



# LES ENJEUX DE LA POLLUTION

PRINCIPAUX POLLUANTS EXTÉRIEURS ET INTÉRIEURS ET  
LEUR IMPACT SUR LA SANTÉ ET LA MORTALITÉ MONDIALES

[Résumé]

## LES ENJEUX DE LA POLLUTION

Principaux Polluants Extérieurs et Intérieurs et  
leur Impact sur la Santé et la Mortalité Mondiales

Mars 2025

Jean-François Lesgards, Ph.D.



# TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>2. IMPACT GLOBAL DE LA POLLUTION (MORTALITÉ MONDIALE)</b>	<b>4</b>
<b>3. QUEL SONT LES POLLUANTS MAJEURS ET LEURS EFFETS SUR LA SANTÉ ?</b>	<b>5</b>
3.1. GAZ : NATURE, SOURCES ET MÉCANISMES DE TOXICITÉ CHEZ L'HOMME	5
3.2. PARTICULES FINES : NATURE, SOURCES ET MÉCANISMES DE TOXICITÉ CHEZ L'HOMME	8
3.3. LES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (VOCS)	9
<b>4. AUTRES CONTAMINANTS : NATURE, SOURCES ET MÉCANISMES DE TOXICITÉ CHEZ L'HOMME</b>	<b>10</b>
4.1. AMIANTE	11
4.2. PLOMB	11
4.3. SILICE	11
4.4. FUMÉE DE BOIS	12
4.5. CHAMPIGNONS ET BACTÉRIES	12
<b>5. POLLUTION EXTÉRIEURE (OUTDOOR) ET INTÉRIEURE (INDOOR)</b>	<b>13</b>
<b>6. LIGNES DIRECTRICES (GUIDELINES) MONDIALES SUR LA QUALITE DE L'AIR (OMS ET AUTRES)</b>	<b>13</b>
<b>7. MÉCANISMES DE RÉGULATION : « PRINCIPE DU POLLUEUR-PAYEUR (PPP) » ET LÉGISLATION</b>	<b>16</b>
<b>8. LA QUESTION DES ZONE À FAIBLES ÉMISSIONS MOBILITÉ (ZFES)</b>	<b>18</b>
8.1. ÉVOLUTION DE L'ÂGE MOYEN DES VÉHICULES	20
8.2. BASES RÉGLEMENTAIRES FRANÇAISES ET UE POUR ÉTABLISSEMENT DE ZFES	21
8.3. LES NORMES EURO	23
8.4. L'EXEMPLE DES ULTRA LOW EMISSION ZONE EN ANGLETERRE (ULEZ; ÉQUIVALENT DES ZFES)	24
8.5. DISCUSSION	26
<b>9. SOLUTIONS DE BON SENS ET CONCLUSION</b>	<b>28</b>



# PRÉSENTATION DU RAPPORT

*de Jean-François Lesgards*  
Chimie/Biochimie PhD

Dans le contexte des enjeux de santé humaine liés à l'environnement, sujet plus d'actualité que jamais, [BonSens.org](https://bonsens.org) vous propose, comme nous l'avons fait durant toute la période du COVID, de vous apporter des informations issues d'une science indépendante, basée sur des études, publications et rapports les plus objectifs possibles et sans conflits d'intérêts, afin que vous puissiez vous faire votre propre avis.

En ce qui concerne l'influence de l'environnement sur l'homme, il nous semble que les 2 sujets clés sont la pollution de l'air (par l'activité humaine et naturelle) ainsi que le réchauffement climatique, devenu changement climatique, de sa mesure et de la participation de l'activité humaine dans ce phénomène.

Nous proposons ici un premier volet centré sur la pollution de l'air extérieur et intérieur (souvent moins évoqué), un problème majeur de santé, connu depuis des siècles mais dont la quantification dans l'air et les effets chez l'Homme sont mieux compris et décrits médicalement ainsi que pris en compte dans les politiques de santé, seulement depuis des décennies.

Nous présentons ici, une revue des principaux polluants et contaminants de l'air extérieur et intérieur, et de leur impact sur la santé et la mortalité dans le monde.

Nous y détaillons la nature et la source des polluants et contaminants principaux, leurs effets physiologiques sur l'organisme humain et l'impact sur la population mondiale ainsi que les solutions scientifiques déjà apportées et en cours de développement pour diminuer la pollution de l'air et son impact sur la santé. Les politiques de santé et aspects légaux associées (dont la loi pollueur-payeur) et la question des Zone à Faibles Émissions (ZFEs) sont aussi abordées.



# RÉSUMÉ DU RAPPORT

## 1. INTRODUCTION

La pollution de l'air (ou pollution atmosphérique) est une altération de la qualité de l'air pouvant être caractérisée par des mesures de polluants chimiques, biologiques ou physiques (appelés « aérocontaminants »). Elle peut avoir des conséquences préjudiciables à la santé humaine, aux êtres vivants, au climat, ou aux biens matériels. La contamination d'un corps humain est l'exposition répétée et involontaire à une substance dont la toxicité est dérivée de sa composition chimique [ <sup>1</sup> ].

Comme la pollution est subie, c'est le contraire d'un traitement médical, par exemple, qu'un individu absorbe de son plein gré après un diagnostic médical qui comprend une analyse des effets secondaires et comorbidités par un professionnel qualifié et autorisé, comme un médecin. Le concept d'absorption volontaire ou involontaire est un élément primordial à prendre en considération par les régulateurs et les décideurs politiques.

