dégagés par des cigarettes électroniques ont été analysées et comparées avec la composition des aérosols dégagés par une cigarette de tabac (18) :

- Des profils de composition similaires sont observés mais les concentrations de la plupart des produits chimiques présents dans l'aérosol primaire de la cigarette électronique sont retrouvés à des concentrations inférieures à celles retrouvées dans l'aérosol primaire d'une cigarette de tabac,
- Un plus fort taux de particules fines (PM2,5) et ultrafines (UFP) lié à une utilisation de la cigarette électronique est retrouvé par rapport à une non-utilisation de cette e-cigarette dans un environnement intérieur,
- Le taux d'émission de polluants dépend des caractéristiques techniques de l'e-cigarette, de son utilisation et de facteurs environnementaux (19),
- Quelques différences de composition sont à noter : le PG et la GV sont uniquement retrouvés avec la cigarette électronique, ils ont un potentiel irritant pour le système respiratoire. Les composés organiques volatils (COV) aromatiques et les carbonyles sont présents mais en quantités bien inférieures à celles retrouvées dans les émissions de cigarettes à tabac. Certains métaux sont retrouvés à des concentrations importantes du fait de leur présence dans le serpentin de chauffage. Des nitrosamines spécifiques du tabac (TNSA) sont retrouvés dans les aérosols de cigarettes électroniques sans connaitre vraiment

leur origine. Enfin, la nicotine y est retrouvée à des taux similaires voire inférieures sauf dans l'une d'entre elle, où les taux étaient très élevés.

Comme dit précédemment, la fumée de cigarette contient entre autres du monoxyde de carbone (CO), un gaz toxique. Elle ne constitue pas l'unique source de CO mais elle représente une source non négligeable d'exposition. Ce point est développé dans la partie suivante car le CO est fréquemment utilisé comme marqueur d'évaluation de la pollution de l'air intérieur.

1.1.2. Monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz invisible, inodore, non irritant, et toxique. Il est imperceptible par la personne exposée (20). Sa diffusion est très rapide dans l'environnement et ce gaz peut être mortel en moins d'une heure (21). Chaque année à la saison hivernale, on estime qu'il y a 4000 intoxications au CO dont 100 décès (22). La majorité des intoxications a lieu au sein de l'habitat avec une exposition *via* les systèmes de chauffage et de production d'eau chaude, les appareils de cuisson, puis dans une moindre mesure *via* les groupes électrogènes, ou encore les garages non ventilés avec véhicule … (23).

La formation du CO résulte d'une mauvaise combustion au sein d'un appareil, et ce, avec des combustibles composés de matières carbonées (gaz naturel, bois, charbon, butane, essence, fioul, pétrole, propane) (20). Plusieurs facteurs peuvent favoriser sa formation : un manque d'oxygène dans la pièce (mauvaise aération, pièce fermée…), la présence d'impuretés dans les combustibles, une mauvaise évacuation des gaz issus de la combustion, un dysfonctionnement de l'appareil ou une mauvaise/trop longue utilisation de celui-ci (20). Une fois inhalé, ce CO diffuse dans le sang *via* les alvéoles pulmonaires et se lie à l'hémoglobine à la place de l'oxygène, pour laquelle il a plus d'affinité : il se forme alors de la carboxyhémoglobine (HbCO) (23). L'oxygène est donc moins bien transporté dans les tissus, ce qui peut entrainer une asphyxie (23). Plus le taux de carboxyhémoglobine dans le sang est élevé, plus l'intoxication est grave (23).

A faibles doses, les symptômes sont les suivants : asthénie, céphalées, vertiges, nausées et vomissements… A plus fortes doses, on observe une perte de connaissance avec une polypnée et une tachycardie, puis un coma et des convulsions pouvant mener au décès (23).

Certaines populations sont plus à risque. C'est le cas de la femme enceinte par exemple. En effet, il faut savoir que le CO se lie préférentiellement à l'hémoglobine fœtale entrainant

une exposition fœtale importante. Plusieurs études démontrent les effets du CO chez la femme enceinte et l'enfant à naitre. Prenons quelques exemples :

- Une étude met en évidence le lien entre l'exposition au CO pendant la grossesse et l'augmentation de la pression artérielle chez la femme exposée Des plus petits poids à la naissance chez le nourrisson sont également observés (24),
- Une autre suggère que le CO soit une neurotoxine entrainant des anomalies d'apprentissage et de comportement chez les enfants exposés pendant la vie fœtale (25).

1.1.3. Les Composés Organiques Volatils (COV)

Ces composés sont dégagés par beaucoup de produits de consommation courante ainsi que par des matériaux de construction, de décoration et d'ameublement.

Les COV sont « des molécules formées d'atomes d'hydrogène et de carbone (hydrocarbures), ou des molécules dont les atomes d'hydrogènes sont remplacés par d'autres atomes dont l'azote, le chlore, le soufre, ou l'oxygène » (26). Ils se présentent sous la forme de gaz ou de vapeurs, plus ou moins volatils à température ambiante. Plusieurs familles chimiques font parties de ces COV : les aldéhydes (ex : formaldéhyde), les hydrocarbures (ex : benzène), les éthers de glycol…

On les retrouve dans la fabrication de nombreux produits et matériaux comme les solvants, les colles, les peintures, les panneaux de particules, les produits de jardinage, les produits ménagers et d'hygiène…

Les COV les plus fréquemment retrouvés dans l'air sont les suivant :

- L'acétaldéhyde,
- Le benzène,
- Le dichlorométhane,
- Le formaldéhyde,
- Le perchloroéthylène,
- Le toluène,
- Le xylène…

1.1.3.1. Focus sur le formaldéhyde

Aussi appelé formol, le formaldéhyde est un gaz irritant retrouvé dans tous nos intérieurs et à des concentrations bien plus élevées qu'en extérieur (27). Il est utilisé dans la fabrication

de nombreux produits de consommation courante à cause de ses différentes propriétés : biocide, fixateur ou liant dans les résines… On le retrouve ainsi dans les revêtements muraux ou du sol, les meubles, les plastiques, les produits de bricolage et d'entretien etc… (28) Il peut être émis naturellement par un phénomène de combustion (feu, fumée de cigarette, cuisson des aliments, chauffage au bois, combustion d'encens ou de bougies parfumées…) (29). Les émissions de formaldéhyde sont d'autant plus importantes que l'environnement est chaud et humide (30). Il a été démontré que les émissions de formaldéhyde diminuaient de façon conséquente au bout de plusieurs mois dans une maison neuve et devenaient stables dans le temps, avec des taux similaires dans des maisons anciennes : le système de ventilation ne serait que faiblement impliqué dans cette diminution de concentration (31). Depuis juin 2004, il est classé par le Centre International de la Recherche sur le Cancer (CIRC) comme « substance cancérogène avérée pour l'Homme » avec un lien prouvé dans les cancers du nasopharynx. Plusieurs effets sur la santé ont été démontré (32) :

- A court et à long terme, des irritations oculaires et des voies respiratoires ont été rapportées,
- Des allergies respiratoires (rhinite allergique, asthme…) et cutanées (eczéma de contact, urticaire…) ont également été signalées à la suite d'un premier contact avec du formaldéhyde,
- A long terme, une fatigue et des maux de tête sont observés en plus des effets irritants (33),
- Des cancers du nasopharynx (reconnus comme maladie professionnelle) sont en lien avec une exposition importante par inhalation,
- Le formaldéhyde pourrait être à l'origine de leucémies mais le lien n'est pas encore clairement établi,
- Certaines personnes sont plus vulnérables à cette exposition comme les enfants ou les personnes asthmatiques avec un terrain allergique.

1.1.3.2. Les produits ménagers et d'ambiance comme sources de COV

Les produits ménagers sont des produits utilisés par tous les foyers. Ils sont souvent sources d'une forte émission de composés volatils mais pas seulement : ils sont également responsables de la formation d'aérosols organiques secondaires (réaction avec l'ozone) ou encore la formation de particules de petites tailles. Cette augmentation des concentrations en COV corrélée à l'emploi de produits ménagers a notamment été démontré dans le projet ADOQ (activités domestiques et qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires).

Une partie de l'étude s'est déroulé en condition réelle dans le pavillon MARIA (Maison Automatisée pour des Recherches Innovantes sur l'Air) du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). L'étude a pu mettre en lien la diminution des concentrations en limonène (émis par les produits ménagers) et en ozone avec la formation de particules ultrafines et d'aldéhydes (de formaldéhyde surtout) (34). Un autre projet de recherche PEPS (produits d'entretien protocole simplifié) réalisé par l'Agence de la transition écologique (ADEME) met en évidence un fort taux d'émission de composés volatils pour certains produits manufacturés étudiés (nettoyants vitres, nettoyants multi-usages…) et pour les produits d'entretien faits-maison contenant une teneur élevée en huiles essentielles (35). Concernant les huiles essentielles, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) rappelle dans son rapport datant de 2020 que l'utilisation de sprays ou diffuseurs d'huiles essentielles constitue une source importante de COV (limonène et COV terpéniques dégradés en aldéhydes) et peut exacerber une maladie respiratoire chronique comme l'asthme (36). Le projet EBENE (exposition aux polluants par les bougies et les encens dans les environnements intérieurs) élaboré par l'ADEME a mis en évidence des niveaux de polluants élevés pendant et après la combustion d'encens, et à des niveaux plus importants que lors de la combustion de bougies parfumées. Les encens sont sources de formaldéhyde, de toluène, d'acroléine, de benzène… mais aussi de COSV comme les HAP ou encore de particules ultrafines (37).

1.1.4. Les Composés Organiques Semi-Volatils (COSV)

Les COSV sont des « molécules chimiques peu volatiles à température ambiante ». Mais sous l'effet de la chaleur, ces composés deviennent gazeux. Ils peuvent donc à la fois être liés aux particules solides de poussière et être en suspension dans l'air (38).

Les COSV regroupent plusieurs familles de molécules chimiques (liste non exhaustive) :

- Les HAP,
- Les Poly-Chloro-Biphényls (PCB),
- Les Poly-Brominated-Diphényl-Ether (PBDE),
- Les phtalates,
- Les parabènes,
- Les pesticides/produits phytosanitaires (insecticides, herbicides, fongicides ...),
- Les amines aromatiques,

- Les alkylphénols,
- …

Une étude de 2018 a tenté de mettre en relation la présence de différents COSV retrouvés en intérieur avec la présence de produits de consommation courante afin de connaitre les sources d'émissions de ces COSV. Pour cela, les chercheurs ont étudié les concentrations des COSV dans l'air intérieur et dans la poussière intérieure (39). Le tableau résumant les résultats de cette étude a été repris par l'ANSES dans son avis sur l'exposition aux poussières sédimentées dans l'environnement intérieur (40). Les COSV ont été regroupés par familles de composés chimiques, les phtalates et les métaux/métalloïdes ayant été rajoutés par l'ANSES. Différentes sources d'émission ont été répertoriées pour chaque famille de composés.

Tableau 5 : Principales sources des substances chimiques retrouvées dans la poussière (d'après Lucattini et al., 2018 complété)

Familles de substances chimiques	Sources							
	Tapis, textiles et vêtements	Produits électroniques	Mobilier	Matériaux de construction et revêtement au sol	Produits d'entretien et de nettoyage	Produit d'entretien corporel et cosmétiques	Chauffage et cuisine	Extérieur
Retardateurs de flammes	X	X	X	X	X			
PFAS	X	X	X	X	X	X		
PCB	X	X		X				X
HAP				X			X	X
Pesticides	X							X
Muscs					X	X		
Parabènes					X	X		
Phtalates		X	X	X	X			
Métaux/métalloïdes				X			X	X

Figure 2 - Principales sources de COSV retrouvées dans la poussière (40)

Nous allons détailler les familles de composés chimiques cités par cette étude (excepté les métaux).

1.1.4.1. Les retardateurs de flammes

Ce sont des composants chimiques qui sont intégrés dans les produits de consommation afin de les rendre moins inflammables (41). Ils sont également appelés ignifugeants ou produits ignifuges. Les plus courants et les plus étudiés sont les retardateurs de flammes bromés (RFB) même s'il existe d'autres retardateurs de flammes (les organophosphorés, etc…). Ces RFB se dispersent dans l'environnement et contribuent à polluer l'intérieur des logements. Nous y

sommes essentiellement exposés par l'ingestion d'aliments ou d'eaux contaminés, par inhalation de poussière contaminée ou inhalation de l'air intérieur, ou encore par contact cutané.

Plusieurs familles de RFB sont utilisées (41):

- Les polybromodiphényléthers (PBDE) utilisés dans les plastiques, textiles, moulages électroniques et circuits électriques,
- L'hexabromocyclododécane (HBCDD) utilisé surtout comme isolant thermique dans l'industrie du bâtiment, mais également dans les équipements électroniques et les textiles,
- Le tétrabromobisphénol A (TBBPA) utilisé dans les cartes de circuits imprimés et thermoplastiques des téléviseurs,
- Les polybromobiphényles (PBB) utilisées dans les appareils ménagers, textiles et mousses plastiques,
- Autres RFB.

Une étude de 2019 démontre que les émissions de RFB sont considérablement augmentées avec la présence de poussière (transfert important des RFB dans la poussière) et qu'un simple dépoussiérage régulier permettrait de limiter son exposition aux RFB par contact direct (42).

Ces RFB sont notamment retrouvés à des concentrations élevées dans la poussière présente sur les appareils électroniques (ordinateur, petits appareils électroménagers, téléviseurs, appareils audiovisuels) (43), et ces concentrations varient en fonction de l'âge, de l'heure de fonctionnement et de la mise en veille de l'appareil électronique (44).

Des profils de composés similaires de retardateurs de flamme (PBDE, ignifugeants organophosphorés, retardateurs de flamme alternatifs…) ont été retrouvés entre la poussière intérieure et les ongles d'un échantillon de personnes (45). Ces résultats suggèrent que la poussière intérieure est une source importante de contamination humaine.

Les jeunes enfants sont particulièrement exposés à ces produits car il y a un risque accru d'ingestion de poussière. Une étude datant de 2020 a tenté de mettre en relation le comportement des enfants en bas âge et l'exposition à la poussière et aux produits ignifuges (46). Des prélèvements de salive ainsi que des prélèvements cutanés (sur des lingettes pour main) ont été effectués. Il s'avèrerait que les enfants ayant un comportement main-objet fréquent et jouant plus souvent avec de l'électronique auraient des taux plus importants de

produits ignifuges. On constate également des taux plus élevés de ces produits-là chez des enfants vivant dans des maisons plus anciennes. A l'inverse, le comportement bouche-objet, la prise d'une sucette en bouche ou encore l'inactivité de l'enfant conduiraient à des taux plus faibles de produits ignifuges chez ces derniers. Aucune différence significative n'a été rapporté quant à la fréquent de lavage de mains. Cependant, les auteurs de l'étude suggèrent l'exploration d'autres voies d'exposition comme l'inhalation et l'absorption cutanée.

1.1.4.2. Les per- et polyfluoroalkylés (PFAS)

Ces composés fluorés sont utilisés dans l'industrie pour leurs propriétés physiques et chimiques. En effet, ils résistent à l'eau, à l'huile, aux tâches et aux salissures, et également à la chaleur et aux produits chimiques (47) ; d'où le fait de les retrouver dans un grand nombre de produits de consommation courante : matériaux de construction (membrane et revêtement en fluoropolymère…), additif dans la peinture, câblage, produits cosmétiques ou de soin personnel (ex : vernis à ongle), électronique, équipement de lutte contre les incendies, mousse hydrofuge, produits ménagers, traitement des tissus d'ameublements, des textiles des tapis et du cuir, papier et emballage alimentaire ou non, revêtement des fours... (47)

Le PFOS (perfluorooctanesulfonate) et le PFOA (perfluorooctanoate) sont les plus étudiés et sont réglementés. Une étude Norvégienne de 2020 a estimé les apports quotidiens de PFAS (exposition directe) et de ses précurseurs (exposition indirecte) en mesurant les concentrations sanguines de 61 adultes suite à une exposition *via* l'alimentation, l'ingestion de poussière, l'inhalation de l'air intérieur et l'absorption cutanée (48). Le PFOS et le PFOA prédominent dans les prélèvements. C'est le PFOA qui contribue le plus à l'apport quotidien en PFAS. L'ingestion d'aliments et de boissons reste la voie d'exposition la plus importante puis s'en suit l'ingestion de poussière, l'inhalation de l'air intérieur puis l'absorption cutanée. Cependant, des variations inter-individuelles sont observées : en effet, 20% des participants exposés *via* la poussière ou l'air intérieur présentent des taux plus élevés. Les voies d'expositions indirectes (précurseurs) contribuent peu à cet apport mais une corrélation positive a été retrouvée entre les concentrations sanguines et l'exposition. Il en est de même pour l'ingestion de poussière de surface et PFOA, pour l'inhalation de l'air intérieur et PFOS par exemple.

1.1.4.3. Les polychlorobiphényls (PCB)

Aussi appelés pyralène, ce sont des Polluants Organiques Persistants (POP) : ils se dégradent très peu dans l'environnement et ont tendance à s'accumuler dans les milieux et les

individus (49). Depuis 1987, leur production et leur utilisation sont interdites, mais avant cela, ils étaient très utilisés comme lubrifiants ou dans la fabrication de transformateurs électriques et de condensateurs. On pouvait également les retrouver dans des adhésifs, des peintures, des huiles… (49) Aujourd'hui, nous y sommes surtout exposés par l'alimentation (d'origine animale). Une association entre les concentrations plasmatiques de 28 PCB et les sources d'exposition possibles à l'intérieur chez des enfants a été trouvé au Danemark (50). Les enfants vivant dans des maisons construites pendant la période 1950-1977, période où les PCB étaient autorisés et très utilisés, ont des concentrations plasmatiques plus importantes que les enfants vivant dans des maisons construites en dehors de cette période.

1.1.4.4. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Ce sont des constituants naturels du charbon et du pétrole, ils peuvent aussi être issus de la combustion incomplète de matières organiques (carburants, bois, tabac). La molécule la plus connue est le benzo[a]pyrène. Les principales sources d'exposition sont la fumée de tabac, le gaz d'échappement des véhicules provenant de l'extérieur ou l'alimentation (cuisson au charbon ou au feu de bois, dépôts sur les végétaux, accumulation dans les viandes). Ils peuvent également être libérés suite à l'usure des matériaux qui en contiennent (51). L'utilisation de combustibles solides pour la cuisine est une source importante de HAP, surtout dans les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire.

