



UCLouvain

**Pollution atmosphérique et maladies neurodégénératives :
quel type de formation serait nécessaire pour les médecins
généralistes afin d'améliorer la prévention en santé
environnementale ?**

Étude qualitative par entretiens semi-dirigés auprès des médecins
généralistes francophones belges.

Travail de Fin d'Étude du master complémentaire en médecine générale.

Lefever Judith

2022-2023

Promotrice : Dr **De Munck Sarah**

Remerciements :

Je remercie avant tout ma promotrice, le docteur De Munck Sarah pour son aide à la réalisation de ce travail de fin d'année, ainsi que pour son implication en médecine environnementale. Son travail au quotidien afin d'améliorer la prévention en médecine environnementale a été une source inspirante et m'a motivée afin de donner la meilleure part de moi dans ce travail.

Je remercie mon compagnon, Rémi Mariani, qui m'a aidé au quotidien et a su me motiver dans l'élaboration de ce TFE.

Je remercie le docteur De Longueville Xavier, et l'équipe soignante de l'hôpital de jour psychiatrique, ils m'ont permis d'avoir un environnement de travail agréable, ce qui a favorisé la bonne réalisation de ce travail de fin d'année.

Je remercie également tous les participants de ce TFE sans qui rien n'aurait été possible.

Je souhaite terminer en remerciant ma famille et mon entourage qui m'ont soutenu tout au long de l'élaboration de ce travail.

Abréviations :

GLEM: Groupe Local d'évaluation Médicale

SSMG: Société Scientifiques de Médecine Générale

CRIPi: Cellule Régionale d'intervention en Polluant Intérieur

TFE: Travail de Fin d'Étude

SAMI: Service d'Analyse du Milieu Intérieur

NEHAP: National Environment and Action Plan

HAP: Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

PM: Particulate Matter

DOHaD: Developmental Origins of Health and Disease

COV: Composés Organiques Volatils

SOX: Oxydes de soufre

NOX: Oxydes d'azote

CO: Monoxyde de Carbone

BC: Black Carbone

O₃: Ozone

MCI: Mild Cognitive Impairment

LCR: Liquide Céphalo-Rachidien

DMI : Dossier Médical Informatisé

ROS: Reactive Oxygen Species

NLRP3: NLR family pyrin domain containing 3

NFKPB: Nuclear-Kappa B

OR: Odds Ratio

RR: Risque Relatif

IC: Intervalle de Confiance

CIRC: Centre International de Recherche sur le Cancer

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

AwAc : Agence Wallonne de l'Air et du Climat

BELAQI : Belgian Airquality Index

CRC : Centre Régional de Crise

CELINE : Cellule inter-régionale de l'Environnement

AASQA : Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air

IssEp : Institut scientifique Wallon de surveillance de sûreté et de recherche et développement

Table des matières

Abréviations :	2
1) Introduction :	5
2) Naissance de l'Intérêt pour ce Travail de Fin d'Étude :	6
3) Méthode :	7
a) <i>Type d'étude et déroulement des entretiens et guide d'entretien :</i>	7
b) <i>Critères pour la participation à l'étude :</i>	8
c) <i>Méthode d'analyse pour l'étude qualitative :</i>	8
d) <i>Question de recherche Méthode :</i>	8
e) <i>Recherche bibliographique :</i>	9
f) Diagramme de flux :	10
4) Théorie : résultats de la revue de la littérature :	11
a) <i>Définition de la pollution de l'air :</i>	11
b) <i>Composants des polluants atmosphériques :</i>	11
c) <i>Pollution atmosphérique et maladie d'Alzheimer :</i>	11
d) <i>Pollution atmosphérique et maladie de Parkinson :</i>	16
5) Résultats :	18
a) <i>Description des participants :</i>	18
b) <i>Nécessité d'une formation ?</i>	19
<i>État des connaissances actuelles des médecins généralistes sur le terrain :</i>	19
<i>Rôle du médecin généraliste :</i>	20
c) <i>Prévention en médecine générale :</i>	22
<i>État actuelle de la prévention :</i>	22
<i>Freins à l'application d'une prévention en santé envi en médecine générale :</i>	26
<i>Solutions et outils pour la mise en place d'une pratique préventive :</i>	29
d) <i>Type de formation à établir pour les médecins généralistes :</i>	32
6) Discussion et pistes de réflexion :	34
a) <i>Limites et forces de l'étude :</i>	34
b) <i>Législation et rôle du médecin :</i>	35
d) <i>Formations disponibles :</i>	38
e) <i>Outils disponibles :</i>	39
f) <i>Pistes pour l'avenir :</i>	40
7) Conclusion :	40
8) Bibliographie :	41

Résumé :

Introduction : La pollution atmosphérique provoquerait une majoration du stress oxydatif et une activation de la microglie responsable d'une neuroinflammation et d'une neurotoxicité à l'origine de maladies neurodégénératives. On retrouve des études montrant un lien de cause à effet entre les maladies neurodégénératives et la pollution atmosphérique mais très peu parlent de la façon de mettre en avant une pratique préventive en santé environnementale au sein du cabinet de médecine générale et de comment informer les patients. Le but du travail de fin d'année est donc de s'appuyer sur ces zones d'ombres pour faire émerger l'importance d'une pratique préventive en santé environnementale et de savoir quel type de formation serait la plus adaptée pour les médecins généralistes.

Méthode : J'ai effectué une revue de la littérature, puis une étude qualitative par entretiens semi-dirigés auprès de médecins généralistes ou assistants ayant eu une formation en santé environnementale, de médecins généralistes étant sensibilisés au sujet et de médecins généralistes sans formation ni connaissances dans ce domaine.

Résultats et Conclusion : Les médecins généralistes interrogés pensent à l'unanimité qu'ils ne se sentent pas assez formés sur le lien entre les maladies neurodégénératives et la pollution atmosphérique. Les médecins formés en santé environnementale disent connaître des bases théoriques en santé environnementale et en parlent lors de leurs consultations de façon plus systématique par rapport aux médecins sans formation et non sensibilisés, qui eux se sentent totalement perdus. La majorité des médecins pensent qu'il s'agit d'un domaine encore nouveau en médecine et qu'il n'y a pas encore de protocoles bien établis. Ils soulignent le fait que la prévention n'est pas rémunérée et qu'ils manquent de temps pour en parler lors des consultations. Ils souhaitent, pour la majorité, plus de formation en santé environnementale. Ils se rendent compte qu'il est utile d'intégrer ces connaissances pour évoluer vers une médecine plus intégrative des problèmes de santé de demain et d'aujourd'hui. Ils pensent que la formation devrait être établie au sein de la formation de base en médecine mais également lors de formations continues durant des GLEM ou de modules accrédités.

Mots clés : « *environmental pollutants, neurodegenerative diseases, parkinson disease, alzheimer disease, air pollution.* »

1) Introduction :

On recense près de dix millions de nouveaux cas de démence par an dans le monde. En Europe, on estime que d'ici 2060 le nombre de personnes atteintes de démences devrait doubler. En 2019, on pouvait compter près de 50 millions de personnes qui souffraient de maladie d'Alzheimer dans le monde. D'ici 2050, ce nombre devrait s'élever à 135 millions avec un coût total annuel de 1,89 38 000 milliards de dollars. Ces chiffres montrent que cette maladie peut être considérée comme un problème socio-économique et de santé majeur dans le monde aujourd'hui. La pollution de l'air a causé 5 millions de mort en 2017 et diminue l'espérance de vie de 2 ans¹. L'OMS estime que 4,2 millions de morts prématurés dans le monde est causé par cette pollution de l'air extérieur. Nous sommes tous exposés à la pollution environnementale, d'ailleurs l'OMS a répertorié qu'en 2016, 91 % de la population mondiale vivait dans des lieux où les normes de qualité de l'air n'étaient pas en accord avec les normes recommandées par l'OMS. De nombreuses études épidémiologiques ont démontré le lien entre l'émergence de maladie neurodégénératives et l'exposition à la pollution atmosphérique¹. Même si certains gènes pertinents ont été identifiés, l'étiologie de ces maladies neurodégénératives reste encore inconnue. On pense désormais que des facteurs environnementaux et une interaction gène-environnement pourraient jouer un rôle prédominant dans le développement de la plupart de ces maladies².

De nombreuses catastrophes environnementales nous ont fait prendre conscience de l'impact de la pollution environnementale sur la santé humaine. Je pense à la catastrophe de la baie de Minamata, illustrant le risque de l'exposition orale, où entre 1932 et 1966 une usine de pétrochimie de la compagnie de Shin Nippon Chisso a rejeté des métaux lourds notamment du mercure, dans la baie de Minamata, située au Japon. Lorsque les habitants ont ingéré les poissons provenant de cette baie, ils ont développé des symptômes neurologiques, sensoriels et moteurs dont le lien de cause à effet avec ces déversements pétrochimiques a été établi. Nous nous sommes également rendu compte que la qualité de l'air avait un impact important et pouvait compromettre la santé humaine. Un événement historique illustrant le risque d'exposition à la suite d'inhalations, est le brouillard de dioxyde de soufre et de particules de fumée provenant de la combustion industrielle qui s'est abattu sur Londres en 1952. Les conséquences ont été désastreuses avec une majoration de la morbidité et de la mortalité de la population².

Ces inquiétudes d'un lien de cause à effet entre la pollution environnementale et l'impact nocif sur la santé humaine, notamment l'impact neurotoxique de ces polluants, ne va

faire que se confirmer par des études scientifiques. En effet, des études ont démontré que l'exposition à la pollution de l'air est associée à une expression majorée des certains marqueurs biologiques présent dans des pathologies neurodégénératives, tel que par exemple l'alpha-synucléine et la bêta-amyloïde retrouvés dans la genèse de la maladie d'Alzheimer et de Parkinson².

On pense que la pollution atmosphérique provoque une neuroinflammation, une majoration du stress oxydatif et une activation de la microglie responsable de cette neurotoxicité à l'origine de maladies neurodégénératives².

Des lois et des organismes ont été mis en place pour traiter de la problématique de la pollution environnementale. En 1971, a été mis en place le ministère de l'environnement en France et en 1989 a été créé l'institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement. En 1996 est créé la loi LAURE en France qui donne le droit de respirer un air qui ne nuise pas à la santé, impliquant la mise en place d'une surveillance de la qualité de l'air et de la mise en place d'objectifs de qualité et d'informations au public. En 2008 a été mis en place la Directive 2008/50/CE sur la qualité de l'air ambiant et pur pour l'Europe (directive CAFEclean Air for Europe). En 2012, le CIRC et l'OMS classent les gaz d'échappement des moteurs diesel comme cancérigènes. En 2013, la pollution de l'air extérieur est classée cancérigène pour l'homme par l'OMS.

De nombreux articles de la littérature parlent du lien établi entre les maladies neurodégénératives et l'exposition à la pollution environnementale mais très peu parlent de la façon de mettre en avant une pratique préventive en santé environnementale au sein du cabinet de médecine générale et de comment informer les patients sur ce sujet. On ne connaît pas le niveau de connaissance des médecins généralistes sur ce sujet, et peu de formations existent dans ce domaine en ce moment. Le but du TFE est donc de s'appuyer sur ces zones d'ombres pour faire émerger l'importance d'une pratique préventive en santé environnementale et de savoir quel type de formation serait appropriée pour les médecins généralistes.

2) Naissance de l'Intérêt pour ce Travail de Fin d'Étude :

Tout a commencé par le questionnement d'une famille de patients. Ils m'ont demandé : « Mais au final, pourquoi ma maman a la maladie d'Alzheimer ? ». Je suis un peu restée sans voix, et je leur ai répondu que c'était sans doute plurifactoriel. Je me suis ensuite penchée sur ce sujet, et mon attrait personnel pour la santé environnementale, m'a amené à

rechercher des articles montrant le lien entre pollution environnementale et maladies neurodégénératives. J'ai été stupéfaite des chiffres et je me suis demandée si on en parlait en médecine générale. Je me suis interrogée s'il était possible de mieux prévenir ces maladies neurodégénératives en donnant des conseils appropriés en santé environnementale au sein du cabinet de médecine générale et si des formations en santé environnementale existaient pour les médecins. Il s'agit donc d'un sujet d'actualité, indispensable pour appréhender la médecine de demain et même d'aujourd'hui au sein du cabinet de médecine générale.

Comme je l'ai cité plus haut, j'ai un attrait personnel pour la médecine environnementale. J'ai commencé la médecine par la médecine du travail. Même si aujourd'hui j'ai décidé de me réorienter en médecine générale car l'approche clinique me manquait, j'ai tout de même gardé en moi cet attrait pour l'exposition environnementale. J'ai effectué un certificat de santé environnementale et approche écosystémique à l'université de Liège en 2019-2020, et effectué les formations de Soignant relais organisés par la *SSMG* et *Docteur Coquelicot* l'année passée. J'ai également obtenu un diplôme universitaire en toxicologie médicale à l'université Bichat, Paris VII cette année. Afin de réaliser ce travail de fin d'étude, j'ai également suivi deux MOOCs (« Air Pollution : causes and Impacts » de l'Université de Mines Paris Tech sur la plateforme EDX et « santé environnementale » avec l'Université de Bordeaux sur la plateforme Fun MOOC).