## 2. IMPACT GLOBAL DE LA POLLUTION (MORTALITÉ MONDIALE)

Aujourd'hui, la pollution tue prématurément entre 6 et plus de 8 millions de personnes chaque année dans le monde [ <sup>2</sup> ] et semble aussi être liée à une baisse de la fertilité.

Ces chiffres sont établis par de grandes études dont des études sur la « charge mondiale de morbidité » et sont confirmés par l'OMS. C'est supérieur à d'autres causes de mortalité comme les régimes riches en sodium (environ 4,1 millions), obésité (environ 4,0 millions), consommation d'alcool (environ 2,3 millions), accidents de la route (environ 1,4 million) ou malnutrition infantile et maternelle (environ 1,4 million). La pollution est également responsable de trois fois plus de décès que le sida, la tuberculose et le paludisme réunis et de près de 15 fois plus de décès que la guerre et toutes les formes de violence.

Aussi, si 3,6 milliards de personnes vivent dans des zones sensibles au réchauffement climatique ou changement climatique et qu'on estime que celui-ci a causé 166 000 décès par an entre 2000 et 2024 (les températures froides tuent plus que les températures chaudes) et pourrait atteindre 250 000 décès entre 2030 et 2050, la pollution tue 30 à 50 fois plus que le changement climatique. La pollution devrait donc être une priorité par rapport au changement climatique alors même que nous observons clairement un glissement de ce problème de la pollution vers le réchauffement climatique/changement climatique impulsé par les politiques et les médias grand public.

---

<sup>1</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Pollution\\_de\\_l%27air](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pollution_de_l%27air)

<sup>2</sup> <https://unric.org/fr/pollution-de-lair-quand-respirer-peut-tuer/>



### 3. QUEL SONT LES POLLUANTS MAJEURS ET LEURS EFFETS SUR LA SANTÉ ?

Les 2 types de polluants majeurs sont des gaz d'une part et des particules en suspension d'autre part, en particulier les particules fines appelées communément « particulate matter » en anglais (PMs).

Il existe aussi d'autres contaminants comme l'amiante, le plomb, la silice ainsi que différents champignons et bactéries pouvant être en suspension dans l'air.



Licence Envato par CreativeNature\_nl

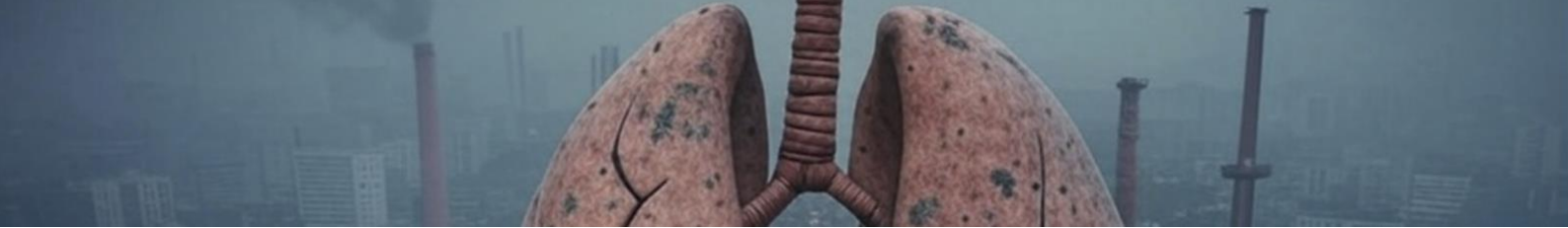
#### 3.1. GAZ : NATURE, SOURCES ET MÉCANISMES DE TOXICITÉ CHEZ L'HOMME

Les principaux gaz polluants dans l'air que nous respirons, sont le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et l'ozone ( $\text{O}_3$ ) et monoxyde de carbone ( $\text{CO}$ ).

##### ● $\text{SO}_2$

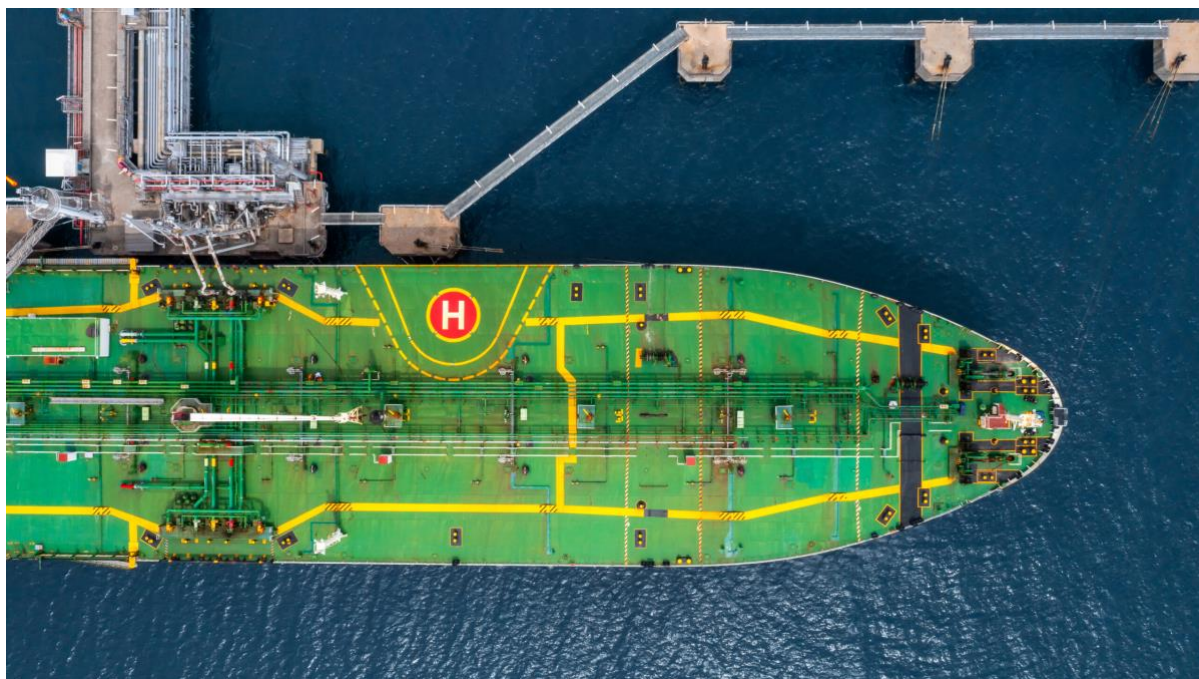
**Le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ )** est un gaz incolore irritant, indicateur du groupe plus large des oxydes de soufre gazeux ( $\text{SO}_x$ ).