1.1.4.5. Les pesticides

Les pesticides ou produits phytosanitaires sont des « substances utilisées pour prévenir, contrôler ou éliminer des organismes jugés nuisibles » (52). Ils font surtout référence aux produits utilisés en agriculture conventionnelle mais ils peuvent également être utilisés par les particuliers. Certains produits biocides et antiparasitaires humains ou vétérinaires font partis des pesticides. On peut être exposé aux pesticides par l'alimentation, l'air, l'eau, les sols ou la poussière.

L'ANSES a mené une étude sur plus de 1500 ménages en France métropolitaine (Pesti'Home), afin de mieux connaitre les pratiques et les usages des pesticides par les Français (53). Pendant l'année 2014, 75% des ménages ont utilisé au moins un pesticide. La majorité des produits utilisés sont des insecticides (biocides contre les insectes volants et rampants, et médicaments vétérinaires antiparasitaires). Viennent ensuite les herbicides, les produits traitant les maladies des plantes intérieures et les répulsifs cutanés humains. Cette étude révèle

également que beaucoup d'utilisateurs ne connaissent pas et ne respectent pas les précautions d'emploi du produit. Beaucoup d'entre eux ne savent pas comment éliminer le produit.

Une autre étude a été réalisée dans différentes zones agricoles de France : elle porte sur la recherche de pesticides dans la poussière domestique (54). Au total, 97 pesticides ont été identifiés, provenant de sources différentes : des pesticides domestiques, des pesticides agricoles infiltrés dans l'environnement intérieur et une proportion non négligeable de pesticides persistants interdits depuis plusieurs années.

Il faut savoir que l'ingestion de poussière domestique peut être une des principales voies d'exposition aux pesticides chez les nourrissons et les jeunes enfants (55). Une étude réalisée dans l'Ouest de la France a déterminé l'exposition de 245 enfants de 6 ans aux pyréthrinoïdes (insecticides) en étudiant leurs urines et la poussière domestique (56). Les chercheurs de cette étude en ont conclu qu'une plus forte concentration de métabolites de pyréthrinoïdes dans les urines était associée à une plus forte exposition *via* l'alimentation (alimentation céréalière non biologique). Des parents exposés professionnellement aux pyréthrinoïdes étaient susceptibles d'entrainer des concentrations 3 fois plus élevées dans les urines de leurs enfants. Enfin, la teneur en pyréthrinoïdes dans la poussière était liée à l'utilisation d'insecticides domestiques (2 fois par an pour la perméthrine) et d'insecticides à l'extérieur (1 fois par an l'été pour la cyperméthrine et la tétraméthrine).

1.1.4.6. Les muscs

Ces sont des matières premières animales odorantes entrant dans la composition de parfum (57). Son origine peut également être synthétique par nitration du toluène ou du xylène (57). On les retrouve essentiellement dans les produits cosmétiques et ménagers. Peu d'études à leur sujet sont disponibles car l'exposition est surtout cutanée (58). Mais ces composés peuvent se retrouver dans la poussière des maisons, et leurs concentrations augmentent avec le nombre d'occupants et donc avec le nombre de produits utilisés (59).

1.1.4.7. Les parabènes

Les parabènes sont des conservateurs (antimicrobiens et antifongiques) utilisés dans un grand nombre de cosmétiques, on les retrouve également dans certains médicaments et produits alimentaires (additifs). Nombreux sont suspectés d'être perturbateurs endocriniens (60). Sept parabènes ont été étudiés dans plusieurs produits de soins personnels et dans des échantillons de poussière à l'intérieur de maisons au Vietnam. Les chercheurs ont tout d'abord remarqué

que les parabènes retrouvés dans les produits étaient en concentration plus importante dans les produits non étiquetés. Les niveaux de parabènes étaient plus importants dans les échantillons de poussière des maisons que dans les échantillons de poussière d'autres milieux intérieurs, avec une tendance à la hausse ces dernières années. Le méthylparabène est le parabène le plus retrouvé dans les produits de soins et les échantillons de poussière. L'exposition par ingestion de la poussière a également été évaluée : elle est d'autant plus importante chez le nourrisson et les enfants en bas âge et décroit avec l'âge (61).

1.1.4.8. Les phtalates

Les phtalates sont des dérivés de l'acide phtalique (esters), et sont surtout utilisés comme plastifiants, comme le chlorure de polyvinyle (62), dans beaucoup de produits de consommation courante et produits industriels (matériaux de construction des bâtiments, électricité, ameublement, produits électroniques, emballages alimentaires…(63)). Etant peu volatils et peu solubles dans l'eau, des études suggèrent le transfert direct des phtalates dans la poussière domestique (64). L'une d'entre elle étudie les phtalates aéroportés dans l'environnement intérieur et les conditions qui influent cet aéroportage (65). En effet, une température ambiante élevée augmenterait l'accumulation d'esters de phtalates en suspension dans l'air ; l'humidité favoriserait le transfert des phtalates de l'air vers les PM 2,5 : toute augmentation de PM 2,5 (trafic routier, tabagisme…) augmenterait la quantité de phtalates dans l'air. Dans ce cas, la ventilation du logement n'a pas d'incidence sur la diminution des concentrations en phtalates dans l'air.

1.1.4.9. Leurs effets sur la santé

Nombreux de ces composés (avec les COV) engendrent des effets de même type sur le corps humain : effets cancérigènes, effets allergisants et respiratoires, effets perturbateur endocrinien… Les effets cumulés de ces molécules rendent l'évaluation de leur impact sur la santé complexe.

L'effet perturbateur endocrinien de la plupart de ces molécules (phtalates, parabènes, retardateurs de flamme, certains pesticides…) est particulièrement problématique.

Selon l'OMS (2002), « un perturbateur endocrinien (PE) désigne une substance ou un mélange qui altère les fonctions du système endocrinien et de ce fait induit des effets néfastes dans un organisme intact, chez sa progéniture ou au sein de (sous)-populations ». Le système endocrinien englobe toutes les glandes produisant des hormones (thyroïde, ovaire, testicules,

hypophyse, pancréas…). Ces hormones sont ensuite libérées dans la circulation sanguine pour agir sur les différents organes. Les substances ayant un effet perturbateur endocrinien vont interférer avec cette communication entre les organes et impacter le développement et le fonctionnement de l'organisme (66). Les PE agissent de plusieurs manières : ils peuvent modifier la production naturelle d'une hormone ou la mimer, ou bien encore inhiber leur action (66). Plusieurs caractéristiques leurs sont attribuées (67) :

- Ce sont des substances qui peuvent avoir un impact sur la santé même à très faible dose,
- Il n'y a pas de relation dose et effet (très variable selon la substance décrite),
- La sensibilité aux PE peut être accrue à certaines périodes de la vie (femmes en âge de procréer, femmes enceintes, nouveau-né et enfants en bas âge, adolescents) : on parle alors de « fenêtre d'exposition ». Ces effets peuvent se transmettre à la descendance, il y a donc également un effet transgénérationnel,
- On parle également d'un « effet cocktail » car certains effets pourraient s'additionner en présence de plusieurs PE.

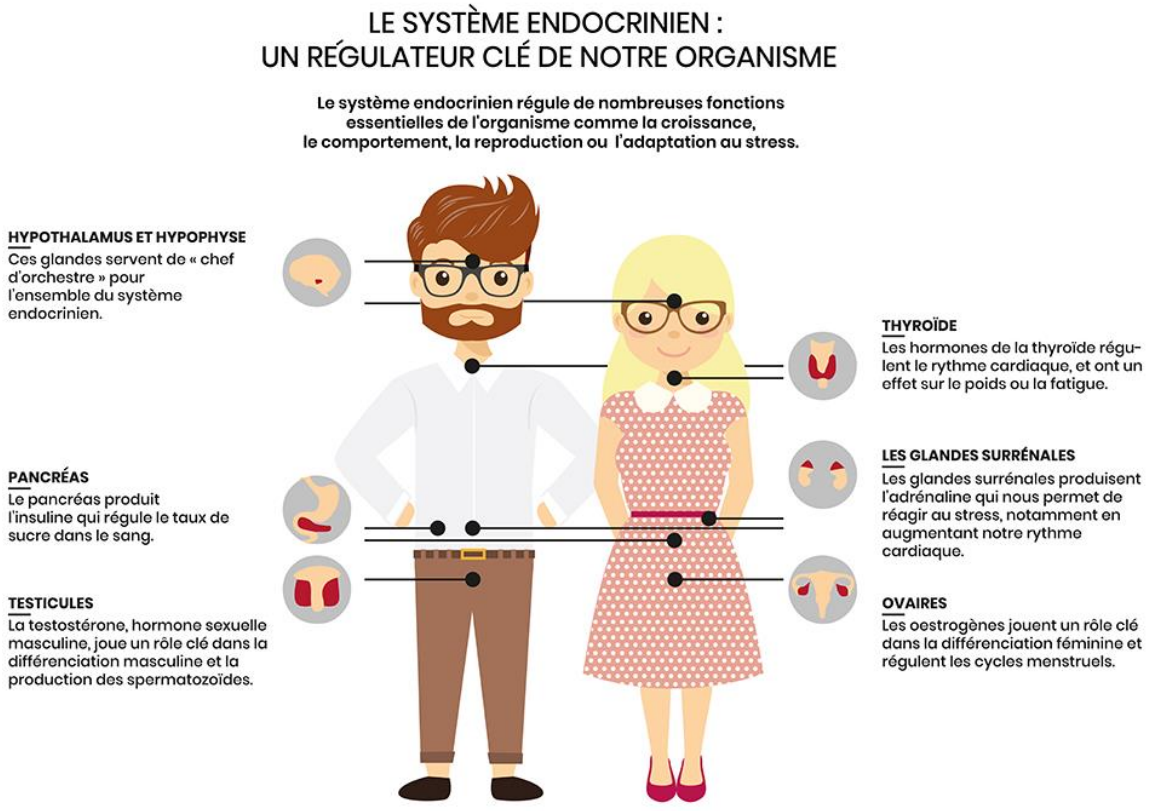


Figure 3 - Rôles des organes appartenant au système endocrinien (68)

Les PE sont suspectés d'être à l'origine de nombreuses pathologies (69) :

- Effets sur le système reproducteur masculin : baisse de la qualité du sperme, infertilité, malformations congénitales (cryptorchidie = testicules non descendus dans le scrotum, hypospadias = malformation de l'urètre…) …,
- Effets sur le système reproducteur féminin : endométriose, puberté précoce, anomalie des ovaires avec une baisse de la fertilité… En effet, l'utilisation de nombreux produits cosmétiques est associée à une concentration plus élevée de perturbateurs endocriniens tels que certains phtalates, parabènes et autres phénols dans les urines des adolescentes (70). Cette exposition engendre un développement précoce des parties génitales chez ces jeunes adolescents (71),
- Cancers hormono-dépendants : sein, utérus, ovaires, testicules, prostate…,
- Effets sur la glande thyroïde : hypo/hyperthyroïdies. L'impact est d'autant plus important sur le fœtus où le développement de l'enfant a lieu. Par exemple, l'exposition aux PFOS et aux PFOA a été associée au développement d'une hypothyroïdie chez les femmes et les enfants surtout (72),
- Anomalies du développement cognitif et comportemental lors d'une exposition précoce (*in-utero* et dans l'enfance) : par exemple, une exposition prénatale aux phtalates a été associée à un QI inférieur, des problèmes d'attention, d'hyperactivité, et à des mauvais comportements sociaux (73),
- Effets sur la prise de poids : les PE seraient obésogènes c'est-à-dire qu'ils favoriseraient entre autres le stockage de la graisse. Une étude a démontré qu'une exposition *in-utero* ou pendant la période néo-natale augmente le risque de surpoids et d'obésité (74). Une plus grande proportion de masse grasse dans le corps entraine une accumulation des substances toxiques et le développement de maladies comme le cancer,
- …

1.2. Les polluants biologiques ou biocontaminants : les allergènes

Un allergène est un agent susceptible de provoquer une allergie chez un sujet préalablement sensibilisé à cet agent (contact ultérieur). Ces allergènes sont émis par des organismes vivants comme les animaux domestiques, les acariens, les insectes comme les blattes, les moisissures et les plantes (pollens…) (75). La multiplication de ces allergènes est souvent liée à la présence de chaleur et d'humidité dans l'habitat (76) mais pas seulement. Le taux d'allergène varie aussi selon plusieurs conditions : l'isolation du logement, le niveau

d'aération, la présence d'animaux domestiques en intérieur (chat et chien surtout), l'hygiène des occupants, la présence de moquette/tapis… Ces allergènes sont responsables d'irritations et d'inflammations des voies respiratoires, d'asthme, d'allergies, d'infections ORL et bronchiques (notamment chez les personnes immunodéprimées) etc…

On observe une corrélation entre la présence d'allergènes de type acariens et celle de moisissures qui sont des champignons microscopiques (77). Il faut savoir que 10 à 20% des logements français présentent de la moisissure visible (odeurs d'humidité, tâches sur les murs ou le plafond, peintures/tapisseries boursouflées…) (78). On considère que les concentrations en flore fongique sont anormales lorsque celles-ci dépassent les 1000 UFC/m^3 (UFC : Unité Formant Colonie) (78). Les espèces fongiques les plus communément retrouvées sont les suivantes : genre *Aspergillus*, genre *Penicillium* et genre *Cladosporium* (79).

La concentration en moisissure est directement liée de façon positive à un taux d'humidité élevé (> 60%), à un défaut d'isolation et de ventilation du logement (77). Il a également été démontré que des concentrations élevées des genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* et *Cladosporium* étaient corrélées à un risque accru de développer de l'asthme ou d'en exacerber les symptômes (80).

<u>Lien entre moisissures et présence d'allergènes et de substances chimiques</u> :

Plusieurs études ont démontré que certains champignons étaient capables de synthétiser des composants allergisants (spores, béta-D-glucanes, composants de la paroi cellulaire du mycélium…) et des substances chimiques. Ces substances chimiques correspondent à des mycotoxines ou COVm (Composés Organiques Volatils microbiens). Ces métabolites peuvent être libérés dans l'environnement et peuvent induire une certaine toxicité chez l'Homme. La production de ces COV dépend du stade de développement du champignon, de l'espèce et du support sur lequel il se trouve (81) : c'est le cas par exemple pour le béta-D-glucane (82). Ces COV sont de différents types : alcanes linéaires, aldéhydes, composés aromatiques, monoterpènes (83) et sont responsables de l'odeur de moisissure. Sous forme gazeuse, ils sont capables de traverser les matériaux poreux des bâtiments (diffusion des COV même si le développement du champignon a lieu dans une cloison fermée) (78) ; ils sont également retrouvés dans la poussière (79). Les spores peuvent être toxiques mêmes si elles ne contiennent pas de mycotoxines (84).

Une étude française datant de 2015 a mesuré les concentrations en moisissures et en allergènes dans 150 logements en Bretagne et a tenté de déterminer les facteurs influençant ces concentrations (85). Dans 34% des logements étudiés, la concentration en flore fongique dépassait les 1000 UFC/m3. Plusieurs facteurs ressortent de cette étude :

- La présence de signes d'humidité était corrélée à la présence du genre *Penicillium*,
- Un tabagisme régulier était lié à une présence plus importante du genre *Aspergillus* dans l'air,
- Les genres *Cladosporium* et *Penicillium* étaient les plus abondants dans les pièces à vivre ce qui démontre que les espèces peuvent être différentes d'un endroit à un autre dans le logement,
- Une correspondance des concentrations en moisissures est retrouvée entre celles de la poussière au sol et celles de l'air,
- Les saisons influent sur les concentrations fongiques : des concentrations plus importantes des genres *Aspergillus* et *Penicillium* sont retrouvées pendant le saison froide (octobre-mars) alors que c'est l'inverse avec les genres *Cladosporium* et *Alternaria*,
- L'ancienneté du bâtiment rentre aussi en ligne de compte : les constructions récentes (après 1990) présentaient des taux d'*Alternaria* plus élevés en hiver mais des taux de *Cladosporium* plus faibles pendant la saison chaude,
- Une aération fréquente (1 à 4 fois par semaine) diminuait les concentrations des *Penicillium* et *Aspergillus* tandis qu'une longue aération (plus de 30 minutes) augmentait les taux de *Cladosporium*,
- Des fortes concentrations en *Cladosporium* dans la poussière du sol étaient corrélées à la présence d'animaux de compagnie et notamment de chats,
- Pour ce qui est des allergènes, les allergènes d'acariens *Derp1* et *Derf1* sont les plus présents dans les poussières de matelas ; on les retrouve tous les deux dans plus de 60% des logements étudiés,
- La concentration en allergènes augmente dès lors que les draps sont nettoyés moins d'une fois par semaine. Celle-ci diminue si les aérations sont fréquentes et quand la température est élevée.

1.3. Les polluants physiques

1.3.1. Les PM 10, PM 2,5 et particules ultrafines

Les particules sont « un mélange de composés liquides et/ou solides en suspension dans l'air » (86). Leurs compositions varient suivant les sources dont elles sont issues. En dehors de l'entrée de la pollution extérieure à l'intérieur, les taux de particules peuvent varier en fonction des activités humaines (cuisson des aliments, entretien des locaux, tabagisme, entretien des appareils à combustion, systèmes de ventilation…). Dans l'air extérieur, les particules peuvent provenir de phénomènes naturels (feux de végétation, éruption volcaniques…) ou d'activités humaines également (industries, transport, agriculture, chauffage individuel…) (87). Les particules fines et ultrafines proviennent de la combustion essentiellement.