3) Méthode :

a) *Type d'étude, objectifs et déroulement des entretiens et guide d'entretien :*

J'ai dans un premier temps effectué **une revue de la littérature**, puis dans un deuxième temps une **étude qualitative**. Je cherche à savoir l'état de connaissance des médecins sur ce domaine, savoir ce qu'ils font en pratique en terme de prévention en santé environnementale, connaître les freins et les solutions pour l'intégration d'une prévention en santé environnementale au sein du cabinet de médecine générale puis j'aimerais savoir quel type de formation serait la plus adapté.

Échantillonnage et nombre de participants : j'ai interviewé **9 médecins généralistes**, 3 ayant eu une formation en santé environnementale, 2 étant sensibilisés au sujet et 4 sans formation préalable et non sensibilisés afin d'avoir une hétérogénéité et un panel de réponse complet.

Récolte des données : J'ai recruté les participants par email, notamment par le biais de la coordinatrice de la formation soignant relais de la SSMG, qui a bien voulu partager ma demande aux candidats médecins de cette formation et d'autre part par le biais des réseaux sociaux. Les entretiens individuels ont été enregistrés intégralement et retranscrits mot à mot sur un fichier Word. Ils ont duré entre 25 minutes et 35 minutes. Vous retrouverez le guide d'entretien en annexe. La saturation des données a été atteinte lors du dernier entretien.

Comité d'éthique : Ce TFE ne demandait pas d'analyse approfondie du comité d'éthique.

Charte de confidentialité : Une charte de confidentialité a été énoncée oralement avant chaque interview appuyant le fait que les données récoltées lors des interviews sont confidentielles et anonymes, chaque personne interviewée a donc donné préalablement son accord oralement.

b) Critères pour la participation à l'étude :

<u>Critère d'inclusion :</u>	Parler le Français, être titulaire d'un diplôme de médecine générale en Belgique, ou être assistant en médecine générale en Belgique, avoir plus de 18 ans.
<u>Critère d'exclusion :</u>	Ne pas parler et maîtriser la langue française, travailler dans une commune majoritairement néerlandophone, ne pas être titulaire d'un diplôme de médecine générale ou assistant en médecine générale.

c) Méthode d'analyse pour l'étude qualitative :

Pour réaliser l'analyse de mon TFE, j'ai choisi la **méthode inductive par codage thématique axial avec un codage ciblé**. J'ai donc trouvé les codes adéquats, puis je les ai classés par thème et ensuite j'ai cherché les congruences ainsi que les différences entre les phrases clés citées par les personnes interviewées en faisant une lecture verticale et horizontale.

d) Question de recherche Méthode :

Pour établir ma **question de recherche**, j'ai utilisé la **méthode PICO** (Patient, Intervention, Comparaison, Outcome) tout en répondant aux **critères SMART** vous retrouverez les détails ci-dessous.

P	Médecins généralistes de Belgique, en Wallonie.
I	Facteurs qui influencent la mise en place d'une pratique préventive en pollution environnementale pour prévenir l'émergence des maladies.
C	Pratique arbitraire, pratique standard actuelle du médecin généraliste questionné.
O	Identification des freins et des solutions dans la mise en place d'une pratique préventive.

SMART : Spécifique ? En médecine générale et en Belgique. Mesurable ? Expérience des médecins généralistes. Acceptable ? Partage d'expérience. Réaliste ? Entretien. Temps ? Nombre d'entretien.

J'ai ensuite effectué un état de **l'art de la littérature** afin d'établir une base théorique à ce TFE. Vous trouverez ci-dessous les critères d'inclusion et d'exclusion et l'équation de recherche. J'ai principalement effectué mes recherches sur Pub Med et Embase.

e) Recherche bibliographique :

Critères d'inclusion :	Définition d'un polluant atmosphérique : particule dans l'air inhalée : particules fines, ozone (O3), oxydes de soufre (SO2), oxydes d'azote (NO2), monoxyde d'azote (Co), composés organiques volatils (COV), avoir la maladie d' Alzheimer et/ou la maladie de Parkinson, Population adulte, Full texte, en Anglais, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review, in the last 10 years, Humans.
Critères d'exclusion :	Métaux lourds, pesticides, particules ingérées ou exposition transcutanée, exposition professionnelle, autres maladies neurodégénératives que maladie de Parkinson ou Alzheimer.

Recherche sur Pub Med :

- **Mesh utilisé :** *environmental pollutants (D004785), neurodegenerative diseases (D019636), parkinson disease (D010300), alzheimer disease (D000544), air pollution (D000397).*
- **Equation de recherche:** 2/01/21: *(environmental pollutants [MeSH Terms]) OR (air pollution [MeSH Terms])) AND ((neurodegenerative diseases [MeSH Terms]) OR (parkinson disease [MeSH Terms]) OR (alzheimer disease [MeSH Terms])).*

J'ai obtenu 398 resultats, après application des filtres: *"Full text, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review, in the last 10 years, Humans,*

English”, j’ai obtenu 74 résultats, et après lecture des abstracts, j’ai retenu 24 articles.

Après une lecture des articles en entier, **20 articles** ont été conservés.

Recherche sur Embase :

- **Termes utilisés :** 2/01/21 : "environmental pollutants ", "neurodegenerative diseases " "parkinson disease ", "alzheimer disease", "air pollution ".
- **Equation de recherche:** 2/01/21: environmental AND pollutants AND ('air'/exp OR air) AND ('pollution'/exp OR pollution) AND neurodegenerative AND ('diseases'/exp OR diseases) AND parkinson AND alzheimer AND ('disease'/exp OR disease)".

J’ai obtenu 16 articles, après application des filtres (human, reviews, >2015) et lecture des abstracts j’ai retenu 6 articles et après lecture complète des articles j’ai retenu **2 articles**.

J’ai ajouté **un article** intéressant provenant de la revue prescrire.

f) Diagramme de flux :

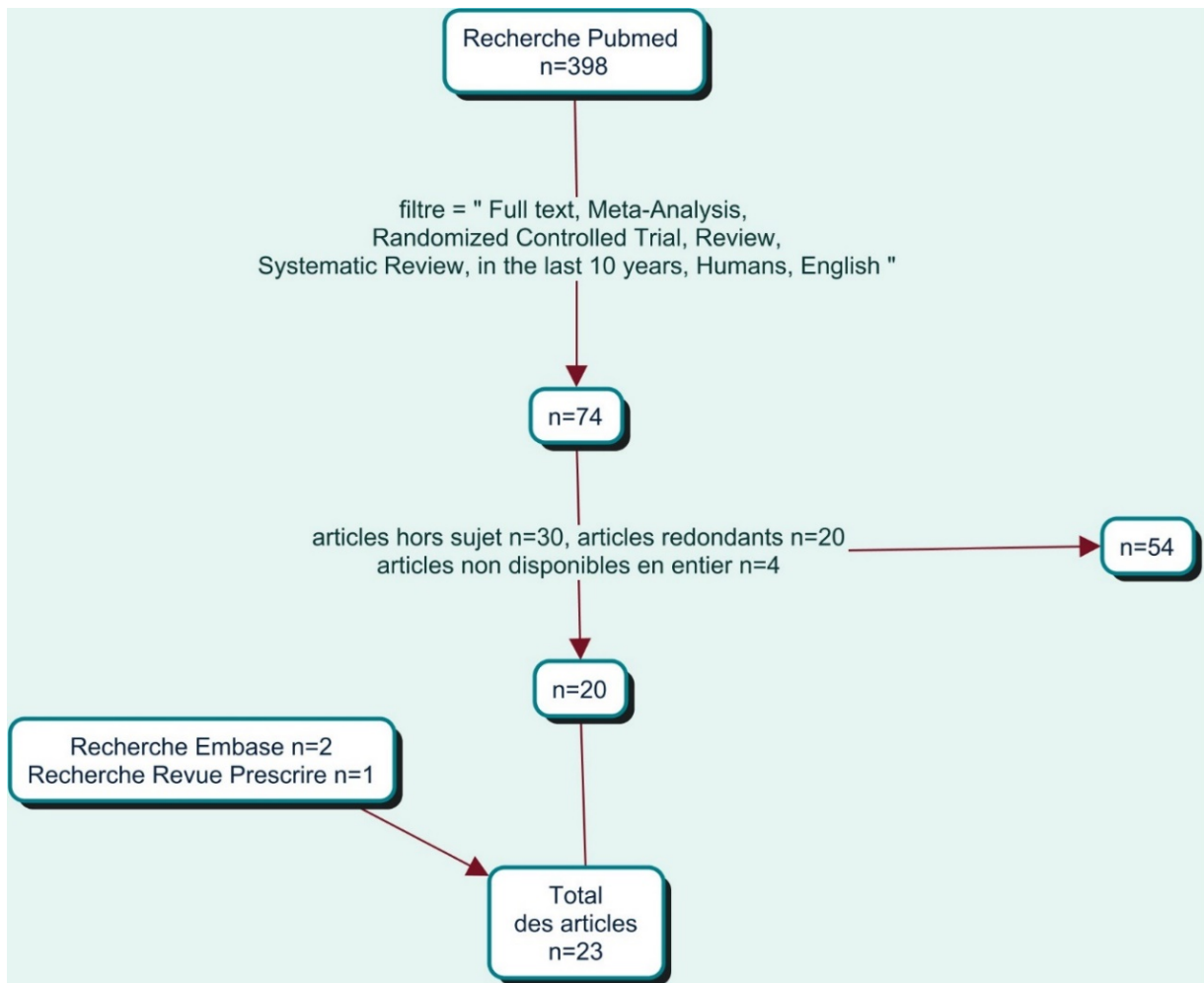


Figure 1 Diagramme de flux.

4) Théorie : résultats de la revue de la littérature :

a) Définition de la pollution de l'air :

L'OMS définit la pollution de l'air comme : « une contamination de l'environnement intérieur ou extérieur par tout agent chimique, physique ou biologique qui modifie les caractéristiques naturelles de l'atmosphère. ». Il insiste sur le fait que cette pollution impacte de façon importante la morbidité et la mortalité des populations.

b) Composants des polluants atmosphériques :

C'est un mélange contenant des particules fines (« Particulate Matter » ou « Suspended Particulates ») parmi lesquels on retrouve des plus grosses particules (PM10) avec une taille inférieure à 10 µm, des plus petites particules (PM2,5) avec une taille inférieure à 2,5 µm et des particules ultrafines (UFPM) mesurant moins de 100 nm. On retrouve aussi du « Black Carbon » (BC) et de l'ozone (O3) résultant de la transformation du dioxyde d'azote (NO2) et des composés organiques volatils (COV) sous l'action des rayons ultraviolets, du monoxyde de carbone (CO), des oxydes de soufres (SOx), des oxydes d'azotes (Nox). On peut retrouver également du méthane, des métaux lourds comme du plomb, du manganèse et des magnétites de fer, du formaldéhyde, des hydrocarbures aromatiques cycliques, des dioxines mais nous n'allons pas cibler notre recherche sur ses composants. Ils peuvent provenir soit des sources naturelles comme des incendies de forêt, ou soit de sources anthropiques comme, par exemple, du trafic autoroutier, des activités industrielles³, du chauffage résidentiel au bois⁴.

c) Pollution atmosphérique et maladie d'Alzheimer :

Épidémiologie et facteurs de risques :

La maladie d'Alzheimer représente près de deux tiers des types de démence et est diagnostiquée dans 99 % des cas après l'âge de 65 ans. La progression clinique est très insidieuse, on peut noter une phase pré symptomatique puis une phase où des troubles cognitifs légers (Mild Cognitive Impairment) s'installent avant d'atteindre le stade de démence. Cette démence se manifeste par des troubles de mémoire épisodiques, s'accompagnant de déficits du langage, de l'attention et des fonctions exécutives. Une atrophie corticale, hippocampique diffuse est retrouvée à l'IRM cérébrale, ainsi qu'une accumulation de protéine bêta-amyloïde mal repliée et de protéine tau dans les plaques amyloïdes².

Un des facteurs de risque génétique de survenue de la maladie d'Alzheimer est la présence de l'allèle E4 de l'apolipoprotéine E (Apo E) dont le risque est plus élevé chez les femmes. On considère qu'il y a quatre fois plus de chance de développer la maladie d'Alzheimer si on est porteur de l'allèle Apo E 4 comparativement aux porteurs de l'allèle ApoE. Une mutation des gènes de la protéine précurseur amyloïde (APP), de la Perséniline-1 (PSEN1) et de la Perséniline-2 (PSEN 2) a été retrouvée, favorisant la formation excessive de plaques neurotoxiques de peptide amyloïde-beta⁴. Néanmoins aucune cause certaine n'a été mise en avant, de nombreuses études suggèrent une interaction forte entre l'exposition environnementale et la génétique dans la survenue de la pathogenèse.

L'âge, le sexe, la génétique, la concentration cumulée de particules fines inhalées sont donc des éléments à considérer dans la pathogenèse de la maladie d'Alzheimer⁵.

Voies de pénétrations des polluants :

La voie de pénétration et le site préférentiel de dépôts des particules dépendent des caractéristiques physico-chimiques de la particule comprenant la taille, la forme, la densité de la molécule et des caractéristiques individuelles du sujet exposé comprenant l'âge, l'état de santé et l'activité physique⁶.

Les particules fines peuvent pénétrer dans le cerveau par quatre voies principales, que nous allons décrire.