Le  $\text{SO}_2$  est principalement émis par la combustion du charbon pour la production d'électricité et les industries (36 %), par le raffinage ou la combustion du pétrole et du gaz (21 %) et par les fonderies pour extraire le métal du minerai (12 %). D'autres industries produisent du  $\text{SO}_2$  comme la fabrication de papier et la fabrication de



produits en caoutchouc. D'autres sources anthropiques sont les locomotives, les navires et autres véhicules ou équipements lourds qui brûlent du carburant à forte teneur en soufre. Une réglementation récente (2020) introduite par l'Organisation maritime internationale (OMI) imposant des limites strictes à la teneur en soufre des carburants marins (pourcentage maximal de soufre abaissé de 3,5 % à 0,5 %), pour tous les navires opérant dans le monde, semble porter ses fruits. Les volcans, qui sont la seule source naturelle majeure de SO<sub>2</sub>, représentant presque un tiers (31 %) des émissions totales de de SO<sub>2</sub> (41,93 kilotonnes/an en 2019).

Les symptômes aigus à la suite d'une exposition au SO<sub>2</sub> comprennent : une sensation de brûlure dans le nez, la gorge et les poumons, des difficultés respiratoires et des lésions du système respiratoire. Les effets graves et chroniques sur la santé comprennent asthme, diminution des capacités cognitives, problèmes de fertilité, démence, maladies cardiaques et accident vasculaire, cancer du poumon et décès prématuré.



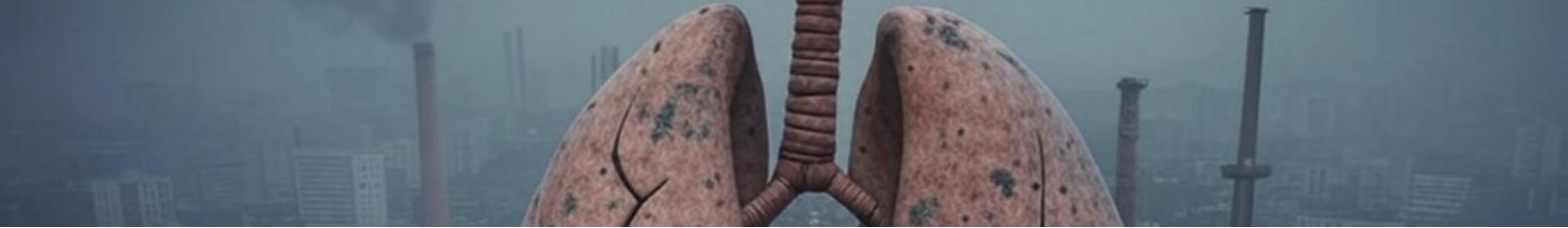
*Licence Envato Par siwabudv*

## ● NO<sub>2</sub>

**Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)** est un gaz rouge-brun hautement réactif du groupe des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) qui se forme dans l'air par l'oxydation de l'oxyde nitrique (NO).

Le NO est émis par les véhicules à moteur ou d'autres processus de combustion, la combustion du charbon, du pétrole ou du gaz naturel, l'agriculture et les processus industriels tels que le soudage, la galvanoplastie et le dynamitage. De plus, le NO<sub>2</sub> et le NO<sub>x</sub> sont également des précurseurs d'un certain nombre de polluants atmosphériques secondaires nocifs tels que l'ozone (O<sub>3</sub>), les particules fines (PMs), et jouent un rôle dans la formation des pluies acides et de la pollution atmosphérique visible appelée brouillard (smog) photochimique.

Le NO<sub>2</sub> est un irritant des voies respiratoires. Des expositions de courte durée peuvent entraîner des symptômes respiratoires (tels que la toux, une respiration sifflante ou des difficultés respiratoires), aggraver



les maladies respiratoires, en particulier l'asthme et conduire à des hospitalisations et des visites aux urgences. Des expositions plus longues à des concentrations élevées de  $\text{NO}_2$  peuvent contribuer au développement et à l'aggravation de l'asthme et potentiellement augmenter la sensibilité aux infections respiratoires. Enfin, les expositions chroniques au  $\text{NO}_2$  sont associées, seules et en présence d'autres polluants atmosphériques, à un risque accru d'infarctus du myocarde et d'accident vasculaire cérébral hémorragique.