On distingue plusieurs tailles de particules :

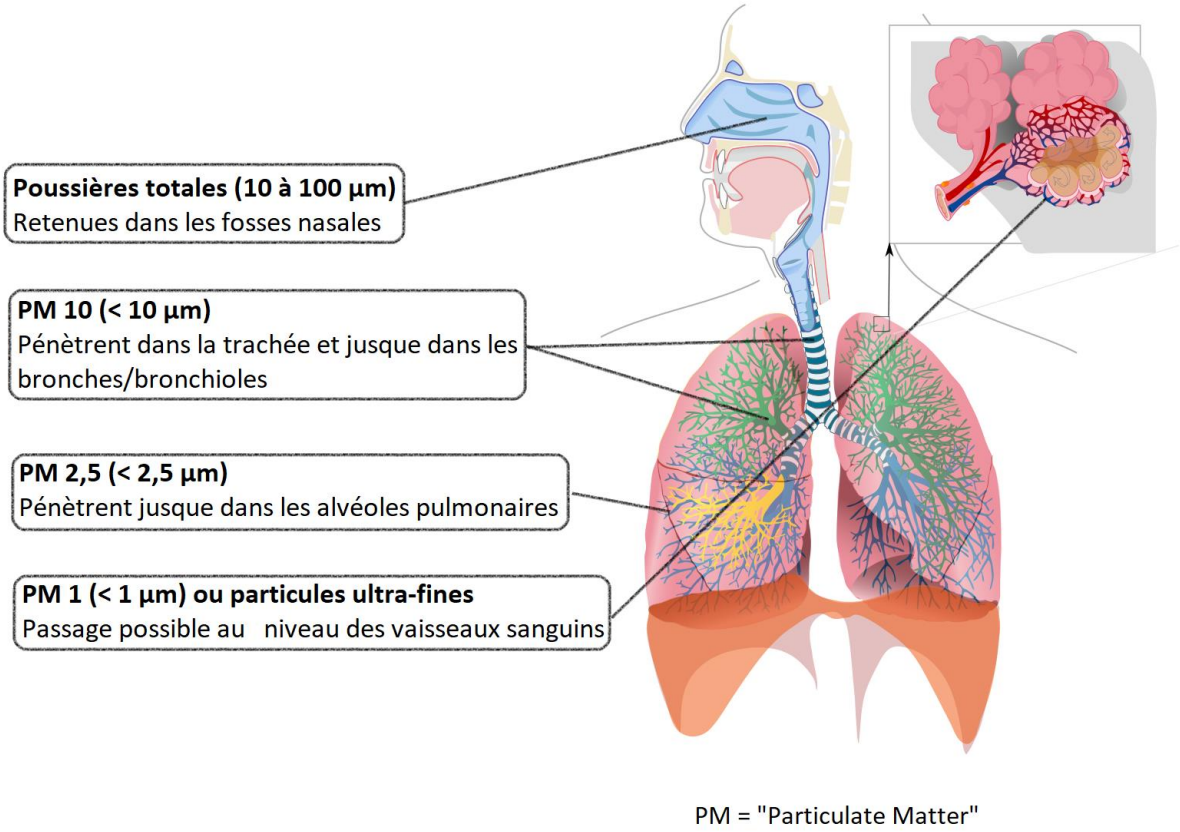


Figure 4 - Taille des particules et pénétration dans l'organisme

Les particules < 10µm sont problématiques car elles pénètrent dans les voies respiratoires et sont retrouvées, pour les plus petites d'entre elles, dans la circulation sanguine.

Elles sont peu étudiées dans l'habitat car les principales sources de PM 10 et PM 2,5 sont d'origine extérieure malgré le fait qu'elles puissent être d'origine intérieure également, surtout pour les particules ultrafines. Leur impact est non négligeable : selon une dernière réévaluation de Santé Publique France (SPF), 40 000 décès seraient attribuables aux particules fines (PM 2,5) chaque année (88). Ces décès sont essentiellement causés par des pathologies cardio-pulmonaires : en effet, l'exposition à court terme aux PM 2,5 est associée à une mortalité prématurée par cardiopathie ischémique et BPCO (89). Cela peut également entrainer l'exacerbation d'un asthme (90) et une diminution de la fonction respiratoire chez les enfants (91). Enfin, sur le long terme, l'exposition aux PM 2,5 est un facteur de risque de développer un cancer des poumons (92). Les effets des PM 10 sont moins bien connus.

Une étude portugaise récente a évalué les niveaux et les sources de PM10, PM2,5 et particules ultrafines dans 65 foyers pendant 48h (93).

- Dans 75% des foyers, le taux de PM 2,5 a dépassé les limites quotidiennes de l'OMS. Il en est de même dans 41% des foyers pour les PM 10,
- Cette étude a pu en déduire qu'une grande partie des PM 2,5 provenait d'infiltrations d'émissions extérieures,
- Les taux de PM sont peu corrélés aux taux de particules ultrafines, ces taux de particules ultrafines étant plus élevés à l'intérieur qu'à l'extérieur,
- Les émissions de particules ultrafines seraient essentiellement liées à des sources intérieures (phénomènes de combustion) avec des taux variant suivant les pièces du logement (plus concentrés dans la cuisine).

Il faut savoir que la fumée issue de la combustion de biomasse (bois, végétaux, charbon, excréments…) peut être source d'une pollution très importante. En effet, lorsque la combustion n'est pas optimale (avec un bois humide par exemple), cette fumée dégage des particules carbonées, dont des HAP, des COV, du monoxyde de carbone (94)... Cette pollution est d'autant plus importante en hiver, lorsque la combustion de biomasse par les foyers est augmentée (95).

Dans les pays développés, de plus en plus de foyers utilisent la combustion du bois pour se chauffer. Une étude a examiné l'exposition d'un groupe de femmes enceintes en Nouvelle-Angleterre (USA) aux PM 2,5 et ses composants suite à l'utilisation d'un poêle à bois dans leurs logements résidentiels (96). Cette étude conclut à une augmentation des taux de PM 2,5 et de ses composants dans les maisons utilisant un poêle à bois ancien, sans certification « Environnemental Protection Agency » (EPA = norme fixant le seuil d'émission de fumée et

donc de particules à ne pas dépasser, en vigueur au Canada et aux Etats-Unis depuis plus de 20 ans (97)), et qui brûlaient du bois humide.

1.3.2. Focus sur l'amiante

L'amiante est une fibre minérale naturelle, qui a été largement utilisée dans le passé pour ses nombreuses propriétés : isolation thermique, acoustique et électrique, résistance mécanique, aux flammes et aux produits chimiques, coût de revient faible (98)... L'utilisation de toutes les variétés de fibres d'amiante est interdite depuis 1997 à cause de leur effet cancérigène avéré par le CIRC (99) mais nombreux sont les logements bâtis avec de l'amiante avant cette date. En effet, elle peut être retrouvée dans beaucoup de matériaux de construction (canalisations, dalles pour le sol, ardoises pour toitures, retrouvée dans certains plâtres, ciments…) (100). C'est une fibre très friable qui se divise en filaments très fins, non visibles à l'œil nu, à la suite d'une usure naturelle ou d'une intervention de l'Homme (perçage, ponçage…). Ces filaments se retrouvent dans la poussière, qui est ensuite inhalée. Une fois les filaments déposés dans les poumons, leur élimination est difficile. Des expositions brèves mais répétées sont en lien avec de nombreuses pathologies respiratoires (101) :

- Lésions pleurales dont les plaques pleurales (fibrose pleurale circonscrite)
- Abestose = fibrose pulmonaire entrainant une insuffisance respiratoire
- Cancers dont le cancer broncho-pulmonaire, le cancer de la plèvre (mésothéliome pleural), les cancers du larynx et de l'ovaire pour lesquels le lien est avéré par le CIRC. Le risque de cancer broncho-pulmonaire est augmenté s'il y a une exposition concomitante à la fumée de tabac (101).

Ces pathologies apparaissent généralement plusieurs années après le début de l'exposition, avec une latence pouvant aller jusqu'à 20 à 40 ans (99).

1.4. Le radon

Le radon est un gaz radioactif issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans le sol et les roches. Celui-ci peut s'accumuler dans des lieux mal ventilés comme les logements. Certaines régions de France sont plus exposées que d'autres (Massif central, Corse, Vosges…). Le radon pourrait être la deuxième cause de cancer du poumon (102).

1.5. Impact socio-économique

L'ANSES, avec l'OQAI et un professeur d'économie de l'Université Sorbonne Panthéon I (Pierre Kopp) ont estimé à 19 milliards d'euros par an en France, le coût sanitaire

de l'impact de cette pollution de l'air intérieur (estimation des coûts des décès prématurés, de la prise en charge des soins, des pertes de production liées à une perte de qualité de vie…)(103). Cette étude s'est basée sur l'évaluation de 6 polluants comprenant le benzène, le trichloréthylène, le radon, le monoxyde de carbone, les particules (PM 2,5) et la fumée de tabac ambiant (104). Il s'avère que les particules sont responsables de 75% des coûts, suivi du radon (104).

2. Impacts sur la santé

2.1. Les différentes voies d'exposition

Dans la littérature, trois voies d'exposition sont étudiées :

- Exposition par inhalation,
- Exposition par ingestion de poussières, surtout chez les enfants de bas âge,
- Exposition par absorption cutanée.

Cette dernière voie est moins étudiée que les deux autres mais il s'agirait d'une voie d'exposition non négligeable. En effet, l'absorption transdermique directement à partir de l'air serait comparable voire supérieure à l'absorption par inhalation pour beaucoup de COSV (105).

La voie d'exposition diffère selon la nature du polluant, sa forme dans l'environnement, sa taille…

2.2. La poussière comme vecteur de polluants

La poussière retrouvée dans nos intérieurs constitue un indicateur de salubrité du logement mais pas seulement : elle pourrait refléter entre autre la présence de substances chimiques issues des produits de consommation et des matériaux de construction, ces substances pouvant présenter un risque pour la santé surtout chez les enfants (55).

Une poussière est une « particule solide d'un diamètre aérodynamique d'au plus de 100 micromètres » (106).

Afin d'étudier la composition de cette poussière et son impact sur la santé, l'ANSES, dans son avis sur l'exposition aux poussières sédimentées dans les environnements intérieurs (40), définit la poussière comme « tout type de particules déposées sur les surfaces (sol, meubles, etc…) dans les environnements intérieurs, quelles qu'en soient l'origine (naturelle/synthétique, extérieur/intérieur) et la nature (inorganique/organique) ».

Constituants de la poussière domestique :

La poussière se compose de particules diverses et variées. La liste ci-dessous regroupe les éléments les plus cités dans la littérature, cette liste est issue d'un document de l'ANSES (40) :

- « Les fragments de plantes, les feuilles ou les aiguilles
- Les résidus de nourriture
- Les cheveux ou les poils
- Les squames de peau
- Les matériaux issus de l'abrasion de textiles, des équipements (exemple : fibres de vêtements ou de tapis) et des matériaux de construction (exemple : fibres de papier, de verre, bois)
- Les matériaux inorganiques tels que des cailloux, des sables ; des limons ou argiles issus de l'environnement extérieur
- Les particules de suie, les poussières issus de combustion (fumée), les cendres
- Les bactéries, les virus, les moisissures, leurs spores, les pollens, les acariens et leurs excréments, des fragments d'insectes…
- Les particules atmosphériques extérieures, provenant de sources diverses (aérosols marins, industries, incendies…) »

Dans cette poussière, outre la présence de particules physiques, on retrouve également de nombreuses substances chimiques, qui peuvent, à tout moment être remises en suspension dans l'air. C'est le cas notamment des COSV, qui peuvent se retrouver à la fois en phase gazeuse dans l'air ambiant, et dans la poussière. (38).

2.3. Les effets sur la santé humaine

Les effets sur la santé sont divers et variés et dépendant de l'âge d'exposition, des pathologies préexistantes, de l'importance de l'exposition, de la voie d'exposition et du polluant incriminé. Ces effets ont été décrits dans la partie 1 pour chacun des polluants, mais on peut retenir quelques grands impacts de la pollution de l'air intérieur sur la santé : des effets respiratoires et allergisants, des effets perturbateurs endocriniens et des effets cancérigènes.

3. Prévention

3.1. Surveillance de la pollution de l'air intérieur

3.1.1. Les Valeurs Guides de qualité de l'Air Intérieur (VGAI) proposées par l'ANSES

Depuis 2004, elles sont élaborées par l'ANSES dont la mission est d'évaluer les risques sanitaires dans les domaines de l'alimentation, de l'environnement et du travail afin d'éclairer les décisions publiques. Elle possède plusieurs comités dont un spécialisé sur la santé et l'environnement.

Les valeurs guides sont des « concentrations dans l'air d'une substance chimique en dessous desquelles aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé n'est attendu pour la population générale en l'état des connaissances actuelles » (107). Une dizaine de polluants impliqués dans la pollution de l'air intérieur a été étudiée. La dernière mise à jour des données date de juillet 2020.

La liste des polluants étudiés est la suivante (107) (tableau des valeurs guides : annexe 1) :

- Acétaldéhyde
- Acide cyanhydrique
- Acroléine
- Benzène
- Dioxyde d'azote
- Ethylbenzène
- Formaldéhyde
- Monoxyde de carbone
- Naphtalène
- Particules ($PM_{2.5}$ et PM_{10})
- Trichloroéthylène
- Tétrachloroéthylène et son addendum
- Toluène

Ces valeurs guides faites par l'ANSES sont uniquement basées sur des critères sanitaires. Suite à cela, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) propose des valeurs

repères d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur en prenant en compte ces valeurs de l'ANSES et d'autres paramètres. Le ministère en charge de l'écologie publie ensuite un décret contenant les valeurs guides afin de fixer un cadre réglementaire et de surveiller la pollution de l'air intérieur (107).

3.1.2. L'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieure (OQAI)

Créé en 2001 en France, son but est de mieux connaitre l'exposition des populations à la pollution intérieure et de mettre en place des actions de surveillance et de prévention pour réduire cette exposition. Plusieurs campagnes sont mises en place afin d'étudier plusieurs milieux et notamment la Campagne Nationale Logement (27). Quinze ans après la dernière, la nouvelle campagne (2020-2023) cherche à connaitre davantage la qualité de l'air intérieur des logements en France. Ses investigations portent sur 600 logements au total, et des capteurs ont été déployés dans les domiciles (en plus des questionnaires), afin d'obtenir des données en temps réel. Cette campagne accentue ses recherches sur les polluants émergents, les perturbateurs endocriniens et les pesticides.

Evaluation des niveaux de pollution dans les habitats :

L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) estime que 34% des logements en France possède des taux de contamination plus élevés par rapport au reste des logements, cela représenterait environ 8 millions de logements (108).

L'évaluation et la quantification de cette pollution est compliquée étant donné la diversité des polluants. Lors de sa première Campagne Nationale Logement en 2006, l'OQAI a évalué plusieurs polluants (27) :

- Certains COV sont observés dans 100% des logements (acétaldéhyde, formaldéhyde, hexaldéhyde, toluène, m/p xylène). Le formaldéhyde par exemple, présente toujours des concentrations plus élevées à l'intérieur qu'à l'extérieur ; certaines de ces concentrations dépassent 100µg/m^3 (VGAI fixée par l'ANSES). De plus fortes concentrations de COV sont retrouvées dans les garages attenant et communiquant avec les logements.
- Dans la plupart des logements, les taux de CO sont proches de 0 dans les différentes pièces.
- Pour ce qui est des allergènes de chats (Feld1) et de chiens (Canf1), 50% des logements présentent des concentrations très élevées.

- Pour les allergènes d'acariens (Derp1 et Derf1), 50% des logements dépassent la valeur seuil de sensibilisation de 2µg/g de poussière, seuil pour lequel le risque d'allergie devient plus élevé.
- Les taux de PM2,5 et PM10 sont importants dans 50% des logements.

L'OQAI souligne bien le fait que la pollution intérieure est différente de celle de l'extérieur, d'une part on retrouve certains polluants uniquement en intérieur et d'autre part, ces polluants peuvent être retrouvés à des concentrations bien plus importantes qu'à l'extérieur (27).

3.1.3. L'Agence de la Transition Ecologique (ADEME)

Anciennement Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, elle est placée sous la tutelle des ministères chargés de la Recherche et de l'Innovation, de la Transition écologique et solidaire, de l'Enseignement supérieur. Elle participe à la recherche et à la diffusion d'informations dans différents domaines liés à la protection de l'environnement et à la maitrise de l'énergie dont la prévention et la lutte contre la pollution de l'air.

3.1.4. Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)

C'est un établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment. Ils ont construit des laboratoires afin d'évaluer la qualité sanitaire des environnements intérieurs en situation réelle (109).

Plusieurs objectifs :

- Caractériser les sources d'émissions chimiques dans l'air intérieur (notamment celles des COV)
- Améliorer la qualité microbiologique de l'air des bâtiments
- Qualifier l'impact des produits et des systèmes sur la qualité de l'air intérieur dans des espaces, à l'échelle d'un bâtiment par exemple : pavillon MARIA avec différents systèmes de chauffage et de ventilation, étude des transferts d'air entre les pièces…
- Évaluer l'impact des polluants gazeux du sol (hydrocarbures, COV, radon…)

3.2. Perception de la qualité de l'air intérieur

D'après le dernier rapport de l'ADEME datant de mai 2018 sur les représentations sociales de la qualité de l'air intérieur et l'évolution des comportements, la qualité de l'air intérieur est globalement perçue de la manière suivante (108) :

- L'aération de l'habitation est davantage assimilée à une habitude, un réflexe, plutôt qu'à un geste préventif, elle est intégrée et appliquée par la plupart des individus de l'étude.
- La perception d'un risque fait le plus souvent allusion à une pollution extérieure au logement, faute de connaissances, de fausses croyances, de confusions.
- La plupart des participants ne perçoivent pas l'air intérieur comme un risque mais le définissent par des sensations : un logement propre sans saletés ni microbes et qui ne sent pas mauvais, voire qui sent bon, est perçu comme sain. La notion de confort et de bien-être entre en ligne de compte dans cette perception. La santé étant perçue de manière globale, la fraicheur du logement est considérée comme vecteur d'une bonne santé.
- L'éducation et les valeurs environnementales seraient vecteurs de bonnes pratiques.
- La majorité des participants (fumeurs et non-fumeurs) sont conscients que fumer chez soi est nuisible.
- La notion d'air intérieur ou de qualité de l'air intérieur est encore un sujet peu connu et peu débattu.
- Plusieurs sources de pollution de l'air intérieur ont quand même pu être citées par chacun des participants à l'étude.

3.3. Mesures de prévention

3.3.1. Campagnes de prévention auprès de la population générale

Plusieurs flyers de prévention ont été mis au point par différentes institutions : guide de la pollution de l'air intérieur de l'Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé (INPES), les bons gestes pour un bon air (OQAI), un air sain chez soi (ADEME)… Il existe également un quizz en ligne pour savoir si les bons réflexes de prévention sont acquis : http://www.unbonairchezmoi.developpement-durable.gouv.fr/.