Premièrement, les plus grosses particules (PM10) avec une la taille inférieure à 10 µm sont retenues au niveau des voies respiratoires supérieures. Les plus petites particules (PM2,5) avec une taille inférieure à 2,5 µm et les particules ultrafines (UFPM) mesurant moins de 100 nm passent ce premier filtre et se déposent principalement dans les poumons, au niveau alvéolaire puis sont transloquées dans le sang en créant une inflammation systémique avec une atteinte de la barrière gastro intestinale. Cette inflammation systémique rend perméable la barrière hémato-encéphalique, incitant ainsi les polluants et d'autres pathogènes à migrer par diffusion passive au niveau intracérébral, engendrant une neuroinflammation considérable et une neurodégénérescence de certaines zones cérébrales^{2,7}.

Une étude *in vivo*, a démontré que les PM2,5 induisaient des lésions au niveau des jonctions serrées des cellules endothéliales³. Sur une autre étude *in vivo*, menée sur des rats exposés aux particules fines, on a pu remarquer une libération accrue de stress oxydatif (ROS), de cytokines, un changement fonctionnel de transporteur (glycoprotéine de type P) et une diminution de l'expression de jonctions serrées dans les capillaires cérébraux suggérant

que les nanoparticules puissent endommager la barrière hémato-encéphalique et la rendre plus perméable aux autres particules toxiques⁸.

Deuxièmement, les particules fines (PM 2,5 et UFPM) peuvent pénétrer en intracérébral directement après inhalation par le biais des nerfs olfactifs et du nerf trijumeau nasale, en traversant le bulbe olfactif par la lame criblée de l'ethmoïde^{5,8}.

Troisièmement, les particules inhalées et excrétées par l'appareil mucociliaire peuvent atteindre la cible cérébrale via l'axe intestin cerveau par le nerf afférent du tractus gastro intestinale⁸.

Et enfin, une dernière voie de pénétration possible est la voie œil-nez-cerveau où les particules fines vont pénétrer l'œil et être acheminées par le canal lacrymo-nasal et pénétrer le système nerveux central.

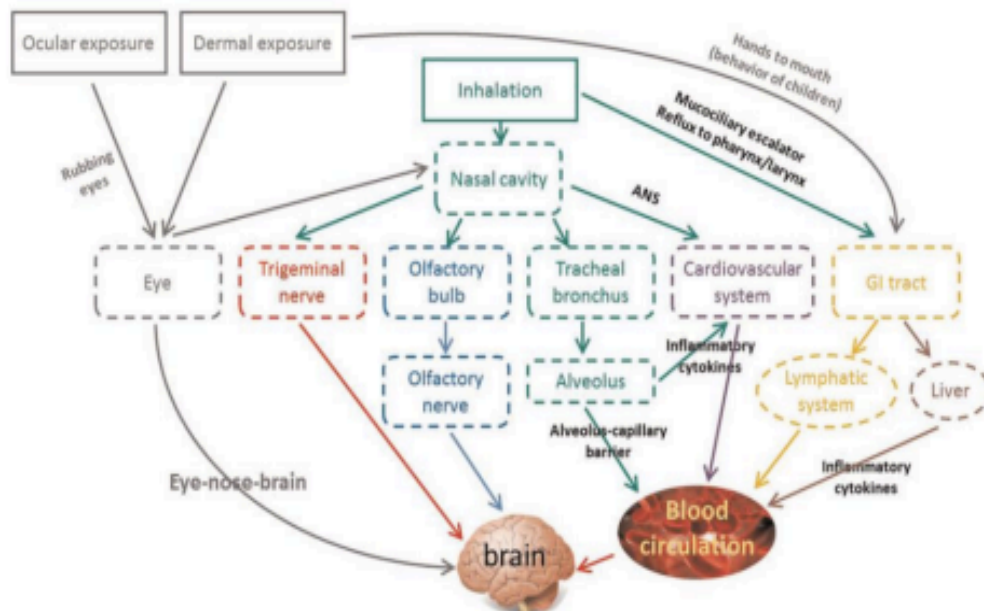


Figure 2 voies d'entrée du polluant⁸

Physiopathologie :

De nombreuses études montrent une activation de la microglie par les polluants atmosphériques. Cette **microglie** fait normalement partie des cellules immunitaires, mais une fois activée par certains polluants, elle va provoquer la génération d'une neuroinflammation, de stress oxydatif et de la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) intracérébral⁹ majorant à son tour, la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique^{2,10}. La majoration du stress oxydant dépassant les capacités du système de défenses antioxydants va perturber le système physiologique d'autophagie et de **protéostase**^{4,11}, favorisant l'accumulation et la non-élimination de protéines anormalement repliées, reconnues dès lors par le système immunitaire innée comme antigène de non soi. Nous retrouverons donc une accumulation de

plaque Ab42, une agrégation et hyper phosphorylation de protéine Tau menant à des dommages cellulaires importants neurotoxiques, notamment par le désassemblage des microtubules⁸. On retrouve une majoration et une accumulation des marqueurs que l'on retrouve dans les maladies neurodégénératives, comme **l'alpha-synucléine et la bêta-amyloïde**².

La neuroinflammation intracérébrale va provoquer une **peroxydation des acides nucléiques et lipidique** au niveau de la membrane neuronale entraînant une altération de la fonction des récepteurs liés à la membrane, aux canaux ioniques et une perturbation de l'homéostasie du calcium^{6,12}. La majoration du stress oxydatif intracérébral, favorisant une majoration du **peroxyde d'hydrogène** et une altération de la fonction du superoxyde dismutase, va **engendrer un dysfonctionnement mitochondriale et va enclencher l'apoptose** des cellules neuronales, ainsi qu'une démyélinisation^{5,9,13}.

On remarque également que l'exposition aux PM 2,5 peut modifier la composition du **microbiote intestinale** dans certains modèles murins, induisant **l'activation de l'inflammasome NLRP3** des patients atteints de la maladie d'Alzheimer et entraînant de ce fait la libération de facteurs inflammatoires³. Une étude montre que des souris exposées aux polluants, ont un niveau de cytokine inflammatoire (IL1, TNF alpha, COX2) et de facteur de transcription lié au **système immunitaire NFkB** majorés dans le tissu cérébral par rapport au groupe témoin⁷.

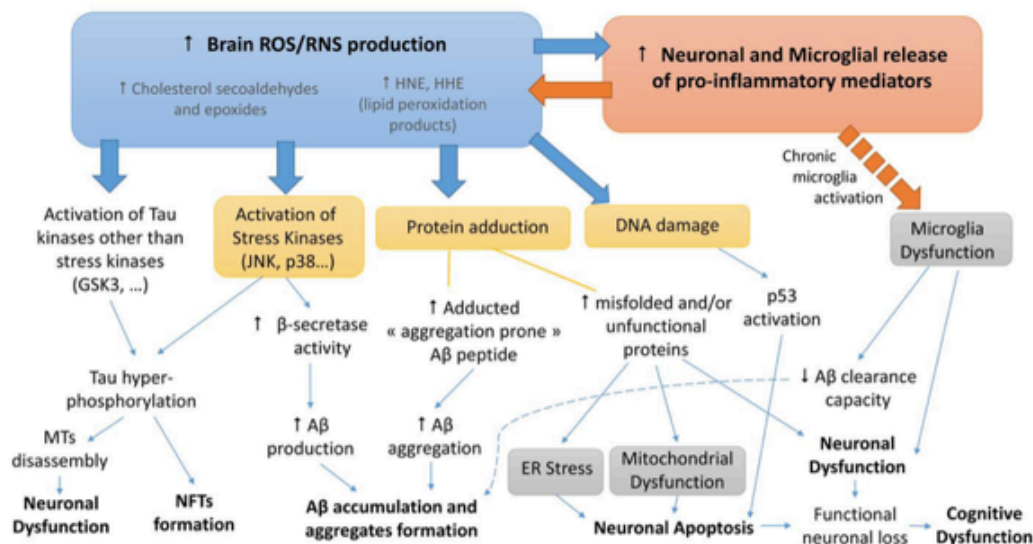


Figure 3 mécanisme physiopathologique¹²

De plus, certaines études montreraient qu'un dysfonctionnement des fonctions de traitement auditif précéderait le déclin cognitif dans la maladie d'Alzheimer chez des personnes exposées aux particules fines¹⁴.

Études sur animaux in vivo :

En 2002, Calderon a effectué des autopsies sur des chiens vivant à Mexico dans des lieux exposés aux particules fines et autres polluants et des chiens vivant à Tlaxcala avec des niveaux d'exposition aux polluants faibles. Ils ont remarqué que les chiens exposés fortement aux polluants présentaient une altération de la barrière hémato encéphalique, une neurodégénérescence corticale, une apoptose des cellules gliales, des dépôts d'apolipoprotéine, un enchevêtrement neurofibrillaire et donc une association positive avec la possibilité de développer la maladie d'Alzheimer.⁵

Études épidémiologiques humaines :

Calderon parle **d'une étude** montrant que le nombre de particules fines présent dans le liquide céphalo-rachidien (LCR) est significativement plus élevé dans le groupe exposé à la pollution environnementale par rapport au groupe témoin, non exposé aux particules fines suggérant que la fonction des plexus choroïdes produisant le LCR peut être altéré par l'inhalation à long terme des nanoparticules⁵. Selon Caldéron, **trois études** menées à Taiwan, ont montré une association entre la pollution de l'air par majoration du NO₂ et du CO et le développement de la maladie d'Alzheimer. Une **autre étude cas-témoin** a montré une association entre la maladie d'Alzheimer et l'exposition aux PM₁₀ et O₃ (OR = 4,17 et 2 respectivement). Une association a également été retrouvée avec l'exposition au NO_x². Dans **une autre méta-analyse**, ils ont pu démontré un lien d'association entre l'exposition aux PM_{2,5} et d'autres polluants atmosphériques (NO_x et O₃) et le risque de développer une maladie d'Alzheimer¹⁵.

Dans une revue de la littérature, Mansour cite **une étude de cohorte** réalisé par Chen et ses collègues, incluant des adultes (6,6 millions) qui résidaient à Ontario au Canada sur une période de 11 ans (2001-2012), les auteurs ont relevé 243 611 cas de démence. Le rapport de risque ajouté à la démence incidente était de 1,07 pour les personnes vivant à moins de 50 m d'une route à grande circulation. Ils ont conclu que l'exposition à la pollution de l'air serait un facteur de risque modifiable de la maladie d'Alzheimer¹⁴. La revue de la littérature de Calderon évoque **une étude de cohorte** portant sur 95690 personnes âgées de plus de 65 ans suivi sur une période de 9 ans. Dans cette étude, le risque de développer la maladie d'Alzheimer augmente de 211% par augmentation de 10,91 PPB de l'ozone (O₃) et une majoration du risque de 138% par majoration de 4,34 g/m³ des particules fines environnementale PM_{2,5}. Il attribue donc une relation entre le risque de développer la

maladie d'Alzheimer et l'exposition à long terme à la pollution atmosphérique émanant de la combustion des carburants automobiles, des sources industrielles et domestiques⁷.

Une méta analyse sur **13 articles pertinents**, a démontré une association significative entre l'exposition aux PM 2, 5 et le risque accru de développer une démence³. Dans une méta-analyse portant sur **9 études** une association a été montrée entre le développement de la maladie d'Alzheimer et l'exposition majorée de 10 g /m³ de PM_{2,5} par rapport au groupe contrôle (OR 1,9, IC 95% : 0,88-4,30), et par rapport à la majoration de l'ozone (O₃) (OR 1,03, IC 95% 0,68 à 1,57), et pour l'ensemble des expositions (OR 1,32 IC 95% 1,09 à 1,61) mais pas d'association démontrée pour l'exposition au NO₂ (OR 1,00 IC 95% 0,89 à 1,13) et aux PM₁₀ (OR 0,95 IC 95% 0,91 à 0,99)¹. Dans **une méta-analyse** on retrouve une association significative entre l'exposition humaine à une majoration de 3,49 g/m³ de PM 2, 5 avec une diminution du volume de la substance blanche (-6,23 cm³) mais pas de la matière grise, ni du volume de l'hippocampe (étude sur la mémoire de la *Womens Health Initiative*), ni sur le volume cérébral total chez les personnes âgées (framingham offspring study)³.

Selon une méta-analyse sur **4 études de cohortes**, se déroulant au Canada, à Taiwan, au Royaume Uni et aux États-Unis entre 2015 et 2018, sur plus de 12 millions de sujets âgés de plus de 50 ans (N = 12 119 853), on peut remarquer qu'une majoration de 10 µg/m³ des PM 2,5 est significativement associée au développement d'une démence (RR groupé = 3,26, IC à 95 % : 1,20, 5,31) et au développement d'une maladie d'Alzheimer (RR combiné = 4,82, IC à 95 % : 2,28, 7,36)¹⁶.

Une vaste étude de cohorte menée aux États-Unis d'Amérique sur 63 millions de personnes âgées d'au moins 65 ans suivi du 1 janvier 2000 au 31 décembre 2016 suggèrent une association entre l'exposition majorée de 5 microgrammes par mètre cube (microg/m³) de PM 2, 5 à un risque majoré d'une hospitalisation pour maladie de Parkinson, d'Alzheimer ou de démence apparentée (risque relatif estimé par le Hazard ratio= 1, 13, IC 95% : 1,12 à 1, 14). En dessous d'une exposition à 16 microg/m³, on s'aperçoit que les relations établies entre le risque de l'hospitalisation et la concentration du PM 2, 5 est linéaire, ce qui signifierait qu'il n'y a pas de concentration en dessous de laquelle il n'y ait pas d'effet nocif¹⁷.

d) Pollution atmosphérique et maladie de Parkinson

Épidémiologie et facteurs de risques :

La **maladie de Parkinson** touche entre 1 à 2 pour 1 000 personnes de la population. Sa prévalence augmente avec l'âge et est estimée à 1 % de la population de plus de 60 ans¹⁸.