### ● Ozone ( $\text{O}_3$ )

**L'ozone ( $\text{O}_3$ )** au niveau du sol ou troposphérique (couche la plus basse de l'atmosphère terrestre, **située entre la surface de la Terre et la stratosphère, à 10 kilomètres d'altitude**).

Il ne doit pas être confondu avec la couche d'ozone de la haute atmosphère.

L'ozone est généré principalement par le  $\text{NO}_2$  et les oxydes d'azote, en présence de composés chimiques organiques volatils (Volatil Organic Compounds en anglais ou VOCs) et de rayons solaires UV. L'ozone est aussi un constituant majeur du brouillard photochimique.

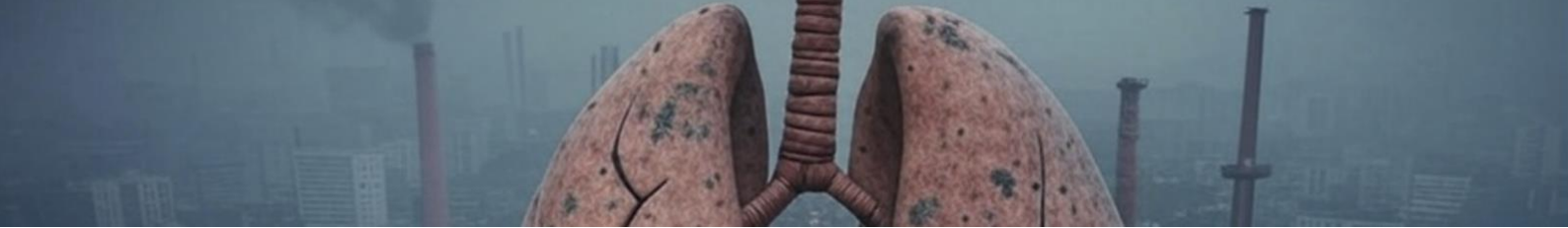
Des études de grande envergure ont démontré qu'une exposition à long terme à l'ozone augmentait le risque de mortalité pulmonaire et circulatoire globale. De plus, l'ozone est associé à un risque accru de mortalité toutes causes confondues, de cardiopathie ischémique et d'accident vasculaire cérébral.



*Licence Envato Par CreativeNature\_nl*



*Licence Envato Par miraclemoment*



### 3.2. PARTICULES FINES : NATURE, SOURCES ET MÉCANISMES DE TOXICITÉ CHEZ L'HOMME

Les particules en suspension dans l'air sont la somme de toutes les particules solides et liquides en suspension dans l'air, dont beaucoup sont dangereuses. Ce mélange complexe comprend à la fois des particules solides organiques (à base de carbone) et inorganiques (minéraux), telles que la poussière, le pollen, la suie, la fumée et des gouttelettes liquides. Ces particules varient considérablement en taille, en composition et en origine.

Les particules fines (PMs) comprennent les particules grossières (PM10), les particules fines (PM2,5) et les particules ultrafines (PUFs; UFPs en anglais) (PM0,1). Les PM2,5 sont des particules solides et liquides qui sont dispersées dans l'air ambiant et qui ont un diamètre inférieur à 2,5  $\mu\text{m}$  (soit 2,5 millièmes de millimètres ; 0,0025 mm). Entre 2,5  $\mu\text{m}$  et 0,1  $\mu\text{m}$  de diamètre, elles sont appelées particules fines et en dessous de 0,1  $\mu\text{m}$  (c'est-à-dire 100 nanomètres ou 100 nm; 1 nanomètre = 1 millionième de millimètre), elles sont appelées particules ultrafines.

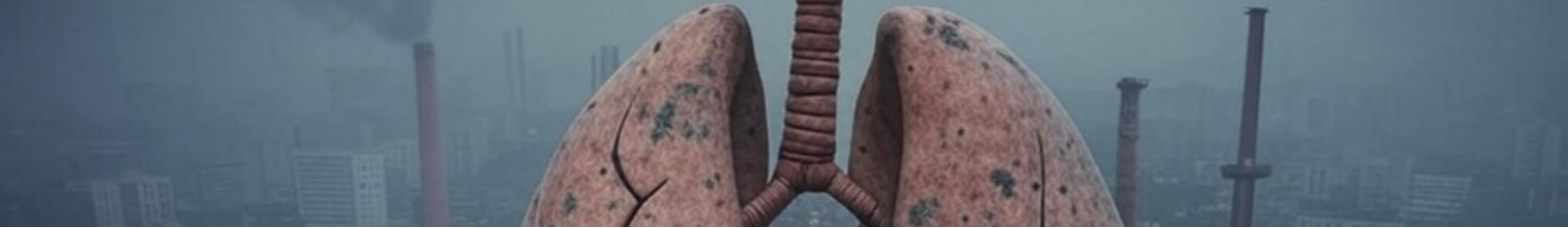
L'impact sanitaire de la pollution ambiante peut être presque principalement attribué aux particules fines PM2,5 par rapport aux PM10. En effet, les PM2,5 et surtout les plus petites particules ultrafines (UFPs) pénètrent profondément dans les poumons (alvéoles et bronchioles terminales) tandis que les particules plus grosses ne se déposent que plus haut dans le système respiratoire (bronches primaires, muqueuse nasale et nasopharynx).