Quelques conseils de prévention essentiels sont à retenir :

- Aérer matin et soir pendant au moins 15 min,
- Aérer après chaque activité produisant des polluants : cuisine, ménage, bricolage, douche…,
- Entretenir régulièrement les appareils de combustion et de chauffage, entretenir et nettoyer régulièrement les systèmes de ventilation (ne pas les obstruer),
- Choisir un appareil de chauffage ou de combustion moins polluant,
- Ne pas fumer à l'intérieur même fenêtre ouverte,
- Bien isoler sa maison de l'humidité, nettoyer les moisissures apparentes, faire sécher si possible son linge dehors…,
- Identifier les sources de pollution et agir en connaissance de cause,
- Privilégier les meubles en bois massif, avec un label (Ecolabel, NF Environnement…) ou d'occasion (majorité des COV éliminée), ayant appartenus à un foyer non-fumeur, privilégier des peintures dégageant peu de COV (étiquetage), ne pas utiliser de produits chimiques lorsqu'on est enceinte et aménager la chambre de bébé plusieurs mois avant son arrivée (élimination des polluants en aérant) …,
- Pour le ménage, aspirer ou enlever les poussières régulièrement avec un chiffon humide (notamment autour des appareils électroniques), privilégier un minimum de produits ménagers avec la composition la plus simple possible (vinaigre blanc, bicarbonate de soude, savon noir…), adapter la dose de produit à la surface à nettoyer, rincer les surfaces nettoyées… (110),
- Privilégier des produits cosmétiques ou de soins corporels les plus naturels possibles avec la composition la plus courte possible,
- Les animaux doivent idéalement être dehors, ne pas dormir dans les chambres, un nettoyage régulier des endroits qu'ils côtoient doit être effectué…,
- Respecter les précautions d'emploi pour chaque produit chimique utilisé, limiter l'usage d'insecticide/fongicide à l'intérieur,
- Eviter l'utilisation d'encens, de désodorisants, de bougies parfumées et de sprays ou diffuseurs aux huiles essentielles surtout dans des pièces non ou mal ventilées,
- Pour les acariens, nettoyer régulièrement la literie, les tapis… et éviter la moquette,
- Pour l'amiante : avant d'entreprendre des travaux, se renseigner si les matériaux contiennent de l'amiante. Si c'est le cas, faire intervenir une entreprise spécialisée pour tous travaux importants, sinon porter des équipements de protection individuelle (EPI)

adaptés, humidifier ou fixer le matériau avant de commencer à bricoler, travailler toujours avec précaution sans utiliser des outils produisant beaucoup de poussière, nettoyer ses outils après et prendre un douche complète et soigneuse de la tête et du corps (100),

- L'utilisation de plantes d'intérieur pour leur efficacité à capter les polluants est controversée (111). Leurs actions dépolluantes dépendent de plusieurs critères : de l'espèce de la plante, de la luminosité, de la taille de la pièce… Deux études réalisées avec une espèce de palmier (112) et une espèce de fougère (113) démontreraient une efficacité sur l'absorption de formaldéhyde en intérieur (en condition expérimentale)…,
- L'utilisation d'épurateurs ou de purificateurs d'air est de plus en plus courante. Les purificateurs d'air fonctionnent généralement de la façon suivante : l'air environnant est aspiré par le dispositif et passe à travers plusieurs filtres (filtre HEPA, filtre au charbon actif, filtre à oxydation…). Plusieurs études tendent à démontrer leur efficacité sur la diminution des taux de particules, d'allergènes, de virus, de bactéries, de moisissures et de COV. L'une d'entre elle le démontre notamment sur les PM 2,5 (114) : cette diminution des taux de PM 2,5 grâce à l'utilisation d'un purificateur d'air améliorerait le contrôle de l'asthme chez les enfants asthmatiques (115). Certains purificateurs d'air seraient efficaces sur la diminution des composés organiques volatils totaux (116). Cependant, l'ANSES dans l'un de ses avis datant de 2017, alerte sur l'utilisation de ces dispositifs pour lesquels, selon elle, l'efficacité et l'innocuité restent encore à démontrer car certaines technologies permettant d'éliminer les polluants en récréeraient de nouveaux (117).
- Concepts émergents : utilisation de matériaux écologiques et innovants permettant de capter les polluants gazeux (dont le formaldéhyde) de l'air intérieur (118), faire appel à un conseiller en environnement intérieur (CEI), logements labellisés, capteurs mesurant la pollution de l'air en temps réel…

3.3.2. Les Plans Nationaux Santé Environnement (PNSE)

Depuis 2004, los ministères œuvrent pour la santé environnementale avec différents Plan Nationaux Santé Environnement (PNSE). A l'échelle régionale, des Plan Régionaux Santé Environnement (PRSE) se sont également mis en place.

Le dernier PNSE « Mon environnement, ma santé » (2020-2024) s'articule autour de 4 axes (119) :

- « Axe 1 : S'informer, se former et informer sur l'état de mon environnement et les bons gestes à adopter.
- Axe 2 : Réduire les expositions environnementales affectant notre santé.
- Axe 3 : Démultiplier les actions concrètes menées par les collectivités dans les territoires
- Axe 4 : Mieux connaitre les expositions et les effets de l'environnement sur la santé des populations. »

Dans l'axe 2, l'action 13 a pour but d'« améliorer la qualité de l'air intérieur au-delà des actions à la source sur les produits ménagers et les biocides ». Elle s'appuiera notamment sur la campagne mise en place par l'OQAI.

3.3.3. Réglementation

3.3.3.1. Etiquetage des émissions en polluants volatils des produits de construction et de décoration

L'étiquetage des produits de construction et de décoration a été rendu obligatoire le 1er janvier 2012. L'article L221-10 du Code de l'environnement mentionne que « Les produits de construction et d'ameublement ainsi que les revêtements muraux et de sol, les peintures et vernis qui émettent des substances dans l'air ambiant sont soumis à une obligation d'étiquetage des polluants volatils à partir du 1er janvier 2012 ».

Sur cette étiquette doit être indiqué « le niveau d'émission de substances volatiles dans l'air intérieur, présentant un risque de toxicité par inhalation, sur une échelle de classe allant de A + (très faibles émissions) à C (fortes émissions) » (figure 5) (120).

Chaque classe (A+, A, B ou C) correspond à des seuils limites de concentrations d'exposition (en $\mu g.m^{-3}$) pour chaque COV (10 au total dont le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, le toluène…) et pour les COVT (Composés Organiques Volatils Totaux). Le niveau d'émission est évalué après 28 jours de test dans une chambre. La classe attribuée correspond au COV qui est émis dans l'environnement à la concentration la plus élevée.

Grâce à cet étiquetage, le consommateur est ainsi en possession de choisir le produit qui émet le moins de COV pour sa santé et son environnement.

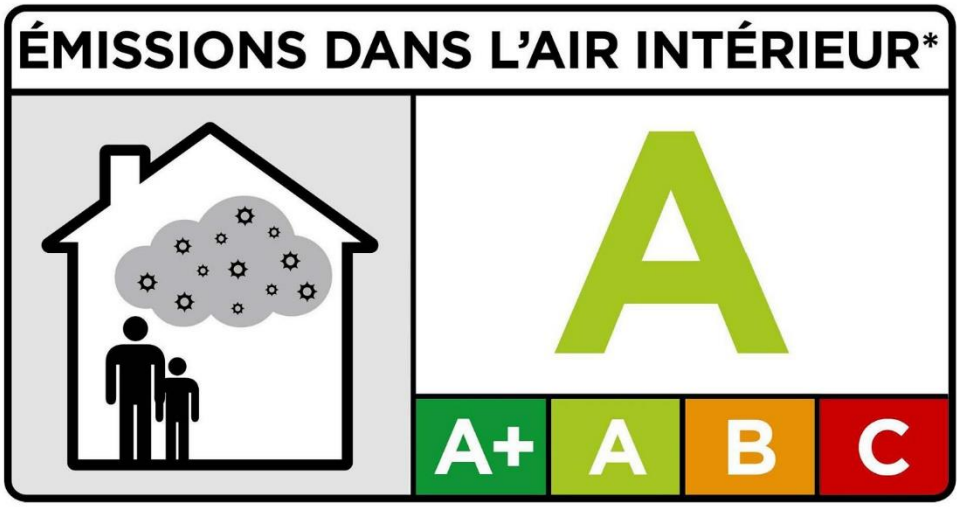


Figure 5 - Pictogramme à apposer sur les produits de construction et de décoration (121)

3.3.3.2. Surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public (ERP) sensible

Cette surveillance est devenue obligatoire depuis le 1er janvier 2018 suite à la loi Grenelle 2 dans les établissements recevant des enfants.

Sont concernés les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de 6 ans (crèches, haltes-garderies…), et les établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du premier et du second degrés (écoles maternelles et élémentaires depuis 2018, collèges et lycées depuis le 1er janvier 2020). Elle est prévue pour les établissements de santé à partir du 1er janvier 2023. (122)

Elle doit être réalisée tous les 7 ans en évaluant les moyens d'aération. La réalisation d'une campagne de mesure des polluants (formaldéhyde, benzène…) ou la mise en place d'un plan d'action de la qualité de l'air intérieur dans l'établissement doit permettre de respecter les obligations en termes d'expositions aux polluants volatils évalués. Ces valeurs doivent être inférieures au VGAI proposés par l'ANSES (123).

3.3.3.3. Réglementation Environnementale pour bâtiments neufs (RE2020)

En vigueur depuis juillet 2021, elle remplace la Réglementation Thermique 2012 (RT2012). Cette réglementation vise à renforcer les dispositions constructives relatives à la ventilation dans les logements neufs. Elle vise également à favoriser l'utilisation de bois, de matériaux biosourcés et innovants pour la construction de nouveaux bâtiments, et ce, afin de

réduire les émissions de CO_2 et les coûts énergétiques (124). Tout ceci peut potentiellement avoir un impact positif sur la pollution de l'air intérieur.

3.3.3.4. Réglementation spécifique à certaines substances

Au fur et à mesure de l'avancement des recherches, la réglementation européenne autour des substances suspectées comme ayant un risque sur la santé évolue. Plusieurs ont été interdites d'utilisation, d'autres peuvent toujours être utilisées mais à des concentrations réglementées : c'est le cas notamment de certains parabènes, retardateurs de flammes, pesticides…

L'interdiction de fumer en intérieur s'applique aux lieux publics, aux lieux de travail etc… et non aux logements en location par exemple (125).

Un entretien des chaudières individuelles est obligatoire afin d'éviter les intoxications au CO et réduire les consommations d'énergie. Il doit être effectué de façon annuelle (126).

PARTIE 2 : CONNAISSANCES, ATTITUDES ET PRATIQUES SUR LA POLLUTION INTERIEURE DES HABITATS

1. Objectifs

La pollution de l'air intérieur est un sujet peu connu de la population générale, bien que cette dernière soit présente dans tous les foyers. Nous avons donc souhaité savoir, à travers un questionnaire, si les principales sources de pollution intérieure étaient connues, et si des gestes de prévention étaient appliqués en conséquence.

2. Méthode

2.1. Questionnaire

Le guide de l'INPES sur la pollution de l'air intérieur a servi de support pour l'élaboration de notre questionnaire. Ce questionnaire était anonyme et était destiné à toutes personnes de plus de 18 ans. Il se composait d'une première partie permettant de recueillir quelques données démographiques sur le répondant, ainsi que des informations sur son habitat. La seconde partie avait pour objectif d'évaluer les connaissances générales du répondant sur le sujet de la pollution intérieure. La troisième partie était découpées en 4 sous-thèmes, chacun abordant une source de pollution intérieure, avec toujours une question connaissance et une ou plusieurs questions sur l'application des gestes de prévention. Le questionnaire a été imprimé en couleur sur feuille A4 au format paysage et en recto-verso (annexe 2).

Dix exemplaires ont été distribués à chacun de mes camarades de promotion de 6ème année de Pharmacie afin que ces derniers puissent le distribuer au sein de l'officine où ils effectuaient leur stage. Une version en ligne a été créée à l'aide de l'application Google Forms pour une diffusion du questionnaire sur les réseaux sociaux, en l'occurrence Facebook (Meta®).

2.2. Population étudiée

Toutes personnes de 18 ans et plus étaient concernées par le questionnaire.

Pour la diffusion du questionnaire papier, la distribution aux patients devait être réalisée par l'étudiant au comptoir de l'officine et au hasard, en essayant de rassembler tous types de profils (équité homme/femme, femmes enceintes, différents âges…).

Pour la diffusion du questionnaire en ligne, les profils touchés faisaient partis de mes contacts dans un premier temps, puis aux contacts de mes contacts. La participation au questionnaire était donc basée sur le volontariat.

2.3. Calendrier de l'étude

L'étude s'est déroulée de la façon suivante :

- Eté 2019 : élaboration du questionnaire papier

- Novembre 2019 : finalisation du questionnaire papier, élaboration du questionnaire en ligne, les deux ayant été testés par Sarah THEVENOT et Guillaume CAMBIEN

- Janvier 2020 : impression des questionnaires

- 10 février 2020 : diffusion du questionnaire en ligne et distribution des questionnaires papier

- 18 mai 2020 : date limite des réponses en ligne, retard pour la distribution des questionnaires papier avec la situation sanitaire Covid-19.

- Fin juin : récupération de tous les questionnaires papiers et clôture des réponses.

- Juillet et août 2020 : saisie informatique des résultats.

2.4. Analyse des données et tests statistiques

Toutes les données ont été retranscrites dans un tableur avec le logiciel Microsoft Excel®. L'analyse des données a aussi été réalisée avec ce même logiciel.

Les variables qualitatives sont présentées en effectif et pourcentage. Un test du Chi-2 a été utilisé pour comparer les variables qualitatives. Un seuil de signification de 0,05 a été choisi pour affirmer la présence d'une différence significative entre les variables.

3. Résultats

3.1. Taux de réponses

Nous avons distribué 110 questionnaires papier au total et avons obtenu 55 réponses, soit un taux de participation de 50% pour le questionnaire papier. La diffusion du questionnaire papier a été compliquée au comptoir en raison de la crise sanitaire, beaucoup de pharmacies ayant enlevé toutes sources de contamination sur les comptoirs. Nous avons donc accepté les

questionnaires complétés au-delà des 3 mois de diffusion prévue initialement (derniers retours des questionnaires le 30 juin 2020).

Avec le questionnaire en ligne, 63 réponses ont été transmises.

Au total, 118 questionnaires ont été analysés, questionnaires papier et en ligne confondus. La majorité des questionnaires a été correctement complétée, surtout les questionnaires en ligne pour lesquels certaines réponses étaient obligatoires pour avancer dans le questionnaire. En effet, quelques questions sont restées sans réponses pour les questionnaires papiers.

3.2. Les profils des répondants

Sexe :

Sur les 118 répondants, on retrouve 35 hommes (30%) et 83 femmes (70%) soit un sexe-ratio de 0,42. A noter qu'une seule femme enceinte a répondu au questionnaire.

Age :

La moitié des répondants avait entre 18 et 29 ans et un quart avait entre 45 et 64 ans. La répartition des classes d'âge est représentée au niveau de la figure 6.

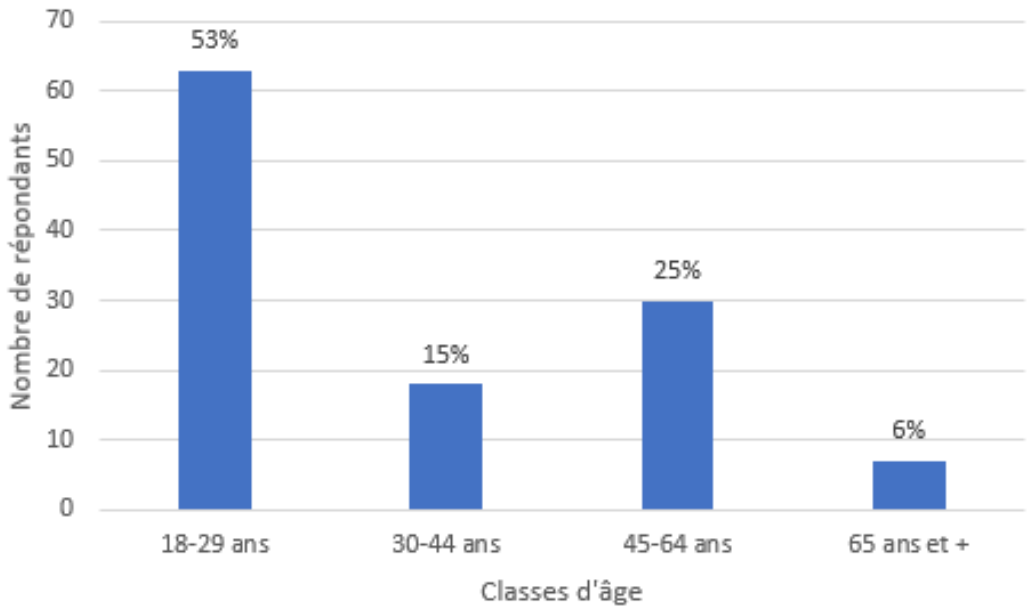


Figure 6 - Répartition des classes d'âge des répondants (n=118)

Nombre d’enfants :

Parmi les 118 répondants, 41 personnes (35%) ont déclaré avoir un ou plusieurs enfants. Le nombre d’enfants par personne est illustré au niveau de la figure 7.

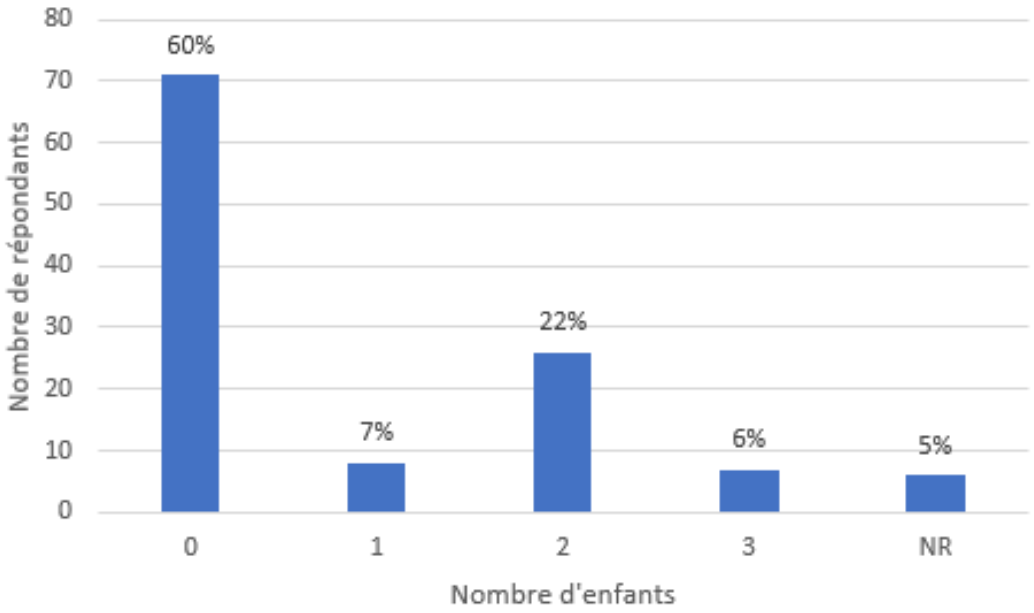


Figure 7 - Nombre d'enfant par répondant (n=118)

NR = Non Répondant

Age des enfants :

Sur les 41 personnes ayant des enfants, une majorité a déclaré avoir des enfants de plus de 11 ans. La répartition des classes d’âge des enfants est représentée au niveau de la figure 8.