Une dégénérescence progressive des neurones dopaminergiques et une accumulation de *Corps de Lewy* (inclusion protéique alpha -synucleique) dans la substance noire, et dans les terminaisons nerveuses du striatum ont été retrouvées dans l'émergence de la maladie de Parkinson. Lorsque 80% des neurones dopaminergiques sont endommagés, des symptômes cliniques apparaissent. On peut retrouver parmi ceux-ci : des tremblements au repos, une rigidité, une bradykinésie (lenteur dans le mouvement), une hypokinésie (réduction de l'amplitude du mouvement), une akinésie, des troubles de la marche et une rigidité musculaire. Un dysfonctionnement olfactif et cognitif est également repéré^{2,6}. Parmi les facteurs de risques, on retrouve en premier lieu l'âge de la personne (prévalence est de 3 à 5% chez le plus de 85ans), le fait d'être un homme, des mutations génétiques sur les gènes PARK1-PARK13. Le niveau de alpha-synucléine est plus important dans le cerveau des personnes atteintes de la maladie de Parkinson que lors du vieillissement normal². On retrouve des mutations de kinase riche en leucine 2 (LRRK2, PARK8). Une mutation du gène de l'alpha-synucléine favoriserait la formation de *Corps de Lewy*⁴. On a pu mettre en lien l'apparition de la maladie et l'exposition environnementale ou de l'interaction gène-environnement.

Études in vivo sur animaux ou post-mortem sur humains :

Des études post-mortem ont pu mettre en évidence un niveau plus élevé de l'alpha-synucléine dans certaines zones cérébrales (bulbe olfactif, mésencéphale, moelle allongée) chez des personnes qui étaient atteintes de la maladie de Parkinson et qui étaient exposés à une pollution atmosphérique élevée^{2,7}.

Études épidémiologiques sur humains :

Des études ont montré une association entre l'exposition aux PM 2,5, NOX et O3, bien que les preuves semblent **moins convaincantes** que pour la maladie d'Alzheimer². On retrouve également une activation de la microglie avec une neuroinflammation cérébrale importante, un mauvais repliement des protéines et une réponse immunitaire non appropriées¹⁹, comme pour la maladie d'Alzheimer.

Une méta-analyse a montré des preuves faibles d'association entre la pollution de l'air et maladie de Parkinson. Sur **13 études**, deux ont rapportés une très faible association à court terme avec les PM 2,5 (RR PM 2,5 à 10 microg/m3 était de 1,06 ; IC 95% 0,99 ,1,14), NO2 (RR de 1,01 ; IC 95% 0,98 ,1,03)²⁰.

La pollution de l'air a été évaluée comme facteur de risque possible de la maladie de Parkinson. Sur une méta-analyse de **10 études**, ils ont trouvé un très faible risque entre le développement de la maladie de parkinson et une augmentation de 10 PPB d'exposition aux oxydes d'azote (NOX) (RR 1,06 ; IC 95% 1,04 à 1,09), une augmentation de 1 PPB (part per billion = 10^{-9}) de monoxyde de carbone (CO) (RR regroupé de 1,65 ; IC 95% 1,10 à 2,48), majoration de 1PPB (part per billion = 10^{-9}) de dioxyde d'azote (no2) et ozone (O3) (RR 1,01 ; IC 95% 1 à 1,01) et (RR 1,01 ; IC 95% 1,00 à 1,02)²¹. Dans une méta-analyse de **10 articles** dont **trois études de cohorte et trois étude cas-témoins**, deux montrent une relation significative entre l'exposition à long terme aux PM 2,5 et la maladie de Parkinson (RR 2,16 ; IC 95% 1,46 ; 3,11 et RR 2,02 ; IC 95% 0,84 ; 4,84), tandis que *d'autres études ne montrent aucun lien*, la conclusion de cette méta-analyse est que les preuves sont insuffisantes pour prouver l'association à long terme des PM 2,5 et PM10 et le risque de développer une maladie de Parkinson (RR fusionné 1,21 ; IC 95% 0,95 ; 1,54)²². Des **études cas-témoins** faites aux États-Unis ont montré une association positive entre l'exposition à l'ozone (O3) durant les saisons chaudes d'avril à Novembre en Caroline du Nord (OR= 1,39 ; 0,98 -1,98) mais aucune association n'a été démontrée en Iowa²³. Une autre **étude de cohorte** sur 50 352 hommes américains ne montre aucune relation significative entre la maladie de Parkinson et l'exposition aux PM 2, 5. En prenant en compte l'exposition moyenne cumulée aux particules fines, et en comparant le quintile supérieur et inférieur, ils obtiennent RR= 0,85 (IC 95 % 0, 63 ; 1,15) pour PM 10 et RR=0,97 (IC95% 0, 72, 1,32) pour le PM2, 5²³.

5) Résultats :

a) *Description des participants* :

J'ai interviewé 9 médecins. Parmi les médecins ayant eu une formation en santé environnementale, on retrouve 3 médecins séniors dont deux faisant partie de la cellule environnement de la SSMG. L'autre médecins formé a fait la formation SSMG soignant relais également et le certificat universitaire en santé environnementale et approche écosystémique à l'université de Liège. Parmi les médecins sensibilisés au sujet, nous retrouvons 2 assistants, ils ont été sensibilisés via des formations de la SSMG (autre que soignant-relais) ou via internet. Parmi les médecins sans formation et non sensibilisés, nous avons 2 assistants et 1 médecin sénior. Vous retrouverez le profil des candidats interviewés ci-dessous.

Tableau 1 : Caractéristiques sociodémographiques des participants

formation	Sexe		type de pratique		année expérience			zone	
	Féminin	Masculin	en solo	en groupe	assistant	sénior <5ans	sénior >5ans	rural	urbaine
oui	2	1	0	3	1	1	1	1	2
sensibilisé	1	1	1	1	2	0	0	1	1
non	3	1	1	3	1	3	0	3	1
total	6	3	2	7	4	4	1	7	4

Vous trouverez les détails des participants en annexe 5.

b) Nécessité d'une formation ?

État des connaissances actuelles des médecins généralistes sur le terrain

La majorité des médecins généralistes interrogés estime avoir une **connaissance nulle** concernant les maladies neurodégénératives.

MG4 : « Je pense que les médecins généralistes ne connaissent pas du tout ce lien, on n'en a pas parlé pendant notre formation, et alors on en parle très peu dans les médias spécialisés. »

MG6 : « j'ai l'impression de ne rien connaître. »

Pour les médecins ayant suivi une formation préalable en santé environnementale comme la formation soignant relais de la SSMG (3/3) et un certificat en santé environnementale (1/3), ou sensibilisés au sujet (2/9), ils pensent avoir **certaines connaissances** concernant la santé environnementale en générale, surtout concernant les pesticides mais pas sur spécifiquement le lien entre les maladies neurodégénératives et la pollution atmosphérique. Ceux qui ont fait une formation (3/9) pensent que les connaissances des médecins seront meilleures à l'avenir car les formations sont en train de se développer.

MG1 : « Sur la pollution environnementale, oui. J'ai un peu de connaissance parce que j'avais un pote qui avait fait un TFE sur la pollution au Mexique... mais au point de vue neurodégénératifs, je ne pense pas. »

La majorité des médecins pense que leurs confrères n'ont également aucunes connaissances sur le sujet.

MG8 : « Nulle, je pense que presque aucuns médecins ne connaissent ce sujet, en tout cas je n'en ai jamais parlé avec mes confrères. »

Ils disent de façon unanime que cela ne fait pas partie de la **formation de base** en médecine. La majorité des médecins disent que la notion de santé environnementale commence à se développer en **formation continue**.

MG2 : « Alors, selon moi, il y a 2 ans, l'état des connaissances était nul. Enfin, je veux dire s'approcher de zéro » « Mais, il y a encore très peu de médecins généralistes qui sont formés, donc c'est vraiment très peu. Maintenant sur les connaissances avec le lien de l'émergence de maladies neurodégénératives telles que Parkinson ou Alzheimer ? Zéro, rien. »

La majorité des médecins pense qu'il s'agit d'un sujet nouveau, assez **controversé**, ils pensent qu'il n'y a pas beaucoup d'études sur le sujet. Ils entendent plus parler du lien de la pollution et des pathologies respiratoires ou cardio-vasculaire.

MG7 : « Non, ils ne connaissent pas ce lien, pour la plupart, à mon sens il n'y a pas beaucoup de littérature encore sur ce lien »

Ils disent qu'ils n'ont pas beaucoup de patient atteint de la maladie d'Alzheimer ou de Parkinson, mais ils en rencontrent tout de même dans leur patientèle. Ils pensent de façon unanime que leurs patients ne sont pas informés sur le risque et des répercussions que pourrait avoir la pollution atmosphérique sur la santé. Un médecin dit qu'on parle pas beaucoup de pollution atmosphérique sauf peut-être lors des pics de pollution.

MG5 : « Donc je ne pense pas qu'ils soient au courant mes patients, ils ne sont pas informés de la qualité de l'air et des conséquences que cela peut avoir sur leur santé. »

MG3 : « les patients ne sont pas du tout informés »

Ils ne se sentent **pas assez formés** dans le domaine surtout en ce qui concerne les maladies neurodégénératives, encore plus pour les médecins non formés.

MG5 : « Je ne pense pas qu'ils font le lien entre les deux. Ils n'ont pas de connaissance, pas de formation là-dessus »

Ils demandent tous **plus de formation** lors de la formation de base de médecine mais aussi en formation continue. Ils pensent que cela serait utile car ces notions sont à intégrer à la médecine de demain, et même d'aujourd'hui.

MG9 : « C'est une nécessité même de montrer de l'intérêt. »

Rôle du médecin généraliste

Dans l'ensemble, les médecins généralistes interrogés me disent que le médecin généraliste a **un rôle dans la prévention** en générale. Certains médecins interrogés soulignent le fait que la prévention n'est pas assez développée actuellement en médecine générale, même si pourtant il s'agit d'un versant fondamental de la médecine.

MG4 : « Il a un grand rôle dans la prévention en générale, il devrait donc transmettre l'information sur la pollution et le risque encouru, et donc devrait se former »

Le médecin généraliste est le **premier contact**, le premier relais du patient. Le patient **a confiance** en son médecin généraliste, c'est donc un professionnel de choix pour transmettre des informations à visée préventive sur la santé. Étant en première ligne, il a donc le devoir dans un premier temps **transmettre les informations** nécessaires aux patients, surtout si ces informations concernent le risque d'exposition pouvant engendrer certaines maladies chroniques.

MG3 : « Donc oui pour moi, en tant que premier point de contact de la santé et transmetteur d'informations scientifiques correctes. Pour moi, le médecin généraliste a vraiment son rôle à jouer en santé environnementale. »

Un médecin soulignait le fait qu'il faut savoir **comment transmettre l'information**, il est du devoir du médecin de bien transmettre cette information, rappeler qu'il s'agit d'une prévention et ne pas culpabiliser le patient.

MG6 : « En tant que médecin généraliste, on peut donner des petits conseils. Le défi c'est d'expliquer au patient que c'est une prévention, je pense que c'est parfois difficile à comprendre pour le patient qu'on n'élimine pas tout le risque si on met en place quelques astuces. Parce que si le patient développe la maladie, il nous dira que pourtant il a tout fait pour limiter son exposition, et ça risquerait de la culpabiliser. »

Il a un **rôle de conseiller**. Il a donc le **devoir d'informer** et d'en parler avec le patient, mais pour cela la majorité des médecins pensent que le médecin généraliste doit dans un premier temps **se former**, pour qu'il sache quelle information transmettre et comment la transmettre.

MG5 : « Un rôle de conseiller, il doit diffuser l'information pour que les patients puissent mettre en place des moyens afin de favoriser leur santé. »

La majorité des médecins pense que le médecin **ne pourra pas faire les choses tout seul dans son coin** et donc que pour que les choses bougent il faut faire appel aux autorités publiques afin de faire passer des lois, de mettre en place des campagnes de sensibilisation, d'informer le grand public de cette problématique. Ils pensent donc que la **politique a un rôle à jouer**.

MG9 : « Mais il s'agit également d'un rôle de la santé public et politique. Il faut établir des lois, des règles, informé de façon collective. Au niveau politique des actions ont déjà été menées, avec le plan européen Zéro pollution »

MG6 : « Je pense que oui, si on a reçu l'information et une formation, c'est important d'informer aussi des patients, c'est notre rôle. Euh. Maintenant, je pense qu'il y a quand même quelque chose qui doit être fait de l'ordre de la santé publique donc plus important, plus global, pour informer les gens et là c'est plus le médecin généraliste. »

Concernant l'implication des politiques dans cette problématique, certains médecins pensent qu'il est du rôle du médecin en tant que **citoyen d'être actif**, et donc être un **lanceur d'alerte** ou même de faire lui-même de la politique. Un médecin dit que le médecin doit s'impliquer dans le côté politique, car les décisions politiques, les lois ont souvent 12 ou 20 ans de retard et il y a une forte pression des lobbys. Le médecin doit regarder et agir sur ce qui se passe sur son territoire, il doit s'impliquer dans la région où il exerce. D'autres médecins pensent que le médecin ne doit pas faire lui-même de la politique.