Les principaux contributeurs chimiques à la masse des PM2,5 sont le sulfate, le nitrate, l'ammonium et le carbone organique. Plusieurs métaux sont présents dans les PM2,5, en particulier ceux provenant du trafic et de certaines industries, comme Fe (fer), Al (aluminium), Ni (nickel), Zn (zinc), V (vanadium), Cu (cuivre), Pb (plomb), Br (brome), Ca (calcium), Ba (baryum). Enfin, des composés très toxiques sont également souvent présents dans les PMs, comme la dioxine, le toluène, le benzène, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP: naphthalène, anthracène, benzopyrène), les aldéhydes et des métaux lourds (plomb, nickel, arsenic, mercure, composés de chrome).

Les principales sources de PM2,5 sont les sources industrielles (usines de transformation des métaux et des produits chimiques, manutention des matériaux, construction et exploitation minière), la production d'énergie utilisant des combustibles fossiles et de la biomasse, les volcans, l'agriculture, la circulation des véhicules, la remise en suspension des sols et la combustion résidentielle.

Les PMs sont les principaux tueurs parmi tous les polluants atmosphériques par activation de processus conduisant à des maladies pulmonaires, cardiovasculaires et cancers. L'exposition aux PM2,5 est associée à une proportion notable de mortalité due à de nombreuses maladies, notamment le cancer du poumon (23,9 %), la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) (18,7 %), l'accident vasculaire cérébral (40,3 %) et la cardiopathie ischémique (26,8 %). L'exposition aux particules fines ambiantes (PM2,5) a été associée à une baisse de la qualité du sperme (morphologie, motilité) et à une baisse de la réserve ovarienne et donc à une baisse de la fertilité.





*Licence Envato Par Prostock-studio*

### 3.3. LES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (VOCS)

Les Composés Organiques Volatils ou Volatil Organic Compounds en anglais (VOCs) sont des composés organiques (molécules contenant du carbone) qui se transforment facilement en gaz. Ils contiennent également des éléments tels que l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, le soufre, le fluor, le chlore ou le brome.

Les VOCs comprennent une très grande quantité de molécules volatiles différentes qui sont généralement regroupées dans ces grandes familles :

Hydrocarbures aromatiques : benzène, styrène, toluène, trichloréthylène, polyaromatiques (HAP : naphthalène, anthracène, benzopyrène)

Hydrocarbures aliphatiques : n-hexane, nonane, décane

Terpènes : limonène, pinène

Aldéhydes : formaldéhyde, benzaldéhyde, acroléine, crotonaldéhyde, hexanal

Éthers de glycol : propylène glycol, 1-méthoxy-2-propanol

Alcools : butanol, pentanol, 2-éthyl-hexanol.

La plupart des expositions aux VOCs se produisent à l'intérieur, en raison des nombreuses sources d'émissions intérieures, du faible taux de ventilation et du temps passé à l'intérieur, en particulier dans les



habitations. Le temps passé dans des espaces confinés représente en moyenne 70 à 90 %, ce qui fait de la qualité de l'air intérieur un problème majeur de santé publique.

Les principales sources intérieures de VOCs sont les produits d'entretien, la fumée de tabac, la cuisine, les appareils de chauffage, les meubles, les revêtements de sol et de murs et d'autres produits de construction, les peintures, les colles, les encaustiques, les cires, les pesticides et les produits de soins personnels.

Les émissions extérieures provenant des industries, des véhicules et d'autres combustions génèrent de grandes quantités de VOCs, mais ceux-ci sont dilués dans l'environnement et contribuent beaucoup moins à l'exposition globale que les émissions intérieures. Par exemple, les niveaux de formaldéhyde sont jusqu'à 200 et 1000 fois plus élevés à l'intérieur qu'à l'extérieur dans les zones urbaines et rurales respectivement.

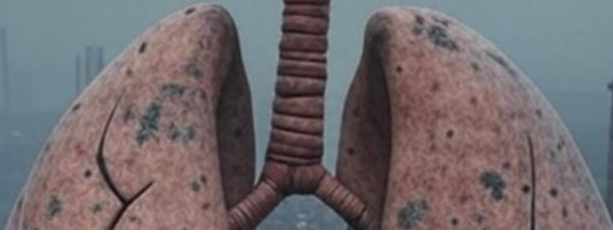
Les VOCs regroupant de très nombreuses molécules ayant des toxicités très différentes, il est très difficile d'évaluer leur quantité dans l'air intérieur et d'analyser leurs risques pour la santé. Les VOCs sont souvent évalués en TVOCs (Total Volatil Organic Compounds/ Composés Organiques Volatils Totaux, COVTs). Les plus toxiques étant bien sûr scrutés seuls aussi : l'inhalation de benzène à long terme a été associée à une augmentation de la mortalité. De plus, de nombreux VOCs sont classés comme cancérogènes, irritants et toxiques pour l'homme, connus ou possibles. L'exposition à divers VOCs, parmi lesquels des aldéhydes comme l'acroléine et le crotonaldéhyde est associée à un dysfonctionnement vasculaire.

Plus de détails sur les processus physiologiques et biochimiques/moléculaires, à l'origine des pathologies lourdes (pulmonaires, cardiovasculaires et cancers) et des décès associés, figurent dans le rapport original, avec des éléments en particulier sur les processus inflammatoires, génotoxiques et de développement du cancer.