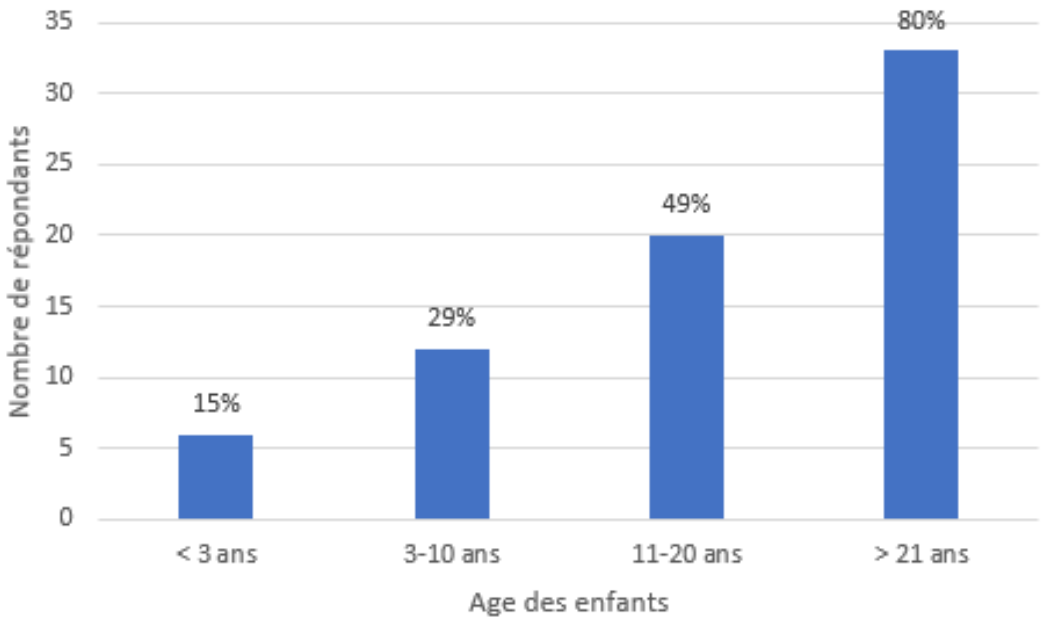


Figure 8 - Age des enfants des répondants ayant des enfants (n=41)

3.3. Le logement des répondants

Type de logement :

Sur les 118 répondants, 66 (56%) habitent en appartement et 52 (44%) dans une maison.

Localisation du logement :

Différentes localisations du logement avaient été proposées. Parmi les 118 répondants, 56 personnes (47%) habitaient en ville, 45 (38%) à la campagne et 17 (14%) en zone péri-urbaine.

Ancienneté du logement :

Sur 118 répondants, 77 (65%) habitaient dans un logement datant de plus de 10 ans et 41 (35%) dans un logement neuf ou récent datant de moins de 10 ans.

Travaux, rénovations ou achats de mobiliers récents dans le logement :

Les activités de bricolage, ou encore tout nouvel achat d'un mobilier peut être source de pollution. Sur les 118 répondants, 55 personnes (47%) ont effectué des travaux ou acheté un nouveau meuble récemment.

3.4. La pollution de l'air intérieur vue par les répondants

Sources de pollution :

Dans cette question, nous avons demandé aux répondants de citer une ou deux sources de pollution de l'air intérieur. Plusieurs sources de pollution ont donc été citées par la majorité des répondants. Cependant, 4 personnes n'ont rien répondu à cette question. Les réponses des 114 répondants ont été retranscrites et regroupées en plusieurs catégories.

Ces dernières sont classées par ordre décroissant de réponses. Le terme retranscrit sur le graphique et représentant l'ensemble des réponses d'une catégorie y est indiqué :

- « Produits ménagers », « produits d'entretien », « produits chimiques », « produits d'hygiène », « aérosol » … : 30 répondants (16%) → **Produits ménagers et chimiques (cf. figure 8)**
- « Peintures », « matériaux de construction », « amiante », « plomb », « mobiliers », « textiles », « vernis et colle des meubles », « travaux » … : 30 répondants (16%) → **Peinture et mobilier (cf. figure 8)**
- « Bougies parfumées », « encens », « parfum d'intérieur », « spray désodorisant » … : 24 répondants (13%) → **Parfums d'intérieur (cf. figure 8)**
- « Cuisine », « vapeur et odeur de cuisine », « gaz », « CO », « alimentation », « four », « appareils électroménagers » … : 23 répondants (12%) → **Cuisine (cf. figure 8)**
- « Mauvaise aération », « VMC défaillante ou en panne », « pollution extérieur » dont « CO2 » ou « gaz à effet de serre », « radon » … : 19 répondants (10%) → **Mauvaise aération, pollution extérieure (cf. figure 8)**
- « Tabac », « cigarettes » : 17 répondants (9%) → **Tabac (cf. figure 8)**
- « Chauffage », « radiateur », « chaudière », « fumée de poêle à bois ou cheminée » : 17 répondants (9%) → **Chauffage et combustion (cf. figure 8)**
- « Poussières » : 12 répondants (8%) → **Poussière (cf. figure 8)**
- « Humidité », « moisissures », « salle de bain » … : 9 répondants (5%) → **Humidité et moisissures (cf. figure 8)**
- « Animaux » : 2 répondants (1%) → **Animaux (cf. figure 8)**

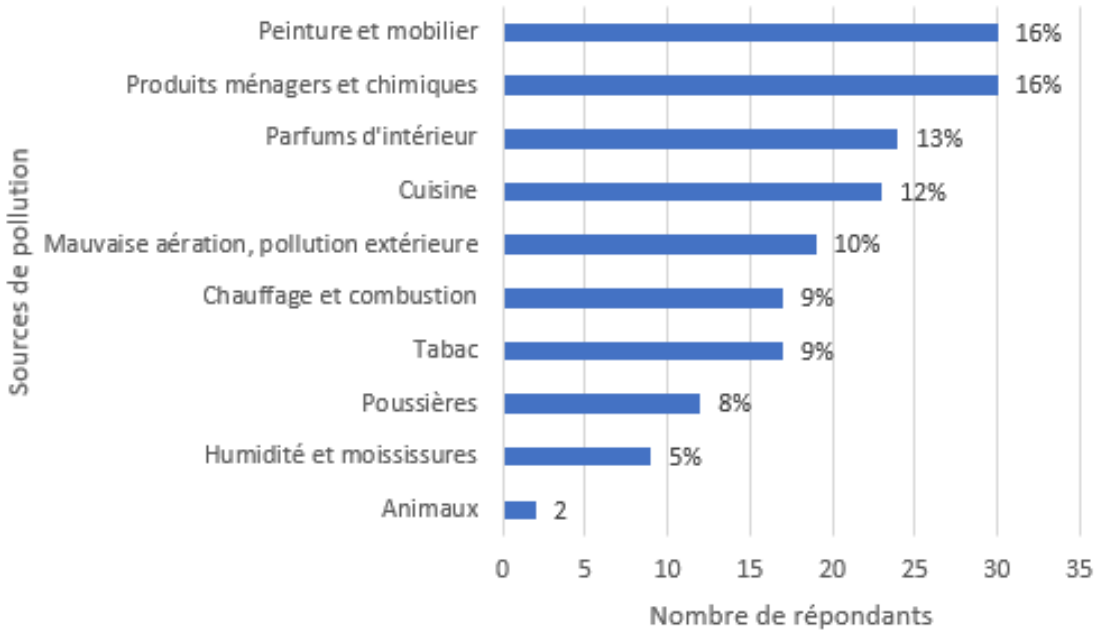


Figure 9 - Sources de pollution intérieure citées par les répondants (n=114)

<u>Importance de la pollution intérieure par rapport à la pollution extérieure</u> :

Nous avons ensuite demandé aux répondants d'apprécier cette pollution intérieure par rapport à celle de l'extérieure. Sur l'ensemble des répondants (n=118), une majorité a déclaré que la pollution de l'air intérieur est supérieure à celle de l'air extérieur. Il est intéressant de noter que 16 personnes n'ont pas su répondre à cette question (figure 10).

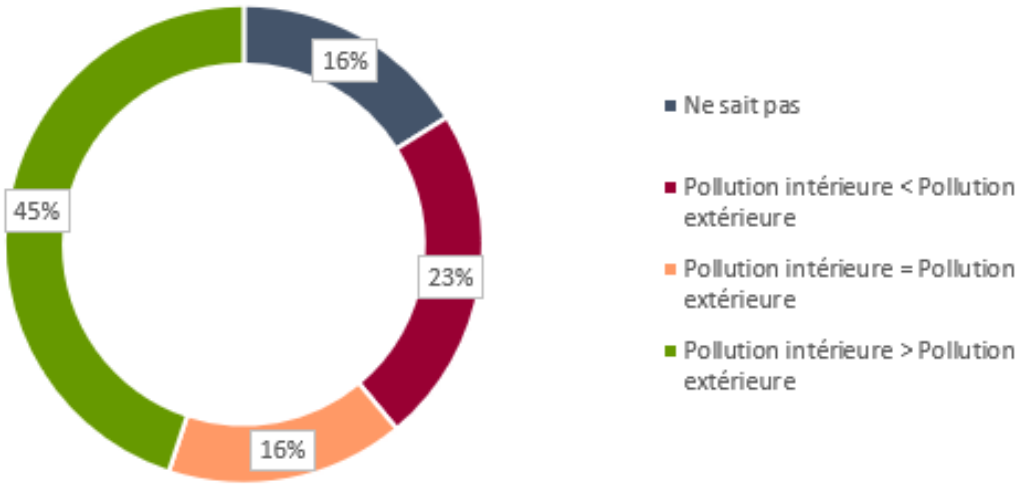


Figure 10 - Importance de la pollution intérieure par rapport à la pollution extérieure (n=118)

Aération du logement :

Le geste préventif de base étant celui de l'aération du logement, nous avons donc voulu savoir si la population connaissait le temps et le moment propice à ce geste. Sur les 117 répondants à cette question, 111 personnes (95%) savaient qu'il fallait aérer pendant au moins 10 min mais seulement la moitié (n=60 soit 51%) savait qu'il fallait le faire matin et soir.

Facteurs pouvant influencer les réponses des personnes interrogées sur la perception de la pollution de l'air intérieur *versus* extérieur et sur l'aération :

Nous avons réalisé des tests statistiques pour déterminer les facteurs impactant ou non la réponse des participants. Tout d'abord, les personnes interrogées ont acquis le fait que la pollution de l'air intérieur était inférieure à la pollution de l'air extérieur à proportion égale qu'ils soient des hommes ou des femmes (57,1% *versus* 49,8%, p-value = 0,083), qu'ils soient jeunes adultes ou plus de 45 ans (44,4% *versus* 45,9%, p-value = 0,879), qu'ils habitent en ville ou à la campagne (47,9% *versus* 40,0%, p-value = 0,400), qu'ils résident dans une habitation ancienne ou récente de moins de 10 ans (44,2% *versus* 46,3%, p-value = 0,820). En revanche, les personnes habitant en maison ont mieux acquis le fait que la pollution de l'air intérieur est supérieure à celle de l'air extérieur (72,9% *versus* 39,4%, p-value = 0,001) ainsi que les non-fumeurs *versus* les fumeurs (52,9% *versus* 33,3%, p-value = 0,036). Une tendance se dessine également concernant le fumeur qui fume à l'extérieur avec une perception plus élevée de la pollution de l'air intérieur que les fumeurs qui fument à l'intérieur de leur domicile (44,4% *versus* 19,0%, p-value = 0,064).

Concernant la nécessité d'aérer l'habitat matin et soir, cette pratique est plus acquise chez les personnes de 45 ans et plus *versus* les jeunes adultes (70,3% *versus* 43,2%, p-value = 0,006). L'ensemble des autres facteurs n'influe pas sur cette notion d'aération matin et soir. De plus aucun facteur n'influence la connaissance du temps d'aération nécessaire.

3.5. Connaissance des sources de pollution et de leur prévention

Dans cette deuxième partie du questionnaire, nous avons choisi d'aborder 4 grandes sources de pollution intérieure.

- Les composés volatils
- La fumée de tabac
- L'humidité

- Le monoxyde de carbone

Pour chaque source, une question connaissance et une ou plusieurs questions sur les pratiques permettant de réduire l'exposition ont été élaborées avec une réponse possible par oui ou non.

Les composés volatils :

Des composés volatils sont présents dans un grand nombre de produits et contribuent à polluer l'air de votre intérieur.

Ils sont notamment présents dans les produits ménagers, dans les produits de bricolage et les matériaux de construction, dans les bougies parfumées/encens ou encore dans les produits d'hygiène et les produits cosmétiques en spray, le saviez-vous ?

➔ Parmi tous les répondants (n=116), 101 personnes (87%) avaient connaissance de la présence de composés volatils dans de nombreux produits.

De manière générale, faites-vous attention à la composition et au type de produits (ménagers/cosmétiques/hygiène) que vous utilisez ?

➔ Sur l'ensemble des répondants (n=118), 72 d'entre eux (61%) ont déclaré faire attention à la composition de leurs produits.

Aérez-vous à chaque fois que vous faites du ménage ou du bricolage ?

➔ A cette question, 75 personnes sur les 117 répondants (64%) ont déclaré aérer après avoir fait du ménage ou du bricolage.

Utilisez-vous des parfums d'intérieur ou encens ?

➔ Les parfums d'intérieur ou encens étaient utilisés par 59 personnes (50%) soit la moitié des répondants (n=117).

La fumée de tabac :

La fumée de tabac constitue la première source de pollution intérieure : il est préférable de ne pas fumer à l'intérieur, même en ouvrant la fenêtre car les particules de tabac se fixent quand même dans votre intérieur, le saviez-vous ?

➔ Le fait de ne pas fumer en intérieur était connu par 102 personnes sur les 118 répondants (86%).

Si vous fumez, vous arrive-t-il de fumer à l'intérieur ? (Si vous ne fumez pas, passez à la question suivante).

➔ A cette question, seuls les fumeurs étaient concernés. Sur les 48 répondants fumeurs, 21 (44%) ont déclaré fumer à l'intérieur de leur logement.

L'humidité :

Certaines activités peuvent produire beaucoup d'humidité comme la cuisine, la douche/le bain… Ceci entraine l'apparition de moisissures qui sont des réservoirs d'allergènes et de substances toxiques, le saviez-vous ?

➔ Les risques liés à une trop forte humidité dans un logement sont connus par 104 personnes sur les 118 répondants (88%).

Aérez-vous pendant ou après chacune de ces activités ?

➔ Après avoir fait de la cuisine ou pris une douche/bain, 54 personnes sur les 117 répondants (46%) aèrent leur logement.

Le monoxyde de carbone :

Les appareils à combustion (poêles à bois, chaudières à gaz, chauffages d'appoint mobiles, groupes électrogènes…) mal entretenus ou mal utilisés peuvent provoquer la formation de monoxyde de carbone, qui est un gaz inodore et mortel, le saviez-vous ?

➔ Le risque de formation de monoxyde de carbone était connu par 104 personnes sur les 117 répondants (89%).

Si vous êtes concernés, faites-vous entretenir régulièrement vos appareils à combustion ?

➔ Sur 77 personnes concernées, 61 d'entre elles (79%) ont déclaré faire entretenir régulièrement leurs appareils à combustion.

Nettoyez-vous régulièrement vos systèmes de ventilation type VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) ?

➔ Parmi les 110 répondants à cette question, 49 personnes (45%) ont déclaré nettoyer régulièrement leurs systèmes de ventilation (45%).

3.6. Discussion sur le questionnaire

3.6.1. Le profil des répondants

Pour ce qui est du profil des répondants, un profil type ressort de cette étude. Ce sont en majorité des femmes ayant entre 18 et 29 ans et sans enfant qui ont répondu. Deux hypothèses à cela :

- Une population jeune ciblée par les réseaux sociaux
- Une population jeune et féminine plus sensibilisée aux problématiques environnementales et de santé

Une autre tranche d'âge ressort de l'étude : les 45-64 ans ce qui pourrait s'expliquer par le fait qu'ils représentent une plus grande proportion dans la population française selon l'INSEE (127). Cette classe est d'autant plus représentée dans les questionnaires papiers distribués à l'officine.

Une seule femme enceinte a participé à l'étude et moins de 10% des répondants avaient des enfants en bas âge (moins de 3 ans). Cela rend peu exploitable les résultats chez cette tranche de population pourtant très à risque.

Un quart des répondants avait tout de même des jeunes enfants (3-10 ans) et des adolescents (11-20 ans), tranches d'âge au cours de laquelle l'impact de cette pollution est également important.

3.6.2. Le logement des répondants

En ce qui concerne le logement des répondants, plusieurs paramètres ont été évalués pour différentes raisons :

- La <u>localisation du logement</u> nous semblait importante à connaitre car les niveaux de pollution et les types de polluants peuvent différer d'un endroit à un autre et notamment entre la campagne et la ville.
- L'<u>ancienneté du logement</u> est aussi un paramètre important car des installations vieillissantes ou construites aux moyens de l'époque peuvent être source de pollution différente. Les normes de construction pour les bâtiments neufs ont également évolué ces dernières années (norme Réglementation Environnement 2020…).
- Les <u>travaux ou les achats de mobiliers récents</u> sont intéressants à connaitre car source d'un pic de pollution potentiel dans l'habitat, qui peut être nuancé par le type de

matériau utilisé ou de mobilier acheté (choix du consommateur). Une définition temporelle du mot « récent » aurait cependant pu être ajoutée car cette notion peut être interprétée différemment. En effet, le répondant peut avoir coché oui alors que les travaux ont été réalisés il y a plusieurs années maintenant. La pollution y est alors beaucoup moins conséquente que si les travaux avaient été réalisés il y a une semaine.