MG2 : « Nous en tant que médecin généraliste, on est obligé d'être informer, d'informer nos patients, mais aussi d'informer en fait finalement les politiques des risques qu'encourent nos patients. Même si pour moi, il ne doit pas être ou faire partie d'un parti politique, doit être un lanceur d'alerte et clairement à un rôle à jouer, ça c'est clair. »

MG1 : « Le médecin a le droit de faire un peu de politique, »

c) Prévention en médecine générale :

État actuelle de la prévention :

Les médecins généralistes pensent à l'unanimité que la santé environnementale a un **rôle à jouer en médecine générale**. Il serait donc important **d'inclure une prévention** en santé environnementale à l'avenir au sein des consultations de médecines générales. Les citoyens **ne sont pas assez informés** de cette problématique et les médecins ne sont pas assez formés, **n'en parlent pas lors de leur consultation**.

MG2 : « J'en suis plus que sûre, elle a une place à jouer. » « Si les citoyens ne sont pas informés et que les médecins n'ont plus, voilà la première chose à faire, c'est de s'informer comme médecin et d'informer nos patients. Donc je pense que les patients ne sont pas assez informés. Sauf qu'à Bruxelles maintenant il y a vraiment beaucoup de choses qui ont été faites. »

MG1 : « Oui, oui clairement, la santé environnementale a une place à jouer en médecine générale, parce que cela a une plus-value pour la société, la santé a un coup important. »

MG5 : « il faut que les médecins généralistes aient tous le même discours. Ça passe aussi par une formation commune. La santé environnementale compte pour la médecine générale. »

La pollution atmosphérique est **en relation** avec l'émergence de pathologies chroniques qui ont un coût pour la société, il est donc important d'agir proactivement et d'établir des plans de prévention.

MG9 : « L'exposition environnementale et certains toxiques sont en relation étroite avec l'émergence de nombreuses pathologies chroniques. J'avais lu que 20 % ou presque des décès est attribuable à des facteurs environnementaux selon l'OMS. De ce fait, en se formant d'avantage et en essayant d'évaluer le risque et de limiter l'exposition on pourrait éviter l'émergence de nombreuses maladies. » « De tout façon, nous ne pouvons plus vivre avec des œillères, avec toute cette problématique de réchauffement climatique, si nous ne nous intéressons pas à cela et que nous ne faisons rien, nous risquons à l'avenir d'en pâtir et d'être exposé à d'avantages de polluants toxiques. »

Des organismes de santé publique existent déjà, les médecins non formés (2/4) évoquent la notion **d'ambulance verte**, mais n'y font pas souvent appel en pratique. Les médecins formés connaissent plus cette notion car cela a été abordé lors de la formation soignant relais.

MG9 : « Pourtant, déjà des organismes existent, pour évaluer au sein du domicile le risque et mesurer certains paramètres environnementaux, moi j'en ai fait appel quelques fois, en Wallonie cela s'appelle le SAMI. J'avais un patient avec une suspicion d'aspergillose, il voyait chez lui des tâches de moisissures et relevait un taux d'humidité trop élevé ; une autre patiente avec des allergies à répétitions et une habitation mal isolée où l'humidité régnait en reine ; La Sami prend des mesures et après interprète les résultats et donne des conseils pour limiter l'exposition. »

MG1 : « Il y avait un organisme, à Bruxelles pour identifier la teneur en CO. Le CRIPI. » « Je n'ai jamais donné des conseils pratiques pour limiter leur exposition. » « Je suis encore en questionnement. »

Les médecins généralistes ayant reçu une formation en santé environnementale ou sensibilisé au sujet, **questionnent** plus souvent et de façon plus systématique leurs patients sur leur exposition environnementale en générale, surtout pour une **population plus fragile** comme les enfants ou femmes enceintes. Ils questionnent moins spécifiquement sur les maladies neurodégénératives. Ils **se sentent plus capables** d'en parler ou de sensibiliser leur patient sur des thèmes de santé environnementale en générale mais pas sur les maladies neurodégénératives. Les médecins non formés se **sentent perdus** dans tous les domaines de la santé environnementale. Les médecins formés ou sensibilisés donnent **plus de conseils**

pointus et de façon systématique sur l'hygiène de vie pour limiter l'exposition environnementale.

MG2 : « C'est vraiment complètement nouveau et même moi qui suis très sensibilisée, j'essaye d'adapter toutes mes consultations par rapport à l'environnement. » « J'essaye de poser des questions, de leur en parler mais peut-être pas encore de manière assez ciblée. » « J'ai posé la question mais je n'ai pas forcément fait le lien. » « Des conseils simples, je le fais tout le temps. »

MG3 : « J'essaye aussi de leur conseiller un maximum sur comment faire du sport et d'essayer de se déplacer peut-être autrement pour aller au travail. Puisqu'en utilisant moins la voiture... »

MG4 : « J'avoue être assez perdu dans ce domaine, je n'ai pas encore les connaissances suffisantes pour lui donner les bons conseils. Je n'ai pas encore fait les recherches pertinentes dans ce domaine. »

Les médecins sensibilisés ne donnent **pas des conseils de façon systématique** mais on l'impression de s'y connaître un minimum s'ils devaient donner des conseils. Ils donnent plus souvent des conseils concernant la pollution de l'air intérieur.

MG9 : « Non presque pas, j'y pas pense systématiquement mais je sais qu'il faut veiller à ventiler et donc bien aérer les espaces de vie. Éviter l'humidité pour éviter de favoriser le développement de moisissures. Les moisissures peuvent développer l'apparition de spores et la génération de COV, composés organiques volatils, ici on parle plus alors de pollution de l'air intérieur, mais il faut tout de même y faire attention. »

Les médecins formés ou sensibilisés mettent **plus de chose en place** dans leur quotidien à eux, sauf un médecin non formé et non sensibilisé qui avait un purificateur d'air et s'intéressait à la pollution de l'air intérieur.

MG9 : « Oui, le plus possible. Je n'utilise pas de maquillage, j'utilise l'application YUKA pour sélectionner mes produits cosmétiques. Je mange local le plus possible, bio quand c'est possible. J'aère beaucoup. »

La totalité des médecins interrogés **n'établissent pas eux même un lien** entre maladies neurodégénératives et pollution atmosphérique au sein de leur cabinet de médecine générale. Et ils ne questionnent pas spécifiquement sur les maladies neurodégénératives. Certains pensent que la maladie de Parkinson ou d'Alzheimer sont **plutôt rares** et que l'on ne diagnostique pas ces maladies en médecine générale. Ils sont d'accord qu'il faille parler de santé environnementale dans un **but de prévention**, avant que la pathologie se développe.

MG8 : « Je n'ai jamais établi le diagnostic moi-même et jamais établi un lien avec la pollution. »

MG6 : « Non, ça j'avoue que non je ne les questionne pas sur leur exposition. Ce n'est jamais venu à l'esprit parce que je n'avais jamais entendu parler ça, que ça pouvait être une cause donc non. » « Y a beaucoup plus avec les maladies pulmonaires, on peut y réfléchir mais vraiment niveau neurologique et Parkinson et Alzheimer, je n'y avais jamais pensé et je n'ai jamais fait l'association avec la pollution, je n'ai pas de cas précis de maladie de Parkinson ou Alzheimer à l'esprit. »

Leurs confrères ne questionnent pas, non plus et n'établissent pas de lien de cause à effet entre la pollution atmosphérique et les maladies neurodégénératives, ils pensent qu'ils n'en parlent pas non plus car ils ne s'y connaissent pas.

Une petite majorité pense qu'on ne sait pas dire grand-chose pour limiter l'exposition à la pollution atmosphérique, que ça dépend de facteurs qui nous dépassent et sur lesquelles nous n'avons pas de pouvoir. Certains médecins évoquent le fait que l'émergence de maladies neurodégénératives est causée par des agents **plurifactoriels**, il n'est donc pas évident **d'établir des liens** de cause à effet avec l'exposition à la pollution atmosphérique, il faut donc être vigilant au niveau de la transmission de l'information pour ne **pas être culpabilisant** auprès du patient. Il ne faut pas que le médecin généraliste fasse des raccourcis. Un certain nombre de médecins souligne tout de même le fait que puisque **cela touche tout le monde** la pollution atmosphérique, que cela vaut la peine d'en parler au sein du cabinet de médecine générale.

MG7 : « Non, pas interroger ni établi de lien, parce que tous ces problèmes environnementaux, mais encore plus celui-là, on va dire, c'est tellement ubiquitaire que déjà il y a plein de gens qui ont ça et c'est quand même hyper compliqué, il y a tellement de facteurs qui ne sont pas encore connus pour dire à quelqu'un qu'il a une maladie. »

Les médecins ayant reçu une formation en santé environnementale connaissent plus facilement la **loi LAURE ou décret belge correspondant** (2/3 connaissent la loi tel quel) et le droit des patients à respirer un air sain et la notion de mesure et de surveillance de la qualité de l'air, puis d'information au patient (3/3). A Bruxelles, plusieurs mouvements citoyens ont déjà été faits à propos de la pollution de l'air extérieur (Molenbeek).

Les médecins non formés (2/4) évoquent la notion de pesticides, un médecin évoque la notion de COV car il a acheté un Dyson purificateur d'air.

MG4 : « J'ai aussi un purificateur d'air Dyson, c'est un purificateur d'air. Il me dit le taux de pollution pour les COV, les PM2, 5, le formaldéhyde, le taux d'humidité de la pièce »

Certains médecins soulignent l'importance du concept de **principe de précaution**. Ce n'est pas parce que les choses ne sont pas établies avec certitude qu'il ne faut pas avertir le patient si l'on pense qu'il encoure un risque pour sa santé.

MG3 : « Il faut garder le principe de précaution en tête, ce n'est pas parce que ce n'est pas prouvé à 150% qu'il ne faut pas en parler aux patients. Il faut leur dire de faire attention, que ce n'est encore sûr mais quand même très probable. »

Freins à l'application d'une prévention en santé environnementale en médecine générale :

La majorité des médecins soulignent en premier lieu le **manque de connaissance**, ils pensent qu'ils ne sont **pas assez informés** pour transmettre une information. Ils disent qu'ils ne savent pas quoi dire aux patients, et que si le patient revenait vers eux pour les questionner face à cette problématique ils se sentiraient perdus. Ils pensent qu'il **manque une formation** tant au niveau de la formation de base que de la formation continue.

MG9 : « La raison est d'abord un manque de formation et de connaissance et de temps. Cette méconnaissance et le non recherche du risque d'exposition peut conduire le professionnel à des pratiques qu'il connaît et donc ne pas mettre en évidence une problématique environnementale. »

MG8 : « Le fait qu'on n's'y connaisse pas, qu'il n'y a pas de formation. »

Un médecin me dit qu'il faudrait au médecin des **compétences de communication** et pour cela il faudrait également qu'il soit formé. Il pense que savoir l'information n'est pas une finalité, qu'il faut encore savoir comment la transmettre au patient de façon adéquate.

MG3 : « je pense qu'il faut des compétences de communication particulière. Je pense que clairement s'il y a une formation dans le sujet il faut que ce soit associé à comment aborder ça avec le patient ? Vraiment sur la communication du risque »

Certains médecins évoquent le **manque de temps** lors des consultations pour parler de prévention, ils pensent cependant que cela est important de prendre ce temps nécessaire.

Certains médecins pensent toutefois que cela serait une **surcharge de travail**. Certains soulignent le fait que cette problématique d'exposition à la pollution atmosphérique concerne tout le monde, le médecin devrait donc en parler à tous ces patients sans exception, cela demanderait une **charge de travail trop importante**. Un médecin pense que le manque de temps n'est pas vraiment un frein car en consultation c'est le médecin qui s'impose le temps nécessaire. Un médecin dit qu'il faudrait prendre le temps non seulement d'en parler mais également d'aller voir son lieu d'exposition, son habitat, et y faire des analyses.

MG6 : « c'est toujours quelque chose qu'on rajoute à la consultation, donc on ne sait pas en parler dans chaque consultation, le manque de temps. »

MG1 : « Non, parce que le temps, c'est toi qui l'imposes. Je fais des consultations de 30 minutes. Même si j'avais moins de temps, je ferais pour tout le monde la prévention au niveau cardiovasculaire, au niveau du tabagisme, de l'alcool mais au niveau de la pollution atmosphérique je ne sais pas. »

MG8 : « Il faudrait prendre le temps avec le patient d'analyser ses journées, son environnement, même aller chez lui. »

Certains médecins parlent d'un **manque d'intérêt de la part du patient**, ils pensent qu'ils n'ont pas forcément envie de parler de cela lorsqu'ils viennent en consultation. Deux médecins parlent du fait qu'ils ne savent dans quelle mesure le patient a envie d'entendre ses informations concernant la prévention en santé environnementale.