#### **4. AUTRES CONTAMINANTS : NATURE, SOURCES ET MÉCANISMES DE TOXICITÉ CHEZ L'HOMME**



***Licence Envato Par Nadtochi***



## 4.1. AMIANTE

L'amiante est un minéral naturel (formule chimique  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ ) qui a été largement utilisé dans une variété de matériaux grâce à sa solidité et sa résistance chimique. L'amiante a été utilisé dans les matériaux de construction, notamment les isolants, les panneaux, les panneaux muraux, les portes, les carreaux de plafond, le plâtre et les composés de calfeutrage. Il a également été largement utilisé dans les joints, les plaquettes de frein, les garnitures de vannes et les tuyaux d'égout.

Si les fibres d'amiante sont inhalées, elles peuvent provoquer une asbestose, une maladie progressive qui provoque des cicatrices pulmonaires et un essoufflement, un cancer du poumon et un mésothéliome, un cancer des parois de la poitrine ou de la cavité abdominale.

## 4.2. PLOMB

Le plomb est un métal malléable de couleur bleu-gris qui est l'un des métaux les plus recyclés au monde. Le plomb est un métal lourd utilisé dans différentes installations industrielles, émis par certains moteurs à essence et présent dans les batteries, les radiateurs, les canalisations, les alliages métalliques, comme pigment et agent anticorrosif dans les peintures, et comme stabilisant dans les plastiques, les incinérateurs de déchets et les eaux usées. De plus, les principales sources de pollution atmosphérique au plomb sont les métaux, le minerai et les avions à moteur à piston.

L'exposition à court terme à des niveaux élevés de plomb produit divers effets aigus, notamment l'anémie et le dysfonctionnement du système nerveux central. Le plomb s'accumule dans les os et est une toxine pour le sang, les nerfs et le système reproducteur. Une exposition à long terme à de faibles niveaux de plomb peut entraîner des effets chroniques. La toxicité du plomb perturbe les fonctions du système digestif, du système nerveux, du système respiratoire, du système reproducteur, etc. De plus, le plomb empêche les enzymes d'effectuer leurs activités normales. Le plomb perturbe même le processus normal de transcription de l'ADN et provoque une invalidité osseuse.

## 4.3. SILICE

La silice est un minéral composé de silicium et d'oxygène (formule chimique  $SiO_2$ ) et est très abondante dans la croûte terrestre. La forme de silice la plus préoccupante en termes de risques pour la santé est la silice cristalline, dont le quartz est la forme la plus courante. La poussière de silice peut être libérée dans l'air lors d'activités liées à la construction telles que la maçonnerie, la pose et la démolition de pierres et la réparation de matériaux en béton. Elle est également produite lors du forage de roches, du balayage à sec, du décapage au jet d'abrasif, de l'exploitation de carrières et d'exploitation minière.

L'inhalation de particules de poussière de silice suffisamment petites pour pénétrer dans les poumons peut provoquer une silicose, un cancer du poumon et une bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO). La silicose est une maladie pulmonaire fibreuse causée par l'inhalation de dioxyde de silicium cristallin libre ou de silice résultant de la cicatrisation des poumons et peut se développer sur quelques années à plusieurs décennies, même si l'exposition a cessé.



#### 4.4. FUMÉE DE BOIS

La fumée de bois est un mélange de solides, de gaz et de polluants liquides comme la fumée de cigarette. L'un de ces polluants les plus préoccupants sont les particules fines. Mais de nombreux produits chimiques organiques présents dans la fumée de bois contribuent aux problèmes de santé des voies respiratoires dont le benzène, le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, l'acroléine et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) qui ne contiennent que du carbone et de l'hydrogène.

Respirer de la fumée de bois peut avoir des effets à court et à long terme: une irritation des yeux, de la gorge, des sinus et des poumons, des maux de tête, une fonction pulmonaire réduite, en particulier chez les enfants, une inflammation ou un gonflement des poumons, un risque accru de maladies des voies respiratoires inférieures et également des symptômes plus graves ou plus fréquents de maladies pulmonaires existantes (telles que l'asthme, l'emphysème, la pneumonie et la bronchite), des risques de crise cardiaque, d'accident vasculaire cérébral et de cancer.

#### 4.5. CHAMPIGNONS ET BACTÉRIES

L'exposition aux champignons et bactéries en suspension dans l'air fait aussi partie de la pollution atmosphérique et a des conséquences néfastes dans divers environnements naturels et anthropiques.

Les champignons sont une partie essentielle des microbes en suspension dans l'air en raison de leur abondance et de leur large distribution dans diverses sources environnementales, telles que le sol, l'eau, la végétation en décomposition et les activités humaines, telles que l'agriculture, le compostage, la construction, la démolition et d'autres professions.

Un certain nombre d'espèces fongiques en suspension dans l'air provoquent divers problèmes de santé, notamment des réactions allergiques, des maladies infectieuses, des réactions toxiques, des affections respiratoires et des états pathologiques comme l'aspergillose, l'asthme, l'hypersensibilité et des pneumonies.

Les bactéries pathogènes elles-aussi sont préoccupantes pour la santé humaine et sont présentes dans presque tous les environnements et écosystèmes en raison de leur petite taille, peuvent persister longtemps dans l'atmosphère. Les bactéries peuvent être trouvées dans l'atmosphère soit sous forme de cellules individuelles, soit en association avec diverses particules telles que des spores, du sol, de la poussière, des feuilles et d'autres micro-organismes.