Nous pouvons retenir de cette analyse qu'une plus grande proportion des répondants habite en appartement (56%) et en ville (48%) ce qui pourrait être mis en lien avec le jeune âge des répondants. Plus de la moitié habite dans un logement ancien, datant de plus de 10 ans (65%). Enfin, environ la moitié des répondants déclare avoir réalisé des travaux ou a acheté du nouveau mobilier récemment (47%).

3.6.3. La pollution de l'air intérieur vue par les répondants

A propos de la question ouverte sur les sources de pollution intérieure, il n'a pas toujours été facile de classer par catégorie les mots donnés par les répondants. L'analyse devra prendre en compte notre interprétation de leurs réponses.

Le tabac reste peu cité par rapport à d'autres sources alors qu'il constitue la première source de pollution de l'air intérieur. Ce résultat peut être influencé par le fait que tous les répondants ne soient pas fumeurs (seulement 40% l'étaient), cette source de pollution n'étant de base pas présente dans leurs logements. De plus, la cigarette électronique n'a pas été inclue dans la question comme source de pollution.

De même pour l'humidité et les moisissures qui restent peu citées alors qu'elles sont présentes de façon visible dans 10 à 20% des logements français (78).

Les produits ménagers et chimiques ainsi que les peintures, les matériaux de construction et le mobilier sont les plus cités. La composition des produits ménagers notamment est un sujet de plus en plus abordé dans les médias : une prise de conscience collective a eu lieu sur la présence de substances polluantes et dangereuses pour la santé (application mobile « UFC que choisir » par exemple pour l'analyse des compositions). De plus en plus de personnes fabriquent également leurs propres produits ménagers. Pour ce qui est des peintures, l'étiquetage indiquant le taux d'émission de COV permet aux consommateurs d'être alerté sur cette source d'émission.

Dans l'ensemble, la majorité des sources de pollution intérieure a été citée.

Lorsqu'on demande de comparer le niveau de pollution intérieure et extérieure, beaucoup de personnes pensent encore que la pollution extérieure est plus importante qu'à l'intérieur, surement en lien avec un sentiment de sécurité chez soi et un défaut de prise de conscience de cette pollution.

Le fait d'aérer son logement est un geste préventif de base pour la qualité de l'air intérieur : le temps minimum d'aération est connu d'une grande majorité des répondants à ce questionnaire mais le fait d'aérer matin et soir est connu uniquement par la moitié d'entre eux.

3.6.4. Connaissance des sources de pollution et de leur prévention

Toutes les sources de pollution n'ont pas été abordées dans le questionnaire. Seules ont été abordées celles qui sont les plus présentes dans les intérieurs et les mieux connues.

Pour ce qui est de la partie connaissance, 9 répondants sur 10 connaissaient la source de pollution citée. La majorité des répondants est bien consciente des sources de pollution dans leur habitat.

Pour ce qui est de l'application des gestes de prévention, on s'aperçoit que toutes les personnes connaissant la source de pollution n'appliquent pas les gestes de prévention en conséquence. Six répondants sur 10 déclarent être attentif à la composition des produits de consommation courante et déclarent aérer après chaque activité produisant des polluants, mais on remarque que 50% d'entre eux déclarent utiliser des parfums d'intérieur. Pour le tabac, c'est près de la moitié des fumeurs qui fument en intérieur malgré le fait d'en connaitre les effets néfastes. De manière générale, le risque d'une trop grande humidité est connu mais plus de la moitié des répondants déclarent ne pas aérer systématiquement après chaque activité produisant de l'humidité. Enfin, pour le monoxyde de carbone, près de 8 répondants sur 10 déclarent faire un entretien régulier de leur appareil à combustion mais moins de la moitié déclare nettoyer régulièrement leurs systèmes de ventilation. Cependant, on ne peut conclure d'emblée à un manque d'information sur les gestes de prévention ou sur les conséquences que cette pollution peut avoir sur la santé. On peut également se poser la question dans quel contexte ce geste de prévention n'a pas été réalisé (appartement sans balcon, mauvais temps…).

3.6.5. Forces et limites de notre étude

- <u>Les forces</u> : les études portant sur ce sujet restent encore peu nombreuses. Certes, les recherches scientifiques avancent mais les connaissances et les pratiques de la population générale sont rarement évaluées. La distribution du questionnaire permet d'apporter

inconsciemment de la connaissance sur le sujet, et de sensibiliser les personnes qui y répondent. Un autre point est à souligner : le taux de répondant ainsi que leur nombre sont relativement importants pour ce type d'étude, il est donc possible d'élaborer quelques statistiques. Notre étude permet de savoir si les connaissances sont acquises et si les gestes de prévention sont appliqués : nos résultats permettront aux campagnes de prévention de s'adapter aux besoins de la population. En effet, dans le cadre de notre étude, nous avons mis en évidence que les personnes habitant en appartement *versus* en maison ont moins de connaissances sur le fait que la pollution de l'air intérieur est supérieure à celle de l'air extérieur. De plus, les appartements étant généralement de surface inférieure à celle d'une maison, la pollution de l'air intérieur peut être supérieure à celle retrouvée au sein d'une maison. Ainsi, les personnes habitant en appartement peuvent être des populations cibles au sein des campagnes de prévention.

Nous avons également mis en évidence que le fumeur était moins sensibilisé à la problématique de l'air intérieur *versus* le non-fumeur et que ce résultat semble identique pour le fumeur qui fume à l'intérieur de son habitat *versus* à l'extérieur de son habitat. Ainsi, ces résultats soulignent l'importance de sensibiliser le fumeur à la pollution de l'air intérieur et en particulier celui qui fume à l'intérieur de son habitat. En effet, le fumeur et en particulier le fumeur qui fume à l'intérieur est une population cible car ses connaissances ne sont pas optimales et car ces personnes s'exposent et exposent leur entourage avec la fumée secondaire.

- <u>Les limites</u> : les résultats obtenus peuvent être exploités pour en tirer des statistiques et des conclusions mais sont difficilement extrapolables à la population générale au vu du nombre de répondants qui reste assez faible sur l'échelle de la population française et au vu du type de répondants également. En effet, deux voies de distribution ont été utilisées pour la diffusion du questionnaire : en papier et en ligne. Les populations ciblées ont donc été différentes.

Pour le questionnaire papier, la façon dont celui-ci a été distribué peut avoir eu une influence : questionnaires laissés sur le comptoir et remplis par des patients volontaires, ou patients choisis pour remplir le questionnaire, patients aidés pour la compréhension des questions…

Pour le questionnaire en ligne, le réseau de personne touché était déjà plus jeune et proche du mien, peut être sans problèmes de santé particuliers et déjà sensibilisé à ce sujet de la pollution de l'air intérieur.

Même si le questionnaire était anonyme, il est possible que certaines réponses aient été influencées par le contexte dans lequel se trouvait le répondant, notamment à l'officine (manque d'honnêteté par peur d'être jugé par les professionnels de santé).

L'interprétation des réponses a pu être différente d'une personne à une autre suivant le niveau d'éducation (niveau d'étude non demandé dans le questionnaire) ou suivant la formulation de nos questions.

Plusieurs incertitudes dans les questions posées restent à relever :

- Aérer « à chaque fois » peut avoir été interprétés comme « dans la majorité des cas »
- Entretenir « régulièrement » mais à quelle fréquence ?
- La cigarette électronique n'avait pas été précisé comme source de pollution et peut avoir été un biais dans la question sur le tabac.

Le contexte Covid-19 a renforcé pour certains ce sentiment de sécurité chez soi, et de risque de contamination par le milieu extérieur, ce qui a pu influencer les réponses. Et pourtant, une étude réalisée à Madrid pendant le confinement des habitants chez eux a relevé une augmentation significative des concentrations moyennes de PM 2,5, du CO2 et des COVT, et ce, malgré une baisse de la pollution extérieure pendant cette période (128). En cause, une modification des habitudes de vie des habitants avec une utilisation plus intensive de produits de nettoyage, de désinfectants ou de désodorisants, un manque de ventilation, une augmentation de l'utilisation d'appareils à combustion (chauffage, cuisine…) ou encore d'appareils électroniques (télétravail sur ordinateur, divertissement sur consoles de jeux…), un tabagisme à l'intérieur, un temps de présence et donc des activités réalisées à l'intérieur plus nombreuses en raison des confinements … L'exposition à ce cocktail de polluant était donc maximale étant donné que les habitants passaient une très grande partie de leur temps chez eux.

3.7. Améliorer la prévention à l'officine auprès des populations les plus à risques

En tant qu'acteur dans la prévention de la santé publique, les pharmaciens d'officine sont à même de délivrer des conseils de prévention en matière de pollution de l'air intérieur et notamment auprès de populations particulièrement sensibles : les femmes enceintes ou cherchant à le devenir, les parents d'enfants en bas âge…

Différents outils s'offrent à eux afin de permettre une meilleure transmission de l'information. Cela passe tout d'abord par une meilleure formation/sensibilisation des pharmaciens sur cette thématique avec par exemple la participation à des conférences en ligne. Lors de la vente d'un produit cosmétique par exemple, le pharmacien peut orienter la patiente vers un produit sans risques pour la santé de cette dernière et de celle de son bébé. Des ateliers éducatifs avec des intervenants spécialisés sur le sujet peuvent être mis en place afin d'informer les jeunes mamans (produits à utiliser pour aménager la chambre de bébé, pour faire le ménage, pour l'hygiène de bébé…). Des flyers d'informations peuvent également être déposés sur les comptoirs, comme par exemple celui que nous avons réalisé en annexe (annexe 4). Enfin, le sujet de la pollution de l'air intérieur peut être abordé lors de problèmes de fertilité par exemple…

CONCLUSION

La pollution de l'air intérieur impacte la santé de milliers de personnes chaque année en France. Si nous extrapolons les résultats de notre étude à la population générale, plusieurs points ont pu être mis en évidence.

Tout d'abord, nous pouvons remarquer que les principales sources de pollution de l'air intérieur commencent à être connues par une grande partie de la population. En effet, l'information est de plus en plus relayée dans les médias, des campagnes de prévention ont été réalisées par plusieurs instances gouvernementales, les ministères de l'Environnement et de la Santé ont mis en place des plans d'action sur la qualité de l'air intérieur (notamment dans le PNSE 4), les professionnels de santé commencent à être sensibilisés sur cette thématique... Le sujet de la pollution de l'air intérieur a également pris de l'ampleur avec la pandémie actuelle du SARS-CoV-2 : elle n'a fait que renforcer cette volonté d'avoir un air sain chez soi, même si les pratiques n'étaient pas toujours adaptées pour réduire la pollution intérieure.

Malgré une connaissance des sources de pollution chez soi, moins d'une personne sur deux est consciente de l'importance de cette pollution intérieure par rapport à celle de l'extérieur. Ce faux sentiment de sécurité chez soi est encore trop présent dans les mœurs.

Cela rejoint le dernier point relevé par notre étude : les gestes de prévention ne sont pas toujours connus ou appliqués faute d'avoir les bonnes informations (le niveau d'éducation et de culture impacte sur la capacité de discernement des informations fiables) ou même de disposer des moyens nécessaires pour améliorer son habitat (logement à isoler de l'humidité…).

Un travail d'information important auprès des professionnels de santé et de la petite enfance est encore nécessaire afin qu'ils puissent prévenir l'apparition de nombreuses pathologies évitables liées à la pollution de l'air intérieur. Le ciblage de certaines populations lors des campagnes de prévention sera nécessaire également afin de pallier le manque d'informations de ces populations. Une amélioration de la qualité de l'air intérieur passera obligatoirement par l'application de gestes simples mais également des changements d'habitudes de consommation et de construction des logements.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. PNSE 4 Synthèse [Internet]. [cité 12 nov 2020]. Disponible sur: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/PNSE4_SyntheseConsultation_26102020_BAT.pdf

2. Pollution de l'air à l'intérieur des habitations et la santé [Internet]. [cité 19 févr 2019]. Disponible sur: https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health

3. Communiqué de presse (Santé publique France) : Programme National de Biosurveillance Esteban, polluants du quotidien, 03.09.19.pdf.

4. Guide INPES : Pollution de l'air interieur.pdf.

5. Grimaldi F, Pareil D. Polluants de l'air intérieur. Rev Francoph Lab. 1 mars 2006;2006(380):29-33.

6. Kirchner S, Arenes J-F, Cochet C, Derbez M, Duboudin C, Elias P, et al. État de la qualité de l'air dans les logements français. Environ Risques Santé. 1 juill 2007;6(4):259-69.

7. La composition de la fumée du tabac.pdf [Internet]. [cité 10 nov 2020]. Disponible sur: https://www.chu-toulouse.fr/IMG/pdf/composition_fumee.pdf

8. Tabagisme et cancer [Internet]. Ligue contre le cancer. [cité 14 sept 2021]. Disponible sur: https://www.ligue-cancer.net/article/25940_tabac-et-cancer

9. Martins-Green M, Adhami N, Frankos M, Valdez M, Goodwin B, Lyubovitsky J, et al. Cigarette smoke toxins deposited on surfaces: implications for human health. PloS One. 2014;9(1):e86391.

10. Les dangers du tabagisme passif [Internet]. Tabacstop. 2012 [cité 10 nov 2020]. Disponible sur: https://www.tabacstop.be/pourquoi-arr-ter/les-dangers-du-tabagisme-passif

11. Matt GE, Quintana PJE, Hoh E, Zakarian JM, Dodder NG, Record RA, et al. Persistent tobacco smoke residue in multiunit housing: Legacy of permissive indoor smoking policies and challenges in the implementation of smoking bans. Prev Med Rep [Internet]. 2 avr 2020 [cité 21 avr 2021];18. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7186560/

12. Wang C, Collins DB, Hems RF, Borduas N, Antiñolo M, Abbatt JPD. Exploring Conditions for Ultrafine Particle Formation from Oxidation of Cigarette Smoke in Indoor Environments. Environ Sci Technol. 17 2018;52(8):4623-31.

13. DeCarlo PF, Avery AM, Waring MS. Thirdhand smoke uptake to aerosol particles in the indoor environment. Sci Adv. 2018;4(5):eaap8368.

14. Tabagisme, conséquences sur la santé - Santé publique France [Internet]. [cité 8 août 2021]. Disponible sur: https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/tabac/quelles-sont-les-consequences-du-tabagisme-sur-la-sante

15. Brook I. Effects of exposure to smoking on the microbial flora of children and their parents. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. mai 2010;74(5):447-50.

16. Ferrante G, Antona R, Malizia V, Montalbano L, Corsello G, La Grutta S. Smoke exposure as a risk factor for asthma in childhood: a review of current evidence. Allergy Asthma Proc. déc 2014;35(6):454-61.

17. Hang B, Mao J-H, Snijders AM. Genetic Susceptibility to Thirdhand-Smoke-Induced Lung Cancer Development. Nicotine Tob Res Off J Soc Res Nicotine Tob. 19 août 2019;21(9):1294-6.

18. Li L, Lin Y, Xia T, Zhu Y. Effects of Electronic Cigarettes on Indoor Air Quality and Health. Annu Rev Public Health. 2 avr 2020;41:363-80.

19. Volesky KD, Maki A, Scherf C, Watson L, Van Ryswyk K, Fraser B, et al. The influence of three e-cigarette models on indoor fine and ultrafine particulate matter concentrations under real-world conditions. Environ Pollut Barking Essex 1987. déc 2018;243(Pt B):882-9.

20. Monoxyde de carbone : définition – Santé publique France [Internet]. [cité 14 déc 2020]. Disponible sur: /determinants-de-sante/exposition-a-des-substances-chimiques/monoxyde-de-carbone/les-enjeux-de-sante/qu-est-ce-que-le-monoxyde-de-carbone-et-comment-se-forme-t-il

21. Les dangers du monoxyde de carbone [Internet]. Gouvernement.fr. [cité 10 déc 2020]. Disponible sur: https://www.gouvernement.fr/risques/les-dangers-du-monoxyde-de-carbone

22. Intoxications au monoxyde de carbone : impact sanitaire – Santé publique France [Internet]. [cité 14 déc 2020]. Disponible sur: /determinants-de-sante/exposition-a-des-substances-chimiques/monoxyde-de-carbone/les-enjeux-de-sante/h1-quel-est-l-impact-sanitaire-de-l-intoxication-au-monoxyde-de-carbone

23. Intoxications au monoxyde de carbone : exposition – Santé publique France [Internet]. [cité 14 déc 2020]. Disponible sur: /determinants-de-sante/exposition-a-des-substances-chimiques/monoxyde-de-carbone/les-enjeux-de-sante/comment-est-on-expose-au-monoxyde-de-carbone

24. Quinn AK, Ae-Ngibise KA, Jack DW, Boamah EA, Enuameh Y, Mujtaba MN, et al. Association of Carbon Monoxide exposure with blood pressure among pregnant women in rural Ghana: Evidence from GRAPHS. Int J Hyg Environ Health. mars 2016;219(2):176-83.

25. Levy RJ. Carbon monoxide pollution and neurodevelopment: A public health concern. Neurotoxicol Teratol. juin 2015;49:31-40.

26. Composés organiques volatils et risque de cancer | Cancer et environnement [Internet]. [cité 23 avr 2021]. Disponible sur: https://www.cancer-environnement.fr/343-Composes-Organiques-Volatils-COV-dans-lair.ce.aspx

27. Rapport de l'OQAI sur la Campagne Nationale Logements de 2006 : Etat de la qualité de l'air dans les logements français.pdf [Internet]. [cité 22 avr 2021]. Disponible sur: https://www.cancer-environnement.fr/Portals/0/Documents%20PDF/Rapport/OQAI/2006_campagne%20logements_oqai.PDF

28. Formaldéhyde et risque de cancer | Cancer et environnement [Internet]. [cité 3 août 2021]. Disponible sur: https://www.cancer-environnement.fr/302-Formaldehyde.ce.aspx

29. Evaluation des risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 3 août 2021]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/evaluation-des-risques-sanitaires-li%C3%A9s-%C3%A0-la-pr%C3%A9sence-de-formald%C3%A9hyde

30. Parthasarathy S, Maddalena RL, Russell ML, Apte MG. Effect of temperature and humidity on formaldehyde emissions in temporary housing units. J Air Waste Manag Assoc 1995. juin 2011;61(6):689-95.

31. Park JS, Ikeda K. Variations of formaldehyde and VOC levels during 3 years in new and older homes. Indoor Air. avr 2006;16(2):129-35.