MG2 : « c'est déjà les connaissances et d'intérêts des patients parce que les patients sont quand même têtus. Quand on leur dit, vous savez, je pense que dans votre environnement il y a peut-être des choses qui peuvent favoriser des maladies, ils répondent du TAC au TAC, non et ils ne veulent même pas le savoir. »

MG3 : « l'autre frein c'est par rapport à la demande du patient. Dans quelle mesure, est-ce que le patient a envie d'entendre ça ? C'est un peu la même chose pour la prévention des risques cardio-vasculaires. Dans quelle mesure est-ce qu'il le sait ? C'est plus par rapport à l'attente du patient, donc c'est un peu plus tout ce qui touche à la décision médicale partagée. »

A quasi l'unanimité, les médecins pensent qu'un frein majeur est le fait que la prévention en médecine générale ne soit **pas un acte rémunéré**.

MG7 : « Les actes de prévention ne sont pas rémunérés en médecine générale. On est rémunéré à l'acte et pas pour ce qu'on raconte. Donc ça ne pousse pas les généralistes à faire de la prévention. Or l'environnement que c'est tout ce qui nous entoure, ce qu'on respire, ce qu'on met sur la peau, ce qu'on mange. Tout cela ce n'est que de la prévention. Donc évidemment, je pense qu'il faudrait hyper augmenter ça. »

Ils soulignent également le fait qu'il s'agit d'une **nouvelle discipline**, qu'il n'y a pas de guideline, pas de scores pour mesurer le risque et qu'il ne soit pas évident d'établir un lien de cause à effet ou même que le lien de cause à effet ne semble pour eux pas encore bien établi.

MG7 : « En plus les preuves ne sont pas encore incroyablement palpables pour le public, ni même d'ailleurs pour les médecins. Donc ça complique les choses je trouve »

MG9 : « je pense aussi qu'il s'agit d'une nouvelle discipline, de ce fait il n'y a pas encore de guidelines bien établies, pas de fiches pour les médecins ou les patients, pas de score d'évaluation des risques »

Un médecin évoque le fait qu'il s'agit une **pathologie rarement** abordé au sein du cabinet de médecine générale. Un médecin met également en avant le fait que l'on doit parfois **agir sur des déterminants sur lesquels on n'a pas d'emprise** comme les facteurs socio-économiques qui favoriseraient un plus grand risque d'exposition aux polluants atmosphériques. Un médecin dit que ce sont des maladies rares avec **des causes plurifactorielles**, il ne faut pas faire de raccourcit.

MG5 : « La rareté de la pathologie, on n'en voit pas beaucoup au sein du cabinet. »

Les médecins disent qu'un frein serait le fait qu'il n'y ait **pas de marqueur d'exposition**, quelque chose à doser dans le sang ou dans les urines, cheveux qui montreraient aux patients son niveau d'exposition et refléteraient le risque encouru par les patients, un peu comme on peut avoir avec le cholestérol et la prévention du risque cardio-vasculaire associée. Ils disent que le fait que cela ne soit **pas remboursé** est un frein car c'est inaccessible aux patients et puis que même dans le cas où certains marqueurs seraient remboursés, ils ne sauraient pas quoi doser. Il y a un médecin qui pense que doser des marqueurs ne serait pas une plus-value, il se réfère à la prévention qui est faite pour l'exposition à tout ce qui est écran, il ne faut pas de dosage pour que cela ait un impact et que les gens comprennent le risque.

MG8 : « peut-être que le patient serait plus curieux ou plus à l'écoute s'il y avait des marqueurs, je vois que les patients sont très attachés au cholestérol par exemple et de là on peut parler de plein de chose au niveau prévention avec le patient, après si ce n'est pas remboursé, ce n'est pas possible. »

MG5 : « l'absence de remboursement, on n'a pas quelque chose de concret à montrer aux patients, comme le cholestérol et tel risque cardio-vasculaire. Puis il faudrait savoir exactement ce qu'il faut doser, car moi je me sens perdue. »

MG1 : « Pour la prévention à l'exposition de tout ce qui est numérique, tout ce qui est tablette pour l'enfant, il n'y a pas non plus de marqueurs biologiques. Pourtant, t'as une prévention qui me paraît efficace. Je ne pense pas qu'un marqueur soit une plus-value, il faudrait plus une sensibilisation sociétale. »

Solutions et outils pour la mise en place d'une pratique préventive :

La majorité des médecins pense qu'il est d'abord important que le médecin généraliste **se forme**. Ils pensent qu'il serait indispensable qu'une formation en santé environnementale soit implantée au sein de la **formation initiale** et consolidée par des **formations continues**. Les médecins généralistes doivent avoir un discours commun. Certains médecins pensent qu'il faut communiquer des informations sur ce thème très tôt, durant les cours au secondaire. *MG3 : « Donc tout d'abord, je pense qu'il faudrait une formation initiale. Il faudrait une formation initiale pour tous les étudiants médecins, quand chacun travaillera dans sa discipline, il y aura vraiment un discours commun, » « Je pense que les formations continues, ça va être des formations qui vont venir se greffer mais qui vont toujours venir s'ajouter, un peu comme des satellites autour de notre métier »*

Ils pensent que pour que les formations soient suivies par les médecins généralistes, il faudrait que **des points d'accréditation** soient octroyés aux médecins généralistes pour les formations continues.

MG7 : « Là je suis en train, par exemple de voir pour créer une nouvelle sorte de point d'accréditation. Tu vois, on doit avoir vingt points d'accréditation pour être accrédité chaque année, donc il doit un avoir X points pour l'éthique, X pour l'Économie. On aimerait très bien que la cellule environnement ait x points qui doivent être pris aussi dans la santé environnementale pour être accrédité. Puisque c'est vraiment une question de santé publique. »

Ils pensent qu'il faudrait **des sources fiables**, ils me parlent de la nécessité d'**établir des canevas, des guidelines**. Ils veulent savoir où trouver l'information. Ils pensent qu'il faudrait établir une **aide à la consultation** avec des **conseils pratiques** à donner directement aux patients.

MG9 : « Il serait bien de mettre en place un score pour savoir le risque du patient et ce qui serait bien également, c'est une aide à la consultation. Un genre de canevas avec les questions à poser au patient lors de l'anamnèse pour détecter le danger puis le risque. »

Ils pensent qu'il **faudrait libérer du temps** en consultation de médecine générale pour que **la prévention** en générale et en santé environnementale plus particulièrement prenne de la place. Ils soulignent le fait que l'acte intellectuel en médecine générale ne **soit pas rémunéré**. Un médecin me parle **du conseil minimal** à effectuer à chaque consultation. Un médecin souligne le fait qu'il faille **répéter les choses aux patients**.

MG6 : « Mais la prévention c'est quelque chose d'important, donc on doit pouvoir le faire dans certaines consultations. Profitez des consultations qui sont plus courtes de base ». « Il y a plus moyen d'aménager du temps pour la prévention. » « Ça vaut la peine quand même de répéter que ce n'est pas bon pour la santé. »

MG9 : « Et enfin, il faudrait que la prévention soit un acte rémunéré ou alors une obligation pour le médecin généraliste de savoir libérer du temps pour faire cette prévention. Parce que souvent les consultations s'enchainent surtout en épidémie de grippe ou de COVID. Peut-être que le médecin généraliste fasse le conseil minimal. »

Pour pouvoir libérer du temps pour la prévention, certains médecins généralistes me donnent l'idée de l'établissement d'un **code mutuelle** établi pour les actes de préventions, ou **pénaliser** les patients qui ne prennent pas en compte les actes de prévention.

MG4 : « Il faut mettre les moyens financiers tout d'abord, peut être que l'acte de prévention soit rémunéré par un code spécial. Mais également au niveau organisationnel, il faut se libérer du temps pour la formation et du temps pour aborder ce sujet avec nos patients. »

Ils pensent en majorité que certaines choses doivent être faites au **niveau politique**, par exemple mettre en place des **campagnes de santé publique** pour sensibiliser un publique à grande échelles. Certains médecins pensent que des mesures doivent être prises par l'état, par exemple **imposer des règles**, établir des lois qui obligeraient le patient à passer par un centre de prévention de santé environnementale. Ces centres permettraient aux patients d'avoir certaines informations, de faire du dépistage et un suivi. Il faut faire des semaines de prévention où des professionnelles de santé informent la population. Un médecin me dit qu'il faudrait que l'état impose, mette en place des lois.

MG1 : « A l'échelle individuelle, on peut tout faire, mais c'est à l'échelle de la société qu'il faut agir. Moi, je me suis souvent dit que l'état devrait imposer qu'on ne mange de la viande que deux fois par semaine. »

MG7 : « Par exemple, accorder les remboursements ou des remboursements préférentiels ou bien justement de pénaliser ceux qui ne qui font aucun effort de prévention. » »

MG3 : « ça passe plus par des campagnes de santé publique. »

Un médecin me parle de **créer une spécialisation** en santé environnementale pour les médecins, et que des médecins environnementaux soient dans des **centres de référence** pour établir une surveillance, le médecin généraliste réfèrerait ces patients vers les centres.

MG9 : « Puis il serait bien d'établir un réseau, savoir vers qui envoyer le patient, peut être créer des petits centres de références en santé environnementale avec des spécialistes du domaine afin de prodiguer des conseils, évaluer, et faire un suivi des analyses plus poussées

si nécessaire. » « créer des centres de références avec des spécialistes médecins ou toxicologues et que la que les remboursements soient complets. »

Ils sont une majorité à penser qu'il est indispensable que le médecin travaille en collaboration avec d'autres professionnels comme des ingénieurs, des infirmières en santé publiques, etc. Il faut viser une **interdisciplinarité**.

MG3 : « Développer vraiment la collaboration interprofessionnelle. »

Lors des consultations, certains médecins généralistes pensent que les médecins devraient **récolter des informations** sur l'exposition des patients, calculer des scores de risques pour pouvoir **faire des statistiques** à plus grande échelle. Il faudrait donc établir un score à effectuer lors des consultations.

MG9 : « Il serait bien aussi que les médecins recueillent les informations, peut-être de façon automatique avec l'établissement d'un score afin de faire des statistiques. »

Les médecins pensent que s'il y avait **certains marqueurs à doser**, que si les médecins savaient lesquels et qu'ils **seraient remboursés**, cela serait **plus facile de communiquer** sur le risque au patient, comme pour le cholestérol et le risque cardiovasculaire. D'autres médecins ne pensent pas qu'un marqueur serait utile pour la prévention.

Un médecin me parle qu'il serait bien d'avoir **des appareils de mesures** un peu comme la glycémie et le glucomètre, il pense que cela est un peu illusoire. Il pense qu'aller chez les gens et voir leur environnement est nécessaire.

MG9 : « A l'avenir, pourquoi pas avoir des appareils de mesures pour faire des prélèvements directs, comme la glycémie, mais bon c'est un peu utopique cela. »

Concernant les **outils pratiques**, certains médecins me parlent d'établir **des fiches information**. Un médecin me parle des fiches info de la SSMG, il faudrait développer cet outil. Il faut des **articles simplifiés** accessibles aux patients et aux médecins.

MG2 : « Déjà écrire un article simplifié dans la revue de médecine générale. Au sein de la SSMG, dans la cellule de l'environnement, on fait des fiches INFO. »

MG6 : « Pour pouvoir en parler avec le patient, moi, je pense à des brochures, ça peut toujours être utile pour donner aux patients. Oui. Savoir communiquer avec le patient. Du coup, il existe des ambulances vertes, utiliser ce système pour faire des mesures dans leur domicile. Pour analyser ce qu'il se passe. »

D'autres médecins pensent qu'il faut mettre **des flyers ou des affiches** dans la salle d'attente pour inviter les patients à en parler à leur médecin, tandis que certains médecins pensent que les flyers n'auront aucuns impacts. Il pense que cela aurait plus d'impact de mettre en place des **campagnes de sensibilisation, des journées de l'environnement** où des

infirmières de santé publique diffuseraient l'information. Il faut être prudent dans la manière dont on présente les choses.

MG2 : « pour les flyers, il faut être très prudent dans la manière dont on présente les choses. »

MG8 : « Comme je l'ai dit via des affiches, via des questionnaires adaptés. Des campagnes de prévention. »

MG3 : « Par rapport à la communication, il y a 2 choses. Premièrement, c'est que ça va bousculer les habitudes et ça va demander un changement de comportement. Maintenant pour moi. Tu vois l'alcool ou la cigarette, il y a 30 ans, c'était vraiment normal. Je pense que les médecins n'en parlaient pas forcément et aujourd'hui, on va faire le Conseil minimal à chaque consultation. On va encourager les patients à se sevrer. »

Certains médecins me parlent de l'importance de communiquer et de travailler avec les **ambulances vertes**.

d) Type de formation à établir pour les médecins généralistes :

Les médecins interrogés pensent qu'il faudrait mettre la santé environnementale au sein **du cursus de base**, durant le bachelier ou le master de médecine, certains évoquent le fait qu'il faudrait mettre un **cours à part entière** dédié à la médecine environnementale, à même titre que la cardiologie ou la pneumologie. Ils soulignent le fait que les informations transmises aux médecins doivent **être répétées** dans le temps afin de consolider les connaissances.

MG4 : « En formation continue, une formation plutôt courte et répétée, en e-learning par exemple, accessible quand on a le temps. Mais je pense qu'on devrait également en parler plus lors de notre formation de base de médecine. »

MG8 : « Au sein du cursus de base, en master faire un cours à même titre qu'un autre cours d'infectiologie, ou de médecine générale. Puis en continu, pour nous donner des astuces, des conseils pour parler avec les patients, nous informer sur les nouveautés, les nouvelles recherches. Nous fournir des protocoles conseillés à suivre. »

Un médecin souligne le fait qu'il faut que le médecin apprenne surtout **des compétences** qu'ils utiliseraient comme des outils au quotidien lors des consultations. Il faut développer un **discours commun** afin de travailler de façon interdisciplinaire.