Les bactéries en suspension dans l'air proviennent notamment de la poussière, du sol, des plantes, des plans d'eau, des animaux et des humains. Les bactéries en suspension dans l'air peuvent également provenir d'activités anthropiques et d'environnements influencés par l'homme, notamment les déchets des hôpitaux, des maisons, les excréments d'animaux domestiques en milieu urbain, ainsi que les pratiques agricoles, l'élevage et le traitement des déchets, comme la gestion des eaux usées et le compostage dans les zones rurales. Les zones urbaines et rurales extérieures ainsi que les environnements d'air intérieur, tels que les maisons, les bureaux, les hôpitaux, les écoles, les stations de métro, peuvent représenter des réservoirs pour une large gamme de bactéries.

L'inhalation peut se produire à l'intérieur ou à l'extérieur et entraîner des affections allergiques, diverses maladies respiratoires et infections. Parmi les travailleurs, sont particulièrement exposés aux microbes: les agriculteurs, les professionnels de la santé en contact avec les patients, les employés des transports (par



exemple, la police de la circulation et les employés des stations de métro), les travailleurs routiers (employés municipaux et du bâtiment, etc.), les travailleurs des marchés et des restaurants.

L'inhalation de bactéries pathogènes en suspension dans l'air peut entraîner diverses maladies et réactions allergiques, telles que la pneumonie, l'asthme, la rhinite et la pharyngite, en particulier chez les enfants et les personnes âgées. Les espèces bactériennes ont le potentiel de se disséminer dans la circulation sanguine, provoquant des infections dans différents sites du corps, notamment les poumons, les valves cardiaques et l'abdomen.

## 5. POLLUTION EXTÉRIEURE (OUTDOOR) ET INTÉRIEURE (INDOOR)

Un point clé sur la pollution de l'air et la santé humaine est que l'air intérieur peut être généralement au moins aussi toxique ou plus toxique que l'air extérieur. En effet, les principaux polluants atmosphériques comme les PMs de toutes tailles, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> sont souvent en concentration proche à l'intérieur et à l'extérieur, en particulier en cas de ventilation faible.

De plus, la majeure partie de l'exposition aux composés organiques volatils (VOCs) (66 % ou plus de l'exposition totale, selon le VOCs) se produit à l'intérieur. Et si l'on ajoute à cette information que les individus passent la plupart de leur temps à l'intérieur (jusqu'à 80 %), cela explique pourquoi les effets sur la santé liés aux polluants sont souvent déterminés par l'environnement intérieur.

## 6. LIGNES DIRECTRICES (GUIDELINES) MONDIALES SUR LA QUALITE DE L'AIR (OMS ET AUTRES)

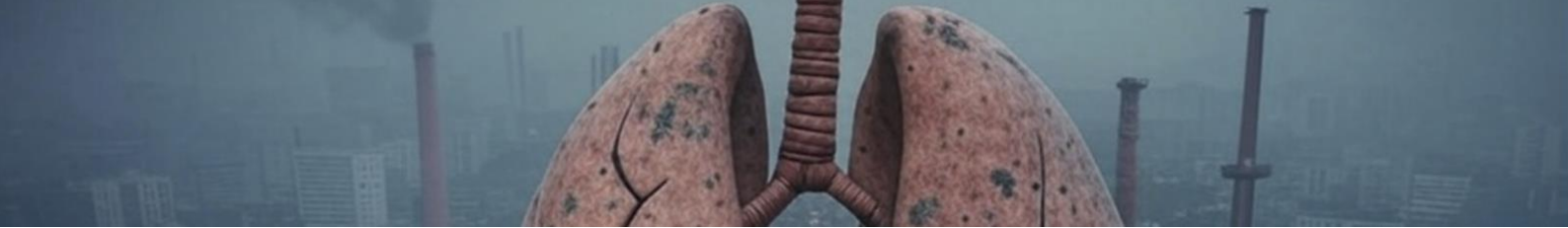
Les tableaux suivants présentent les principales lignes directrices (guidelines) mondiales mises à jour pour les principaux polluants atmosphériques. Ces lignes directrices ont pour objectif de fournir des orientations pour réduire les effets de la pollution atmosphérique sur la santé, en s'appuyant sur une évaluation des preuves scientifiques actuelles par des experts. Elles visent à informer les décideurs politiques et à fournir des objectifs appropriés pour un large éventail d'options politiques en matière de gestion de la qualité de l'air dans différentes parties du monde.

Les tableaux 1 et 2 présentent les différentes normes de qualité de l'air et concentrations recommandées par différents organismes pour les PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub> en microgrammes par mètre cube (µg/m<sup>3</sup>).

Au-delà de ces quantités présentes dans l'air, qui sont un but à atteindre, l'environnement est considéré comme non sain, voire toxique pour les individus vivant dans ces zones. En pratique, de nombreuses villes du monde entier, en particulier des capitales, dépassent largement ces valeurs et sur des durées significatives [ <sup>3</sup> ].

---

<sup>3</sup> <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities>.