32. Formaldéhyde. Dangers - Risques - INRS [Internet]. [cité 3 août 2021]. Disponible sur: https://www.inrs.fr/risques/formaldehyde/danger.html

33. Moullec MYL. Groupe de travail de la commission spécialisée Risques liés à l'environnement (CSRE). :41.

34. Rapport final projet ADOQ (avril 2013).pdf [Internet]. [cité 26 sept 2021]. Disponible sur: https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/chiappini-nicolas-adoq-rf-1446454521.pdf

35. Synthèse impact des produits d'entretien sur la qualité de l'air intérieur : projet PEPS (ADEME, avril 2019).pdf.

36. Sprays et diffuseurs à base d'huiles essentielles : l'Anses appelle à la vigilance | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 26 sept 2021]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/sprays-et-diffuseurs-%C3%A0-base-d%E2%80%99huiles-essentielles-l%E2%80%99anses-appelle-%C3%A0-la-vigilance

37. Exposition aux polluants émis par les bougies et les encens dans les environnements intérieurs : projet EBENE (ADEME, juillet 2017).pdf [Internet]. [cité 26 sept 2021]. Disponible sur: https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/exposition-pollluants-bougies-encens-environnements-interieurs_2017_synthese.pdf

38. Les Composés Organiques Semi Volatiles - COSV [Internet]. [cité 10 déc 2020]. Disponible sur: http://ires-lab.com/Compose-Organique-Semi-Volatile.htm

39. Lucattini L, Poma G, Covaci A, de Boer J, Lamoree MH, Leonards PEG. A review of semi-volatile organic compounds (SVOCs) in the indoor environment: occurrence in consumer products, indoor air and dust. Chemosphere. 1 juin 2018;201:466-82.

40. Exposition aux poussières sédimentées dans l'environnement intérieur (avis de l'Anses, décembre 2019).pdf.

41. Retardateurs de flamme et risque de cancer | Cancer et environnement [Internet]. [cité 15 avr 2021]. Disponible sur: https://www.cancer-environnement.fr/499-Retardateurs-de-flamme.ce.aspx

42. Qian Z, Xu Y, Zheng C, Zhang A, Sun J. Enhanced emissions of brominated flame retardants from indoor sources by direct contact with dust. Environ Monit Assess. 19 févr 2019;191(3):170.

43. Abbasi G, Saini A, Goosey E, Diamond ML. Product screening for sources of halogenated flame retardants in Canadian house and office dust. Sci Total Environ. 1 mars 2016;545-546:299-307.

44. Sugeng EJ, de Cock M, Leonards PEG, van de Bor M. Electronics, interior decoration and cleaning patterns affect flame retardant levels in the dust from Dutch residences. Sci Total Environ. 15 déc 2018;645:1144-52.

45. Chen Y, Cao Z, Covaci A, Li C, Cui X. Novel and legacy flame retardants in paired human fingernails and indoor dust samples. Environ Int. déc 2019;133(Pt B):105227.

46. Sugeng EJ, de Cock M, Leonards PEG, van de Bor M. Toddler behavior, the home environment, and flame retardant exposure. Chemosphere. 1 août 2020;252:126588.

47. 2.5 Utilisations PFAS - PFAS - Substances per- et polyfluoroalkyles [Internet]. [cité 27 avr 2021]. Disponible sur: https://pfas-1.itrcweb.org/2-5-pfas-uses/

48. Poothong S, Papadopoulou E, Padilla-Sánchez JA, Thomsen C, Haug LS. Multiple pathways of human exposure to poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs): From external exposure to human blood. Environ Int. 1 janv 2020;134:105244.

49. Polychlorobiphényles et risque de cancer | Cancer et environnement [Internet]. [cité 19 avr 2021]. Disponible sur: https://www.cancer-environnement.fr/90-Polychlorobiphenyles-PCB.ce.aspx

50. Egsmose EL, Bräuner EV, Frederiksen M, Mørck TA, Siersma VD, Hansen PW, et al. Associations between plasma concentrations of PCB 28 and possible indoor exposure sources in Danish school children and mothers. Environ Int. 1 févr 2016;87:13-9.

51. Hydrocarbures aromatiques polycycliques et risque de cancer | Cancer et environnement [Internet]. [cité 21 avr 2021]. Disponible sur: https://www.cancer-environnement.fr/235-Hydrocarbures-aromatiques-polycycliques-HAP.ce.aspx#

52. Pesticides et risque de cancer | Cancer et environnement [Internet]. [cité 23 avr 2021]. Disponible sur: https://www.cancer-environnement.fr/326-Pesticides.ce.aspx

53. L'Anses publie les résultats de l'étude Pesti'home sur les usages des pesticides à domicile | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 23 avr 2021]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/l%E2%80%99anses-publie-les-r%C3%A9sultats-de-l%E2%80%99%C3%A9tude-pesti%E2%80%99home-sur-les-usages-des-pesticides-%C3%A0-domicile

54. Béranger R, Billoir E, Nuckols JR, Blain J, Millet M, Bayle M-L, et al. Agricultural and domestic pesticides in house dust from different agricultural areas in France. Environ Sci Pollut Res Int. juill 2019;26(19):19632-45.

55. Butte W, Heinzow B. Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination. Rev Environ Contam Toxicol. 2002;175:1-46.

56. Glorennec P, Serrano T, Fravallo M, Warembourg C, Monfort C, Cordier S, et al. Determinants of children's exposure to pyrethroid insecticides in western France. Environ Int. 1 juill 2017;104:76-82.

57. MUSC : Définition de MUSC [Internet]. [cité 23 avr 2021]. Disponible sur: https://www.cnrtl.fr/definition/musc

58. Nakata H, Hinosaka M, Yanagimoto H. Macrocyclic-, polycyclic-, and nitro musks in cosmetics, household commodities and indoor dusts collected from Japan: Implications for their human exposure. Ecotoxicol Environ Saf. 1 janv 2015;111:248-55.

59. Lu Y, Yuan T, Yun SH, Wang W, Kannan K. Occurrence of Synthetic Musks in Indoor Dust from China and Implications for Human Exposure. Arch Environ Contam Toxicol. 1 janv 2011;60(1):182-9.

60. Parabènes et risque de cancer | Cancer et environnement [Internet]. [cité 27 avr 2021]. Disponible sur: https://www.cancer-environnement.fr/420-Parabenes.ce.aspx#

61. Tran TM, Tran-Lam T-T, Mai HHT, Bach LHT, Nguyen HMN, Trinh HT, et al. Parabens in personal care products and indoor dust from Hanoi, Vietnam: Temporal trends, emission sources, and non-dietary exposure through dust ingestion. Sci Total Environ. 20 mars 2021;761:143274.

62. Saillenfait A-M, Laudet-Hesbert A. Phtalates. EMC - Toxicol-Pathol. 1 févr 2005;2(1):1-13.

63. Chlorure de vinyle et risque de cancer | Cancer et environnement [Internet]. [cité 27 avr 2021]. Disponible sur: https://www.cancer-environnement.fr/218-Chlorure-de-vinyle.ce.aspx

64. Bi C, Wang X, Li H, Li X, Xu Y. Direct Transfer of Phthalate and Alternative Plasticizers from Indoor Source Products to Dust: Laboratory Measurements and Predictive Modeling. Environ Sci Technol. 5 janv 2021;55(1):341-51.

65. Huang L, Qiao Y, Deng S, Zhou M, Zhao W, Yue Y. Airborne phthalates in indoor environment: Partition state and influential built environmental conditions. Chemosphere. 1 sept 2020;254:126782.

66. Perturbateurs endocriniens · Inserm, La science pour la santé [Internet]. Inserm. [cité 31 août 2021]. Disponible sur: https://www.inserm.fr/dossier/perturbateurs-endocriniens/

67. Travaux et implication de l'Anses sur les perturbateurs endocriniens | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 31 août 2021]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/travaux-et-implication-de-lanses-sur-les-perturbateurs-endocriniens

68. Pathologies suspectes des perturbateurs endocriniens [Internet]. Les perturbateurs endocriniens - Parlons en. [cité 14 sept 2021]. Disponible sur: https://www.perturbateurendocrinien.fr/pour-aller-plus-loin/pathologies-provoquees-perturbateurs-endocriniens/

69. Perturbateurs endocriniens. Effets suspectés sur la santé - Risques - INRS [Internet]. [cité 2 sept 2021]. Disponible sur: https://www.inrs.fr/risques/perturbateurs-endocriniens/effets-sur-la-sante.html

70. Berger KP, Kogut KR, Bradman A, She J, Gavin Q, Zahedi R, et al. Personal care product use as a predictor of urinary concentrations of certain phthalates, parabens, and phenols in the HERMOSA study. J Expo Sci Environ Epidemiol. janv 2019;29(1):21-32.

71. Harley KG, Berger KP, Kogut K, Parra K, Lustig RH, Greenspan LC, et al. Association of phthalates, parabens and phenols found in personal care products with pubertal timing in girls and boys. Hum Reprod Oxf Engl. 1 janv 2019;34(1):109-17.

72. Coperchini F, Awwad O, Rotondi M, Santini F, Imbriani M, Chiovato L. Thyroid disruption by perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA). J Endocrinol Invest. févr 2017;40(2):105-21.

73. Ejaredar M, Nyanza EC, Ten Eycke K, Dewey D. Phthalate exposure and childrens neurodevelopment: A systematic review. Environ Res. oct 2015;142:51-60.

74. Darbre PD. Endocrine Disruptors and Obesity. Curr Obes Rep. 2017;6(1):18-27.

75. Allergie moisissures, acariens ou plantes d'intérieur, Aldes vous aide à détecter les allergènes [Internet]. [cité 10 nov 2020]. Disponible sur: https://www.aldes.fr/contenu/nos-conseils/qualite-d-air-et-sante/les-allergies-dans-l-air-interieur-de-la-maison

76. Un air sain chez soi (ADEME_septembre 2019). :13.

77. Dalibert E, Dusséaux M, Bex V, Mathieu C, Barral S, Dubrou S. [Domestic exposure to moulds and mite allergens in Parisian patients]. Rev Mal Respir. nov 2018;35(9):907-18.

78. Avis et Rapport de l'ANSES relatif aux moisissures dans le bâti (19.10.2016) [Internet]. [cité 9 nov 2021]. Disponible sur: https://www.anses.fr/en/system/files/AIR2014SA0016Ra.pdf

79. Piecková E, Wilkins K. Airway toxicity of house dust and its fungal composition. Ann Agric Environ Med AAEM. 2004;11(1):67-73.

80. Sharpe RA, Bearman N, Thornton CR, Husk K, Osborne NJ. Indoor fungal diversity and asthma: a meta-analysis and systematic review of risk factors. J Allergy Clin Immunol. janv 2015;135(1):110-22.

81. Bennett JW, Inamdar AA. Are Some Fungal Volatile Organic Compounds (VOCs) Mycotoxins? Toxins. 22 sept 2015;7(9):3785-804.

82. Seo S-C, Reponen T, Levin L, Borchelt T, Grinshpun SA. Aerosolization of particulate (1-->3)-beta-D-glucan from moldy materials. Appl Environ Microbiol. févr 2008;74(3):585-93.

83. Polizzi V, Delmulle B, Adams A, Moretti A, Susca A, Picco AM, et al. JEM Spotlight: Fungi, mycotoxins and microbial volatile organic compounds in mouldy interiors from water-damaged buildings. J Environ Monit JEM. oct 2009;11(10):1849-58.

84. Schulz T, Senkpiel K, Ohgke H. Comparison of the toxicity of reference mycotoxins and spore extracts of common indoor moulds. Int J Hyg Environ Health. juill 2004;207(3):267-77.

85. Dallongeville A, Le Cann P, Zmirou-Navier D, Chevrier C, Costet N, Annesi-Maesano I, et al. Concentration and determinants of molds and allergens in indoor air and house dust of French dwellings. Sci Total Environ. 1 déc 2015;536:964-72.

86. Valeurs guides de qualité d'air intérieur_Particules_Afsset_2010 [Internet]. [cité 21 avr 2021]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2004etVG007Ra.pdf

87. Particules et risque de cancer | Cancer et environnement [Internet]. [cité 22 avr 2021]. Disponible sur: https://www.cancer-environnement.fr/356-Particules-dans-lair.ce.aspx

88. Pollution de l'air ambiant : nouvelles estimations de son impact sur la santé des Français [Internet]. [cité 22 avr 2021]. Disponible sur: /presse/2021/pollution-de-l-air-ambiant-nouvelles-estimations-de-son-impact-sur-la-sante-des-francais

89. Tian F, Qi J, Wang L, Yin P, Qian ZM, Ruan Z, et al. Differentiating the effects of ambient fine and coarse particles on mortality from cardiopulmonary diseases: A nationwide multicity study. Environ Int. déc 2020;145:106096.

90. Rosenquist NA, Metcalf WJ, Ryu SY, Rutledge A, Coppes MJ, Grzymski JJ, et al. Acute associations between PM2.5 and ozone concentrations and asthma exacerbations among patients with and without allergic comorbidities. J Expo Sci Environ Epidemiol. sept 2020;30(5):795-804.

91. Xu D, Chen Y, Wu L, He S, Xu P, Zhang Y, et al. Acute effects of ambient PM2.5 on lung function among schoolchildren. Sci Rep. 4 mars 2020;10(1):4061.

92. Li J, Lu X, Liu F, Liang F, Huang K, Yang X, et al. Chronic Effects of High Fine Particulate Matter Exposure on Lung Cancer in China. Am J Respir Crit Care Med. 1 déc 2020;202(11):1551-9.

93. Madureira J, Slezakova K, Costa C, Pereira MC, Teixeira JP. Assessment of indoor air exposure among newborns and their mothers: Levels and sources of PM10, PM2.5 and ultrafine particles at 65 home environments. Environ Pollut. 1 sept 2020;264:114746.

94. Le bois énergie et la qualité de l'air [Internet]. ADEME. [cité 22 avr 2021]. Disponible sur: https://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-laction/produire-chaleur/dossier/bois-biomasse/bois-energie-qualite-lair

95. Sarigiannis DA, Karakitsios SP, Kermenidou M, Nikolaki S, Zikopoulos D, Semelidis S, et al. Total exposure to airborne particulate matter in cities: The effect of biomass combustion. Sci Total Environ. 15 sept 2014;493:795-805.

96. Fleisch AF, Rokoff LB, Garshick E, Grady ST, Chipman JW, Baker ER, et al. Residential Wood Stove Use and Indoor Exposure to PM2.5 and its Components in Northern New England. J Expo Sci Environ Epidemiol. mars 2020;30(2):350-61.

97. Poêles à bois nord-américains : pourquoi la certification EPA? [Internet]. Solution ERA. 2019 [cité 23 avr 2021]. Disponible sur: http://solutionera.com/habitation-ecologique/maison-bioclimatique-chauffage/poeles-bois-certification-epa/

98. Amiante. Qu'est-ce que l'amiante ? - Risques - INRS [Internet]. [cité 2 août 2021]. Disponible sur: https://www.inrs.fr/risques/amiante/presentation-amiante.html

99. L'amiante | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 2 août 2021]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/l%E2%80%99amiante

100. Plaquette bricolage et amiante (décembre 2018).pdf [Internet]. [cité 2 août 2021]. Disponible sur: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/dgaln_plaquette_bricolage_amiante_decembre_2018.pdf

101. Amiante. Effets sur la santé - Risques - INRS [Internet]. [cité 2 août 2021]. Disponible sur: https://www.inrs.fr/risques/amiante/effets-sante.html

102. Le risque radon dans les habitations en 10 questions [Internet]. [cité 19 sept 2021]. Disponible sur: https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon/Pages/1-Le-risque-radon-dans-les-habitations-en-10-questions.aspx#.YUd0jLgzbIU

103. Qualité de l'air intérieur | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 13 avr 2021]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/qualit%C3%A9-de-l%E2%80%99air-int%C3%A9rieur

104. Boulanger G, Bayeux T, Mandin C, Kirchner S, Vergriette B, Pernelet-Joly V, et al. Socio-economic costs of indoor air pollution: A tentative estimation for some pollutants of health interest in France. Environ Int. 1 juill 2017;104:14-24.

105. Weschler CJ, Nazaroff WW. Dermal uptake of organic vapors commonly found in indoor air. Environ Sci Technol. 21 janv 2014;48(2):1230-7.

106. DICOM_Anne.G, DICOM_Jocelyne.M, DICOM_Anne.G, DICOM_Jocelyne.M. Poussières [Internet]. Ministère du Travail, de l'Emploi et de l'Insertion. 2020 [cité 6 déc 2020]. Disponible sur: https://travail-emploi.gouv.fr/sante-au-travail/prevention-des-risques-pour-la-sante-au-travail/autres-dangers-et-risques/article/poussieres

107. Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAI) | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 12 nov 2020]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai

108. Etude des représentations sociales de la qualité de l'air intérieur et évolution des comportements (rapport ADEME_mai 2018). :62.

109. CSTB. Laboratoires ARIA, dédiés à la qualité sanitaire des environnements intérieurs [Internet]. CSTB. [cité 23 avr 2021]. Disponible sur: http://www.cstb.fr/fr/plateformes-essais/qualite-sanitaire-des-environnements-interieurs/

110. Utilisation de produits ménagers et qualité de l'air intérieur : enjeux sanitaires liés à une séance de ménage, substances d'intérêts et bonnes pratiques (rapport INERIS du 15.04.2019) [Internet]. [cité 20 sept 2021]. Disponible sur: https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Rapport-DRC-19-179887-00900A_MAJ%20ERS%20ADOQ_complet.pdf

111. Cummings BE, Waring MS. Potted plants do not improve indoor air quality: a review and analysis of reported VOC removal efficiencies. J Expo Sci Environ Epidemiol. mars 2020;30(2):253-61.

112. Teiri H, Pourzamani H, Hajizadeh Y. Phytoremediation of VOCs from indoor air by ornamental potted plants: A pilot study using a palm species under the controlled environment. Chemosphere. 1 avr 2018;197:375-81.

113. Teiri H, Pourzamzni H, Hajizadeh Y. Phytoremediation of Formaldehyde from Indoor Environment by Ornamental Plants: An Approach to Promote Occupants Health. Int J Prev Med. 14 août 2018;9:70.

114. Yoda Y, Tamura K, Adachi S, Otani N, Nakayama SF, Shima M. Effects of the Use of Air Purifier on Indoor Environment and Respiratory System among Healthy Adults. Int J Environ Res Public Health. 23 mai 2020;17(10):E3687.