MG3 : « Je pense que le plus important, c'est vraiment d'apprendre des compétences qu'on va pouvoir utiliser comme des outils tout au long de la carrière. » « C'est développer des

compétences écosystémiques, donc vraiment sortir de cette logique biomédicale où on a un symptôme, lié à une seule cause, donc vraiment avoir une vue beaucoup plus large. »

La majorité des médecins évoquent le fait qu'il faudrait également renforcer les connaissances avec des **formations continues**. Ils pensent que les formations devraient être **interactives**. Un médecin me parle de la formation soignant relais de la SSMG et souligne le fait qu'il soit bien qu'il y ait un **e-learning** à suivre avant la journée de formation afin de poser certaines bases et de rendre le plus possible la **formation interactive**. Ils demandent **des cas pratiques** afin de savoir mieux transposer les connaissances à leur pratique.

MG3 : « Les points positifs, c'est qu'elle est interactive, j'espère. Et qu'il y a un e-learning avant de faire la formation. »

MG1 : « Par rapport à la formation continue que j'ai fait, j'ai bien apprécié les slides sur la femme enceinte. Des outils pratiques, des informations pratiques à donner directement aux patients. »

Ils soulignent le fait qu'il faut lors des formations continues, que des choses claires soient transmises, des **informations pratiques** à directement donner au patient. Ils cherchent des **outils pratiques** à utiliser directement lors des consultations en médecine générale.

MG3 : « Le plus important, c'est qu'on ait des connaissances de base et surtout, comme je te dis des compétences qu'on peut utiliser parce que les connaissances vont continuer à évoluer, donc vraiment avoir des messages clés, des choses pratiques à transmettre aux patients. »

Ils pensent qu'il faudrait également faire appel à des experts lors **des GLEM** pour transmettre l'information aux médecins généralistes.

MG5 : « Il faudrait en e-learning, ou pendant les GLEM mais il faut répéter les choses. »

Certains médecins pensent que les formations continues devraient être **obligatoires**, ou au moins prévoir **des points d'accréditation** pour les formations afin d'inciter les médecins à les suivre.

MG4 : « Une accréditation devrait être recommandée pour la formation, pour pousser les médecins à la suivre. »

Les médecins qui ont suivi une formation, notamment la formation de la SSMG soignant relais, pensent qu'après la formation ils se sentent **plus capables de parler** et de communiquer sur le sujet avec le patient, ils se sentent plus **légitimes**.

MG3 : « Ben ce que la formation a changé dans ma pratique, c'est que j'ai appris plein de choses donc je peux encore mieux parler à mes patients mieux les sensibiliser. Et puis je peux légitimer cette formation, en disant à mes patients que je suis en formation. »

Un médecin me fait part qu'il pense qu'à l'avenir il faudrait créer **une spécialité de médecine environnementale**.

MG9 : « Donc je pense que la formation qui serait bien de mettre en place c'est au sein du cursus de base, à même titre qu'apprendre la cardiologie ou la pneumologie on aurait un cours sur la santé environnemental et même créer une spécialité. »

Un médecin explique ce qui existe déjà actuellement, comme formation. Il me parle de certificat universitaire dispensé par l'université de Liège et de l'Université Libre de Bruxelles. Il souligne le fait que dans le **cadre du plan national belge** de l'environnement et santé (**NEHAP**), la formation des professionnels de la santé en santé environnementale est une des priorités.

MG9 : « Dans le cadre du plan national belge environnement et santé NEHAP, la formation des professionnels de la santé en santé environnementale fait partie des priorités. »

6) Discussion et pistes de réflexion :

a) Limites et forces de l'étude :

La méthode qualitative me semble la méthode la plus adéquate vu qu'elle permet de répondre à la question de recherche émise au départ. Cependant, nous retrouvons plusieurs biais. Premièrement le **biais de recrutement, sélection et biais de volontariat**, j'ai recruté les participants par email, d'une part via les réseaux sociaux afin de toucher des assistants et d'autre part via les adresses mails des anciens participants à la formation soignant relais de la SSMG. Ils n'ont pas tous répondu par l'affirmative ce qui nous conduit au premier biais, car ceux qui ont répondu positivement sont donc les médecins qui montrent de l'intérêt pour ce sujet, ils se sont tous portés volontaires. J'ai recruté les participants durant la période hivernale, peut-être que certains médecins étaient surchargés et avaient peut-être moins le temps de répondre à l'enquête.

Deuxièmement, le **biais lié au questionnaire, de mesure**. Dans mon questionnaire, j'ai essayé dans la mesure du possible d'émettre des questions ouvertes et de ne pas donner ou d'induire un avis. Cependant, il est à noter que des questions plus fermées ont été émises, en essayant toute fois le plus possible de laisser la place à l'argumentation.

Troisièmement, il y a le **biais d'interprétation ou de surinterprétation**. Pour l'analyse des données, j'ai utilisé la méthode thématique, j'ai donc sélectionné des codes et classer par thème puis lis des liens entre ceux-ci. Il y a donc une place pour une possible interprétation ou même à une généralisation abusive de ce qui a été dit par les médecins

interrogés. Nous sommes tentés de donner sa propre interprétation, de chercher le sens caché des choses dites. Pour inviter cela, il faudrait soumettre la discussion à un de nos pères.

Et Quatrièmement et pour finir, **les biais d'induction et de confirmation**. J'ai eu 9 interviews qui est pour moi un nombre satisfaisant mais non suffisant afin de le généraliser à une population générale et j'ai été la seule personnes à relire et confirmer ma méthode d'analyse.

Concernant les forces de ce TFE, je pense avoir **bien sondé** le panel de personnes interviewées et je pense avoir atteint une certaine saturation des données car les réponses que j'ai obtenue ont été à la fois variées, enrichissantes et permettant d'ouvrir de nombreuses questions et perspectives d'avenir mais se recoupaient afin de former un ensemble harmonieux. Je pense avoir obtenu une **hétérogénéité des personnes interrogées**, il y avait des personnes provenant de diverses régions francophones de Belgique et un nombre proportionnellement intéressant de médecin sénior et assistant. Je suis contente quant aux résultats obtenus, car cela ouvre à de nombreuses pistes de réflexion.

b) Législation et rôle du médecin :

Afin de définir le rôle du médecin généraliste et de la société dans la prévention en santé environnementale, commençons par définir la **santé environnementale** dont la définition a été introduite en 1994 par l'OMS : « La santé environnementale comprend les aspects de la santé humaine, y compris la qualité de la vie, qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre environnement. Elle concerne également la politique et les pratiques de gestion, de résorption, de contrôle et de prévention des facteurs environnementaux susceptibles d'affecter la santé des générations actuelles et futures »²⁴. On peut déjà apercevoir le rôle nécessaire du politique. Nous pouvons également définir le **concept ONE Health** qui a été abordé par un médecin interrogé. Le principe « une seule santé » est une approche intégrée et unificatrice visant à optimiser la santé des personnes, des écosystèmes et des animaux de façon concomitante et durable. Afin d'atteindre cet objectif, diverses disciplines devront travailler main dans la main afin de viser le bien-être et de lutter contre les menaces pour la santé et les écosystèmes. D'autres objectifs font partie de cette approche intégrée, comme par exemple l'apport d'eau potable, d'un air non pollué et pur et de l'énergie durable ²⁵.

Concernant la législation, nous pouvons nous reposer sur la convention **d'Aarhus**, transposée au niveau Européen dans la **directive 2003/4/CE** du parlement européen et du conseil sur l'accès aux informations environnementales. Il existe la **loi du 5 aout 2006** en lien

avec l'accès du public à l'information en matière d'environnement. Il existe également la loi du **22 Aout 2002**, qui stipule que le patient doit recevoir tous les renseignements nécessaires à la compréhension de son état de santé et de l'évolution probable de celui-ci. Nos patients sont donc dans le droit d'être informés. Et en quelques sortes, le médecin a le devoir de transmettre les informations utiles à la santé du patient. Mais il existe également, comme parlé dans les interviews, un rôle gouvernemental dans cette problématique²⁶. Dans les polluants atmosphériques, douze polluants sont réglementés au niveau Européen et sont soumis à des normes de concentrations maximales, des valeurs limites journalières dans l'air afin de protéger la population d'effets néfastes. Ils répondent aux **directives 2008/50/CE** pour les oxydes d'azote (NO₂), le dioxyde de soufre (SO₂), les particules fines (PM_{2,5}, le PM₁₀), le monoxyde de carbone (CO), le benzène et l'ozone(O₃) et aux **directives 2004/107/CE** pour l'arsenic, le cadmium, le nickel, les HAP. Le **règlement européen (CE) n°715/2007** relatif aux **normes Euro 5 et Euro 6** dicte les limites concernant les émissions des polluants comme les oxydes d'azote pour les véhicules²⁷. La **directive cadre Air** de la communauté européenne a mis en avant certaines exigences en vue de l'amélioration de la qualité de l'air ambiant et des mesures à prendre par les états membres en cas de dépassement des valeurs limites, régit par l'article 7 de la **directive 96/62/CE**²⁷. L'Europe met donc en place une législation afin d'évaluer la qualité de l'air, d'obtenir des informations sur celle-ci, de fixer des objectifs clairs pour minimiser les conséquences néfastes de cette pollution sur la santé et l'environnement et à mettre à disposition ses informations au grand public. Il existe une **agence européenne pour l'environnement**. A côté des normes imposés par l'Europe, l'**OMS** définit des valeurs guides concernant certains polluants dont seuls les critères de santé sont pris en compte dans l'établissement des valeurs, et seraient donc plus sévères. A côté de cela, il y a également des choses mises en place et règlementées au niveau national en Belgique avec le **plan national d'adaptation** avec le site « **adapt2Climate.be** » **développé par la commission National Climat** et des réglementation et des projets mis en place au niveau régional avec à Bruxelles, **la cellule Bruxelles-Environnement**, en Flandre, l'**agence flamande pour l'environnement** et en Wallonie, l'**agence Wallonne de l'Air et du Climat (AwAc)** avec l'**IssEp** (Institut scientifique Wallon de surveillance, de sûreté et de recherche et développement) qui collectent des données afin de proposer des mesures d'interventions appropriées. Afin de mesurer la qualité de l'air, il existe l'indice de qualité de l'air, le **BELAQI** (Belgian Airquality Index)³⁰. En France, les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (**AASQA**) calculent l'**indice ATMO**, qui est un indicateur de la qualité de

l'air journalière établi à partir de calculs sur les concentrations des polluants réglementés dans l'air. Les gens peuvent donc adapter leurs activités en fonction de cela²⁴.

Il existe une application à télécharger gratuitement, **l'IQAIR** afin de savoir l'indice de la qualité de l'air de notre région. Cet indice permet de communiquer et de rendre l'information plus accessible au public. Nous avons remarqué que 80 moniteurs répartis sur 24 stations mesurent en temps réel le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, l'ozone, le monoxyde de carbone, les particules en suspension (PM10 et PM 2,5) et le carbone noir, d'autres polluants sont mesurés en temps différés, et donc prélevés et analysés en laboratoire, notamment pour les composés organiques volatils, les HAP, les métaux²⁴.

En Belgique, il existe le **plan national environnement et santé (NEHAP)** élaboré par les autorités fédérales, les régions et les communautés à l'initiative de l'OMS, ils ont créé une cellule environnement et santé publique, et ont pour objectif d'intégrer les données existantes dans une banque de données afin de mieux harmoniser la recherche scientifique. Il y a également l'ambition de « **zéro pollution** » pour 2050. Cela passe par des objectifs à atteindre pour 2030 afin de viser une réduction de la pollution. Il existe un plan d'action mis en place en cas de pic de pollution par les poussières fines, adopté par le gouvernement wallon le 17 juillet 2008. C'est l'**AwAC** qui gère les alertes pollutions en collaborant avec les **Centre Régional de Crise (CRC)** et la **Cellule inter-régionale de l'Environnement (CELINE)**²⁶.

Des **stratégies internationales** pour favoriser un développement durable de la planète existent, en septembre 2015, un programme (agenda 2030) a été adopté par 193 états membres de l'ONU. Il y a 17 objectifs de développement durable et 169 sous-objectifs qui ont été mis en place, on retrouve dans le haut de la liste des priorités l'objectif « bonne santé et bien-être »²⁴. En France, des missions, en adéquation avec la loi HPST (Hôpital, patients, santé et territoire) ont déjà été attribuées aux divers professionnels de santé pour intégrer la santé environnementale au cœur des plans de soins²⁴.