115. Lee GH, Kim JH, Kim S, Lee S, Lim DH. Effects of Indoor Air Purifiers on Children with Asthma. Yonsei Med J. avr 2020;61(4):310-6.

116. Fermo P, Artíñano B, De Gennaro G, Pantaleo AM, Parente A, Battaglia F, et al. Improving indoor air quality through an air purifier able to reduce aerosol particulate matter (PM) and volatile organic compounds (VOCs): Experimental results. Environ Res. 1 juin 2021;197:111131.

117. Épurateurs d'air intérieur : une efficacité encore à démontrer | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 16 sept 2021]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/%C3%A9purateurs-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-une-efficacit%C3%A9-encore-%C3%A0-d%C3%A9montrer

118. Huang K-C, Tsay Y-S, Lin F-M, Lee C-C, Chang J-W. Efficiency and performance tests of the sorptive building materials that reduce indoor formaldehyde concentrations. PLoS ONE. 24 janv 2019;14(1):e0210416.

119. PNSE 4 Intégral [Internet]. [cité 12 nov 2020]. Disponible sur: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20048_PNSE4_BAT.pdf

120. Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

121. Normandie D. Étiquetage des émissions en polluants volatils [Internet]. 2017 [cité 26 sept 2021]. Disponible sur: http://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/etiquetage-des-emissions-en-polluants-volatils-a1020.html

122. Qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public : Comment agir ? [Internet]. Cerema. [cité 30 juill 2021]. Disponible sur: http://www.cerema.fr/fr/actualites/qualite-air-interieur-etablissements-recevant-du-public

123. Qualité de l'air intérieur, établissement de valeurs réglementaires et surveillance | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 30 juill 2021]. Disponible sur:

https://www.anses.fr/fr/content/qualit%C3%A9-de-l%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-%C3%A9tablissement-de-valeurs-r%C3%A9glementaires-et-surveillance

124. Dossier de presse sur la RE2020 : EcoConstruire pour le confort de tous (18.02.2021).pdf.

125. DGS_Anne.M, DGS_Anne.M. L'interdiction de fumer dans les lieux publics [Internet]. Ministère des Solidarités et de la Santé. 2021 [cité 2 sept 2021]. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/prevention-en-sante/addictions/article/l-interdiction-de-fumer-dans-les-lieux-publics

126. Entretien des chaudières : réglementation [Internet]. Ministère de la Transition écologique. [cité 2 sept 2021]. Disponible sur: https://www.ecologie.gouv.fr/entretien-des-chaudieres-reglementation

127. Population par âge − Tableaux de l'économie française | Insee [Internet]. [cité 2 mars 2021]. Disponible sur: https://www.insee.fr/fr/statistiques/3676587?sommaire=3696937#graphique-figure1

128. Domínguez-Amarillo S, Fernández-Agüera J, Cesteros-García S, González-Lezcano RA. Bad Air Can Also Kill: Residential Indoor Air Quality and Pollutant Exposure Risk during the COVID-19 Crisis. Int J Environ Res Public Health. 30 sept 2020;17(19).

ANNEXES

1- Tableau des VGAI proposées par l'ANSES (mises à jour en juillet 2020) :

Liste des Valeurs guides de qualité d'air intérieur de l'Anses

L'Agence mène une mission pérenne d'expertise relative à l'élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI) menée depuis 2004.

Voir notre article sur les valeurs guides de qualité d'air intérieur

Substances	Année de parution	Type de valeurs	VGAI	Méthodes de mesure recommandées
Acétaldéhyde	2014	VGAI court terme : pour une exposition de 1 heure	3 000 µg.m^{-3}	Prélèvement par pompage sur un support imprégné, une désorption solvant et une analyse par chromatographie liquide avec détecteur UV/visible
		VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	160 µg.m^{-3}	Aucune méthode de mesure recommandée car nécessité de développement et de validation
Acide cyanhydrique (HCN)	2011	pas de VGAI court terme proposée	/	/
Acroléine	2013	VGAI court terme : pour une exposition de 1 heure	6,9 µg.m^{-3}	Prélèvement par canister avec une préconcentration et une analyse par chromatographie en phase gazeuse et détection par spectrométrie de masse
		VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	0,8 µg.m^{-3}	Aucune méthode de mesure recommandée car nécessité de développement et de validation
Benzène	2008	VGAI court terme : pour une exposition de 1 à 14 jours	30 µg.m^{-3}	/
		VGAI intermédiaire : pour une exposition de 14 jours à 1 an	20 µg.m^{-3}	
		VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	10 µg.m^{-3}	
		VGAI long terme : pour une exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de 10^{-6}	0,2 µg.m^{-3}	
		VGAI long terme : pour une exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de 10^{-5}	2 µg.m^{-3}	
Dioxyde d'azote (NO_2)	2013	VGAI court terme : pour une exposition de 1 heure	200 µg.m^{-3}	Méthode de mesure directe par chimiluminescence Prélèvement par pompage sur support imprégné et analyse par spectrophotométrie ou chromatographie ionique
		VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	20 µg.m^{-3}	Prélèvement par diffusion passive et analyse par spectrophotométrie ou chromatographie ionique
Ethylbenzène	2016	VGAI court terme : pour une exposition de 24 heures	22 000 µg.m^{-3}	Prélèvement actif sur tube adsorbant, désorption solvant et analyse par chromatographie gazeuse et détection à ionisation de flamme
		VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	1 500 µg.m^{-3}	
Formaldéhyde	*Mise à jour en 2018*	VGAI court terme **A respecter de manière répétée et continue pour toute la journée**	100 µg.m^{-3}	Prélèvement actif sur tube de gel de silice imprégné de DNPH – Dosage par chromatographie en phase liquide détecteur UV/visible ou Prélèvement passif sur badge imprégné de DNPH/H3PO4 (cartouche DSD-DNPH) – dosage par chromatographie en phase liquide avec détecteur UV/visible
Monoxyde de carbone (CO)	2007	VGAI court terme - Pour une exposition de 8 heures - Pour une exposition de 1 heure - Pour une exposition de 30 minutes Pour une exposition de 15 minutes	10 mg.m^{-3} 30 mg.m^{-3} 60 mg.m^{-3} 100 mg.m^{-3}	/

Substances	Année de parution	Type de valeurs	VGAI	Méthodes de mesure recommandées
Naphtalène	2009	VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	10 µg.m^{-3}	/
Particules* ($PM_{2.5}$ et PM_{10})	2010	pas de VGAI proposées	/	/
Trichloroéthylène	*Mise à jour en 2019*	VGAI intermédiaire : pour une exposition de 14 jours à 1 an	3200 µg.m^{-3}	**
		VGAI long terme : pour une exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de 10^{-6}	1 µg.m^{-3}	Prélèvement actif ou par diffusion passive sur tube avec une désorption thermique suivie d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse et détection par à ionisation de flamme ou spectrométrie de masse Prélèvement par canister avec une préconcentration et une analyse par chromatographie en phase gazeuse et détection par spectrométrie de masse
		VGAI long terme : pour une exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de 10^{-5}	10 µg.m^{-3}	
Tétrachloroéthylène	2010	VGAI court terme : pour une exposition de 1 à 14 jours	1380 µg.m^{-3}	Prélèvement actif par pompage sur tube de charbon actif avec une désorption au disulfure de carbone et une analyse CPG/DIF ou CPG/SM
		VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	250 µg.m^{-3}	Prélèvement par diffusion passive sur tube contenant du charbon actif avec une désorption au disulfure de carbone suivie d'une analyse par CPG/DIF ou CPG/SM
Toluène	2018	VGAI **A respecter pour une mesure sur le court terme ou le long terme**	20 000 µg.m^{-3}	Prélèvement actif sur tube adsorbant, désorption solvant et analyse, en chromatographie en phase gazeuse couplée soit à un détecteur à ionisation de flamme, soit à un spectromètre de masse avec ou sans mode d'injection par Head space

* Pour les particules présentes dans l'air intérieur, l'Anses ne propose pas de VGAI pour des expositions aiguës et chroniques mais elle recommande la mise en œuvre, par les politiques publiques, des valeurs guides de l'OMS pour l'amélioration de la qualité de l'air intérieur :

- Sur 24 heures : 25 µg.m-3 pour les PM2.5 et 50 µg.m-3 pour les PM10
- Sur le long terme : 10 µg.m-3 pour les PM2.5 et 20 µg.m-3 pour les PM10

*** Méthodes mieux adaptées : prélèvement actif ou par diffusion passive sur tube avec une désorption solvant suivie d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse et détection par à ionisation de flamme*

2- Questionnaire papier :

(RECTO)

Questionnaire sur la pollution de l'air intérieur de l'habitat

Dans le cadre de ma thèse d'exercice en pharmacie, je vous remets ce court questionnaire qui me permettra d'évaluer vos connaissances sur la pollution de l'air intérieur de l'habitat. Ce questionnaire est anonyme et est destiné à toute personne de 18 ans et plus. Je vous remercie par avance de votre participation, les réponses étant récoltées à des fins statistiques dans le cadre de ma thèse.

Pauline Rabillé, étudiante en 6ème année de pharmacie à Poitiers

I. Vous concernant vous :

1. Vous êtes …
☐ Un homme
☐ Une femme

2. Si vous êtes une femme, êtes-vous enceinte actuellement ?
☐ Oui
☐ Non

3. Tranche d'âge :
☐ Entre 18 et 29 ans
☐ Entre 30 et 44 ans
☐ Entre 45 et 64 ans
☐ 65 ans et plus

4. Nombre d'enfants : ……..
Age de l'enfant 1 : …….
Age de l'enfant 2 : …….
Age de l'enfant 3 : …….
Age de l'enfant 4 : …….
Age de l'enfant 5 : …….
Age de l'enfant 6 : …….

II. Concernant votre lieu de vie :

5. Type de logement :
☐ Maison
☐ Appartement
☐ Autre : ……

6. Localisation du logement :
☐ Campagne
☐ Ville
☐ Zone péri-urbaine

7. Ancienneté du logement :
☐ Logement neuf ou récent datant de moins de 10 ans
☐ Logement plus ancien

8. Avez-vous fait des travaux, des rénovations ou des achats de mobiliers récents dans votre logement ?
☐ Oui
☐ Non

La suite de ce questionnaire est destinée à évaluer vos connaissances sur les risques liés à la pollution de l'air intérieur ainsi que vos pratiques.

III. Concernant la pollution de l'air intérieur :

9. Pouvez-vous citer une ou deux source(s) de pollution possible(s) dans votre air intérieur ?

……

……..

10. Selon vous, quelle est l'importance de cette pollution par rapport à celle de l'extérieur ?
☐ Elle est minime en comparaison à l'extérieur.
☐ On retrouve les mêmes polluants qu'à l'extérieur, cela doit se valoir.
☐ Elle peut, dans certains cas, être plus importante qu'à l'extérieur.
☐ Je ne sais pas.

11. Lorsque vous aérez votre intérieur, savez-vous qu'il faut le faire ?
- Le matin et le soir OUI ☐ NON ☐
- Pendant au moins 10 minutes OUI ☐ NON ☐

Source : Guide INPES Pollution de l'air intérieure sur http://inpes.santepubliquefrance.fr

(VERSO)

Notre intérieur n'est pas dénué de pollution. Outre la pollution venant de l'extérieur, on retrouve de nombreuses sources de pollution dans notre habitat. Pour chaque question, veuillez renseigner la réponse vous concernant.

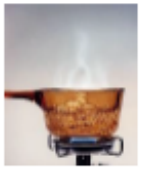
1

	OUI	NON
Des composés volatils sont présents dans un grand nombre de produits et contribuent à polluer l'air de votre intérieur. Ils sont notamment présents dans les produits ménagers, dans les produits de bricolage et les matériaux de construction, dans les bougies parfumées/encens ou encore dans les produits d'hygiène et les produits cosmétiques en spray, le saviez-vous ?	☐	☐
De manière générale, faites-vous attention à la composition et au type de produits (ménagers/cosmétiques/hygiène) que vous utilisez ?	☐	☐
Aérez-vous à chaque fois que vous faites du ménage ou du bricolage ?	☐	☐
Utilisez-vous des parfums d'intérieur ou encens ?	☐	☐

2

	OUI	NON
La fumée de tabac constitue la première source de pollution intérieure : il est préférable de ne pas fumer à l'intérieur, même en ouvrant la fenêtre car les particules de tabac se fixent quand même dans votre intérieur, le saviez-vous ?	☐	☐
Si vous fumez, vous arrive-t-il de fumer à l'intérieur ? (Si vous ne fumez pas, passez à la question suivante).	☐	☐

3



	OUI	NON
Certaines activités peuvent produire beaucoup d'humidité comme la cuisine, la douche/le bain… Ceci entraine l'apparition de moisissures qui sont des réservoirs d'allergènes et de substances toxiques, le saviez-vous ?	☐	☐
Aérez-vous pendant ou après chacune de ces activités ?	☐	☐

4

	OUI	NON
Les appareils à combustion (poêles à bois, chaudières à gaz, chauffages d'appoint mobiles, groupes électrogènes…) mal entretenus ou mal utilisés peuvent provoquer la formation de monoxyde de carbone, qui est un gaz inodore et mortel, le saviez-vous ?	☐	☐
Si vous êtes concernés, faites-vous entretenir régulièrement vos appareils à combustion ?	☐	☐
Nettoyez-vous régulièrement vos systèmes de ventilation type VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) ?	☐	☐

Source : Guide INPES Pollution de l'air intérieure sur http://inpes.santepubliquefrance.fr

3- <u>Flyer concernant la prévention de l'exposition aux polluants intérieurs et destiné aux femmes enceintes</u>

RESUME

Contexte : La pollution de l'air intérieur reste un sujet encore peu abordé. Pourtant, elle est bien présente dans tous les habitats et impacte chaque année la santé de milliers de Français. Cette pollution est parfois bien plus importante qu'à l'extérieur. La problématique liée à cette pollution est devenue d'autant plus importante depuis l'actuelle crise sanitaire de la Covid-19 qui a sensiblement augmenté le temps passé chez soi.

Objectifs : Nous avons souhaité évaluer les connaissances, les attitudes et les pratiques d'un échantillon de la population française sur la thématique de la pollution de l'air intérieur, en se focalisant sur 4 principales sources de pollution (composés volatils, fumée de tabac, humidité, monoxyde de carbone) et les gestes de prévention à y associer.

Matériels et méthodes : Nous avons diffusé un questionnaire en papier et en ligne. La version papier a été distribuée en pharmacie d'officine. Ce questionnaire était destiné à toute personne de 18 ans et plus.

Résultats : Plusieurs éléments sont ressortis de notre étude. En effet, de manière générale, si les sources de pollution sont connues par la grande majorité des répondants, l''importance de la pollution de l'air intérieur est cependant sous-estimée par encore un grand nombre de participants à l'étude. Malgré le fait que les sources de pollution soient connues, les gestes de prévention à y associer ne sont pas systématiquement appliqués. On remarque également que certaines populations sont plus ou moins sensibilisées au sujet. C'est le cas des personnes de 45 ans et plus par exemple qui aèrent plus souvent le matin et le soir par rapport à une population plus jeune. On s'aperçoit aussi que les répondants fumeurs et les répondants vivant en appartement sont moins bien informés que le reste de la population.

Conclusion : La prise de conscience de cette pollution et la volonté d'un air sain chez soi sont de plus en plus présentes face au contexte environnemental et sanitaire actuel. L'information de la population et la formation des professionnels de santé tels que les pharmaciens d'officine sont essentiels pour prévenir les impacts sur la santé. Notre étude suggère que les campagnes de prévention devraient cibler certaines populations moins bien informées et sensibilisées à cette thématique de la pollution de l'air intérieur.

Mots clés : Pollution de l'air intérieur ; connaissances ; gestes de prévention

SERMENT DE GALIEN

En présence des Maitres de la Faculté, je fais le serment :

D'honorer ceux qui m'ont instruit(e) dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle aux principes qui m'ont été enseignés et d'actualiser mes connaissances,

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de Déontologie, de l'honneur, de la probité et du désintéressement,

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers la personne humaine et sa dignité,

De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession,

De faire preuve de loyauté et de solidarité envers mes collègues pharmaciens,

De coopérer avec les autres professionnels de santé.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les Hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e) de mes confrères si j'y manque.

RESUME

Contexte : La pollution de l'air intérieur reste un sujet encore peu abordé. Pourtant, elle est bien présente dans tous les habitats et impacte chaque année la santé de milliers de Français. Cette pollution est parfois bien plus importante qu'à l'extérieur. La problématique liée à cette pollution est devenue d'autant plus importante depuis l'actuelle crise sanitaire de la Covid-19 qui a sensiblement augmenté le temps passé chez soi.

Objectifs : Nous avons souhaité évaluer les connaissances, les attitudes et les pratiques d'un échantillon de la population française sur la thématique de la pollution de l'air intérieur, en se focalisant sur 4 principales sources de pollution (composés volatils, fumée de tabac, humidité, monoxyde de carbone) et les gestes de prévention à y associer.

Matériels et méthodes : Nous avons diffusé un questionnaire en papier et en ligne. La version papier a été distribuée en pharmacie d'officine. Ce questionnaire était destiné à toute personne de 18 ans et plus.

Résultats : Plusieurs éléments sont ressortis de notre étude. En effet, de manière générale, si les sources de pollution sont connues par la grande majorité des répondants, l''importance de la pollution de l'air intérieur est cependant sous-estimée par encore un grand nombre de participants à l'étude. Malgré le fait que les sources de pollution soient connues, les gestes de prévention à y associer ne sont pas systématiquement appliqués. On remarque également que certaines populations sont plus ou moins sensibilisées au sujet. C'est le cas des personnes de 45 ans et plus par exemple qui aèrent plus souvent le matin et le soir par rapport à une population plus jeune. On s'aperçoit aussi que les répondants fumeurs et les répondants vivant en appartement sont moins bien informés que le reste de la population.

Conclusion : La prise de conscience de cette pollution et la volonté d'un air sain chez soi sont de plus en plus présentes face au contexte environnemental et sanitaire actuel. L'information de la population et la formation des professionnels de santé tels que les pharmaciens d'officine sont essentiels pour prévenir les impacts sur la santé. Notre étude suggère que les campagnes de prévention devraient cibler certaines populations moins bien informées et sensibilisées à cette thématique de la pollution de l'air intérieur.

Mots clés : Pollution de l'air intérieur ; connaissances ; gestes de prévention