Malgré les mesures mises en place, il reste des choses à faire pour protéger la population. Dans une étude sur la pollution à Charleroi, monsieur Versporten met en avant que sur un total de 41 stations de mesures du PM 10, 76% des stations (31/41) montrent un dépassement des mesures en ce qui concerne les PM10 en 2006, soit plus de 35 fois la valeur limite dépassée journalière par an pour une norme autorisée de 50 µg/m³²⁸. A Marchiennes au Pont, l'étude met en évidence un nombre élevé de dépassements journaliers de >50 µg/m³ et des moyennes annuelles également dépassées (>40 µg/m³) pour les PM10. Il nous fait remarquer qu'à Charleroi, l'industrie métallurgique est placée au centre de la ville, ce qui pourrait contribuer fortement à la pollution de l'air par PM10 selon le modèle RIO.

c) *Prévention pour tous, cibler une population à risque ?*

Avant tout, nous pouvons définir la notion d'**exposome** qui a été introduite par Christophe Wild en 2005 : « l'exposome recouvre la totalité des expositions, qu'elles soient de source interne ou externe, notamment les agents chimiques, biologiques, les radiations, que connaît un être humain depuis sa conception et tout au long de sa vie »²⁴. Donc identifier des déterminants pouvant induire une modification de la santé, repose sur cette notion d'exposome. Ensuite, nous pouvons nous poser la question des populations vulnérables à risque d'exposition, comme des nombreux médecins en ont parlé dans les interviews. Pour cela, nous pouvons définir le concept de **DOHaD** qui indique qu'il y aurait un rôle des facteurs environnementaux durant l'exposition prénatale et périnatale sur les maladies chroniques au cours de la vie²⁴, cela rejoint le concept des **1000 jours** correspondant aux 270 jours de la vie intra utérine et aux deux premières années de la vie de l'enfant qui serait une forte période de vulnérabilité aux polluants. Les inégalités environnementales peuvent être liées à deux dimensions qui sont d'une part les inégalité d'exposition en relation avec la répartition géographique des nuisances environnementales et d'autres part, les inégalités de vulnérabilité qui sont en relation avec les pathologies chroniques préexistantes à l'exposition, les périodes de sensibilité de la vie où le risque est majoré (petite enfance, grossesse et âge avancé), et enfin les expositions cumulées et de longues durées²⁴.

d) *Formations disponibles :*

Concernant les **formations possibles** en Belgique, la **cellule environnement** de la SSMG vise à promouvoir une diffusion d'informations sur le lien entre la qualité de l'environnement et la santé auprès de professionnel de santé. Cette cellule est en train *promouvoir une formation* lors de cursus universitaire et postuniversitaire pour les médecins généralistes. Ils ont un *projet de création d'une spécialité* en médecine environnementale. Ils aimeraient introduire des items de santé environnementale dans le DMI (dossier médical informatisé). Ils aimeraient recueillir des informations de santé publique sur certaines expositions environnementales et également des informations venant des médecins généralistes. Il existe **des fiches informations** aux patients, des aides à la consultation, la cellule transmettra des informations claires et scientifiquement validées pour que les généralistes puissent en parler avec ses patients. On peut retrouver toutes les informations nécessaires sur le site « **SSMG.be/environnement** ». La mise en place **d'e-learning** et la réalisation d'un inventaire des formations existantes à ce sujet en Europe et dans les pays industrialisés tel que le Canada et les États-Unis. La cellule Nationale Environnement-Santé,

faisant partie de plan NEHPA a mis en place des colloques. Ils ont récemment étudié et examiné comment mettre en place une formation de base, une formation continue et des certificats en santé environnementale. Sur le site « **NEHAP.be** », on peut retrouver des rubriques donnant des conseils pour minimiser notre exposition environnementale. Il existe **deux certificats universitaires**, un proposé par l'Université de Liège et un autre proposé par l'Université Libre de Bruxelles où une enquête préalable avait été faite auprès des professionnels de santé qui mettait en avant le souhait de la mise en place d'une formation sous forme de certificat universitaire. Il existe la formation *soignant-relais* proposés par la SSMG et le projet « **Teach the teacher** » développé dans le cadre du projet « *UCLouvain en transition* » afin de préparer les futurs soignants au défi écologique de demain de permettre d'inclure ces notions dans l'ensemble du programme de bachelier de l'université. On peut retrouver toutes les informations complémentaires sur le site « **uclouvain.be/teach-the-teacher** ».

Il existe également, le **projet ONCO-TRA.bru** qui prévoit le développement d'une plateforme de formations continues dans le domaine de la cancérologie et des liens qui existent avec l'exposition environnementale. Un projet plus ambitieux d'une création de spécialité médicale en médecine environnementale est lancé.

Un **projet pilote** de sciences participatives est également lancé pour les écoles fin mai 2023, afin d'étudier et déterminer la pollution atmosphérique grâce à des capteurs « **influenc'air** »²⁹.

e) *Outils disponibles :*

Concernant **les outils disponibles**, sur le site de la SSMG, il parlait également de **l'outil squatte** qui est un outil permettant de faire le lien entre les problèmes de santé et l'environnement au sein du cabinet de médecine générale. Il se base sur le modèle SOAP permettant de repérer le polluant suspect, de cibler les questions à poser sur l'habitation, l'environnement et de mettre en place une analyse de la situation et un traitement. Il existe **la Checklist scol'air** pour les médecins scolaires qui permettrait de faire un inventaire sur les choses auxquelles il faut être attentif lors d'une visite des lieux de travail, de l'école, comme la ventilation, humidité, amiante mais aussi pour les consultations, sur la répétition de certains symptômes qui pourrait être lié à l'environnement.

Un autre outil, également disponible est le « **wallonair** » qui est un site qui récolte des données objectives de la pollution de l'air en Wallonie³⁰.

f) Pistes pour l'avenir :

Une des pistes proposées que j'aimerais soulever est le fait que la prévention n'est pas rémunérée et que les médecins généralistes manquent souvent de temps lors de leurs consultations. Une des pistes proposées est la création d'une part d'un code mutuel pour la prévention. Les médecins interrogés souhaitent inclure de façon obligatoire des notions de santé environnementale au sein du cursus de base et mettre en place une formation continue avec des points d'accréditation pour que les médecins aient plus envie de suivre des formations continues en santé environnementale. Une autre piste à envisager pour le suivi des patients quant aux expositions environnementales est la création de centre de prévention avec des médecins environnementaux pour suivre la pollution et mesurer le risque de leur exposition.

7) Conclusion :

Les médecins généralistes interrogés pensent à l'unanimité qu'ils ne se sentent pas assez formés pour sur le lien entre les maladies neurodégénératives et la pollution atmosphérique. Les médecins formés en santé environnementale disent connaître des bases théoriques en santé environnementale et en parlent lors de leur consultation de façon plus systématique que les autres médecins sans formation et non sensibilisés qui eux se sentent totalement perdus. La majorité des médecins pensent qu'il s'agit d'un domaine encore nouveau en médecine et qu'il n'y a pas encore de protocoles bien établis. Ils soulignent le fait que la prévention n'est pas rémunérée et qu'ils manquent de temps pour en parler lors de leurs consultations. Le médecin généraliste a un rôle à jouer dans cette problématique mais il doit collaborer avec d'autres professionnels, le tout soutenu par les autorités publiques. Ils souhaitent, pour la majorité plus de formation en santé environnementale. Ils souhaitent une formation en santé environnementale au sein de leur cursus de base, consolidée par des formations continues, interactives où des outils pratiques leur sont donnés. Certaines choses ont déjà été mises en place, comme le plan NEHPA, d'autres se développent comme des formations ou des certificats mais le médecin généraliste devra rester attentif à cette problématique et s'y former s'il veut prévenir certaines maladies dans un monde où la pollution atmosphérique touche tout un chacun. La médecine environnementale devra mettre en œuvre des thérapeutiques traitant les causes réelles et non pas les effets symptomatiques.

8) Bibliographie :

1. Fu, P. & Yung, K. K. L. Air Pollution and Alzheimer's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Alzheimers Dis* **77**, 701–714 (2020).
2. Costa, L. G. *et al.* Effects of air pollution on the nervous system and its possible role in neurodevelopmental and neurodegenerative disorders. *Pharmacol Ther* **210**, 107523 (2020).
3. Shi, J.-Q. *et al.* NLRP3 Inflammasome: A Potential Therapeutic Target in Fine Particulate Matter-Induced Neuroinflammation in Alzheimer's Disease. *J Alzheimers Dis* **77**, 923–934 (2020).
4. Numan, M. S., Brown, J. P. & Michou, L. Impact of air pollutants on oxidative stress in common autophagy-mediated aging diseases. *Int J Environ Res Public Health* **12**, 2289–2305 (2015).
5. Calderón-Garcidueñas, L. *et al.* Alzheimer disease starts in childhood in polluted Metropolitan Mexico City. A major health crisis in progress. *Environ Res* **183**, 109137 (2020).
6. Heusinkveld, H. J. *et al.* Neurodegenerative and neurological disorders by small inhaled particles. *Neurotoxicology* **56**, 94–106 (2016).
7. Calderón-Garcidueñas, L., Kulesza, R. J., Doty, R. L., D'Angiulli, A. & Torres-Jardón, R. Megacities air pollution problems: Mexico City Metropolitan Area critical issues on the central nervous system pediatric impact. *Environ. Res.* **137**, 157–169 (2015).
8. Wang, Y., Xiong, L. & Tang, M. Toxicity of inhaled particulate matter on the central nervous system: neuroinflammation, neuropsychological effects and neurodegenerative disease. *J Appl Toxicol* **37**, 644–667 (2017).

9. Maher, B. A. Airborne Magnetite- and Iron-Rich Pollution Nanoparticles: Potential Neurotoxicants and Environmental Risk Factors for Neurodegenerative Disease, Including Alzheimer's Disease. *J Alzheimers Dis* **71**, 361–375 (2019).
10. Jayaraj, R. L., Rodriguez, E. A., Wang, Y. & Block, M. L. Outdoor Ambient Air Pollution and Neurodegenerative Diseases: the Neuroinflammation Hypothesis. *Curr Environ Health Rep* **4**, 166–179 (2017).
11. Kritikos, M., Gandy, S. E., Meliker, J. R., Luft, B. J. & Clouston, S. A. P. Acute versus Chronic Exposures to Inhaled Particulate Matter and Neurocognitive Dysfunction: Pathways to Alzheimer's Disease or a Related Dementia. *J Alzheimers Dis* **78**, 871–886 (2020).
12. Croze, M. L. & Zimmer, L. Ozone Atmospheric Pollution and Alzheimer's Disease: From Epidemiological Facts to Molecular Mechanisms. *J Alzheimers Dis* **62**, 503–522 (2018).
13. Kanninen, K. M. *et al.* Olfactory cell cultures to investigate health effects of air pollution exposure: Implications for neurodegeneration. *Neurochem Int* **136**, 104729 (2020).
14. Mansour, Y., Blackburn, K., González-González, L. O., Calderón-Garcidueñas, L. & Kulesza, R. J. Auditory Brainstem Dysfunction, Non-Invasive Biomarkers for Early Diagnosis and Monitoring of Alzheimer's Disease in Young Urban Residents Exposed to Air Pollution. *J Alzheimers Dis* **67**, 1147–1155 (2019).
15. Kilian, J. & Kitazawa, M. The emerging risk of exposure to air pollution on cognitive decline and Alzheimer's disease - Evidence from epidemiological and animal studies. *Biomed J* **41**, 141–162 (2018).
16. Tsai, T.-L. *et al.* Fine particulate matter is a potential determinant of Alzheimer's disease: A systemic review and meta-analysis. *Environ Res* **177**, 108638 (2019).
17. La revue prescrire. La pollution atmosphérique, possible facteur aggravant des maladies neurodégénérative. **tome 41 N°453**, (2021).

18. Kasdagli, M.-I., Katsouyanni, K., Dimakopoulou, K. & Samoli, E. Air pollution and Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis up to 2018. *Int J Hyg Environ Health* **222**, 402–409 (2019).
19. Tham, R. & Schikowski, T. The Role of Traffic-Related Air Pollution on Neurodegenerative Diseases in Older People: An Epidemiological Perspective. *J Alzheimers Dis* **79**, 949–959 (2021).
21. Hu, C.-Y. *et al.* Association between ambient air pollution and Parkinson's disease: Systematic review and meta-analysis. *Environ Res* **168**, 448–459 (2019).
22. Wang, Y., Liu, Y. & Yan, H. Effect of long-term particulate matter exposure on Parkinson's risk. *Environ Geochem Health* **42**, 2265–2275 (2020).
23. Palacios, N. Air pollution and Parkinson's disease - evidence and future directions. *Rev Environ Health* **32**, 303–313 (2017).
24. FunMooc, UBordeaux. MOOC: 'santé environnementale.' (2023).
25. FAO, OIE, OMS et PNUE. Le Groupe tripartite et le PNUE valident la définition du principe « Une seule santé » formulée par l'OHHLEP. (2021).
26. SPF Santé Public. Environnement-Santé: Pour une approche cohérente, à tous niveaux. <https://www.health.belgium.be/fr>. (2016).
27. Eur_Lex.Europa. Droit des patients et directives sur la pollution de l'air? '<https://eur-lex.europa.eu/search.html?scope=EURLEX&text=pollution&lang=en&type=quick&qid=1678047962763>'. (2023).
28. Versporten. La pollution de l'air par les particules en suspension Impact sur la santé de la population de la ville et l'arrondissement de Charleroi. (2007).
29. Agnan Y, Mai 23 | Évaluez la qualité de l'air ! (Charleroi) <https://uclouvain.be/fr/sites/mons/mai-23-evaluez-la-qualite-de-l-air-charleroi.html>. (2023).

30. Tellier, C. Wallonair, le nouveau site qui indique la qualité de l'air de votre commune.
(2021).