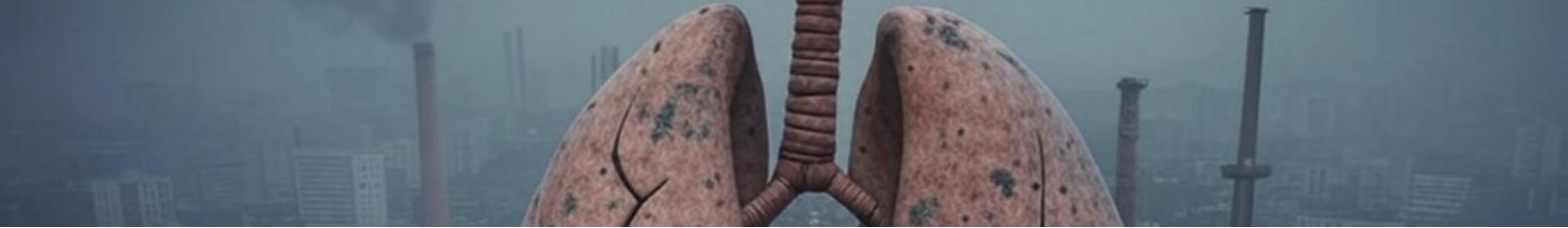


Pays/Régions	Temps Exposition	Standard (µg/m3)	Références
WHO	24 h	25 - 15	(WHO, 2006)
	Annuel	10 - 5	(WHO, 2021)
USA	24 h	35	USEPA, 2006
	Annuel	15 -12- 9	USEPA, 2012 USEPA, 2024
Canada	24h	30	Lee S, 2010
EU	Annuel	25 (in 2010)	EU Parliament Directive 2008/50/CE
	Annuel	25 (in 2015)	
Mexico	24 h	65	Lee S, 2010
	Annuel	15	

**Tableau 1: Normes de qualité de l'air pour les PM2,5**

Pays/Régions	Temps Exposition	Standard (µg/m3)	Références
WHO	24 h	50 - 45	WHO, 2006
	Annuel	20 - 15	(WHO, 2021)
USA	24 h	150	USEPA, 2006
EU	24 h	50	EU Parliament Directive 2008/50/CE
	Annuel	40	

**Tableau 2: Normes de qualité de l'air pour les PM10**



Les tableaux suivants présentent les différentes normes de qualité de l'air et concentrations recommandées par différents organismes pour le SO<sub>2</sub>, le NO<sub>2</sub> et l'ozone (O<sub>3</sub>).

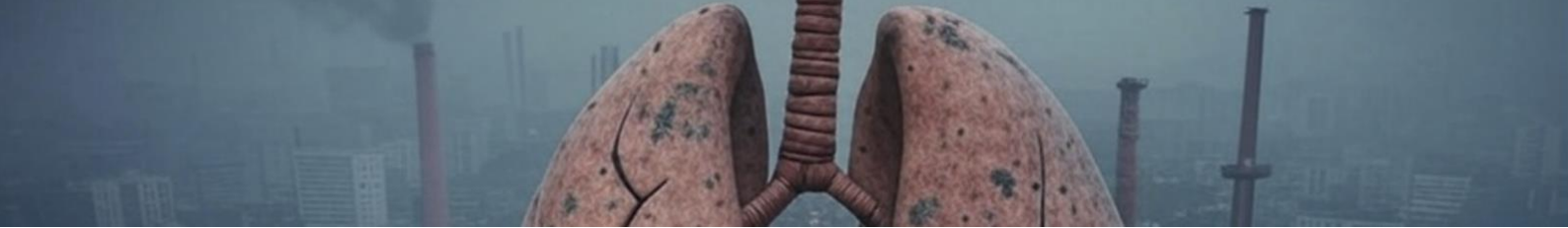
Pays/Régions	Temps Exposition	Standard (µg/m <sup>3</sup> )	Références
WHO	24 h	20-40	(WHO, 2006)
	10 mn	500-500	(WHO, 2021)
USA	1 h	200 (75ppb)	(USEPA, 2006)
EU	24 h	125	EU Parliament Directive 2008/50/CE
	1h	350	

**Tableau 3: Normes de qualité de l'air pour le SO<sub>2</sub>**

Pays/Régions	Temps Exposition	Standard (µg/m <sup>3</sup> )	Références
WHO	1h	200	WHO, 2006  (WHO, 2021)
	24 h	200 - 25	
	Annuel	40 - 10	
USA	Annuel	188 (100 ppb)	USEPA, 2006
EU	1 h	200	EU Parliament Directive 2008/50/CE
	Annuel	40	

**Tableau 4: Normes de qualité de l'air pour le NO<sub>2</sub>**

Pays/Régions	Temps Exposition	Standard (µg/m <sup>3</sup> )	Références
WHO	8 h	100-100	(WHO, 2006)
	8h (Pic saison)	60	(WHO, 2021)
USA	8h	137µg/m <sup>3</sup>	USEPA, 2006



Canada	8 h	40	(Health Canada, 2010)
EU	8 h	120	EU Parliament Directive 2008/50/CE

**Tableau 5: Normes de qualité de l'air pour l'O<sub>3</sub> (Moyenne de la concentration quotidienne maximale moyenne sur 8 heures au cours des six mois consécutifs avec la concentration moyenne d'O<sub>3</sub> la plus élevée sur six mois)**

## 7. MÉCANISMES DE RÉGULATION : « PRINCIPLE DU POLLUEUR-PAYEUR (PPP) » ET LÉGISLATION

Le principe du pollueur-payeur (PPP) exige que ceux qui causent une pollution ou des dommages environnementaux paient également pour les conséquences et couvrent les coûts. Ce principe s'applique à tout type de pollution, qu'elle soit de l'air, de la terre ou de l'eau. Si, par exemple, une installation industrielle produit des déchets toxiques ou des produits chimiques en tant que sous-produit de ses activités, elle doit assurer l'élimination sûre de ces produits toxiques. Cela s'applique à la prévention de la pollution, à la remédiation, à la responsabilité (pénale, civile et environnementale) et aux coûts imposés à la société en cas de pollution.

L'idée du PPP, qui est un concept de bon sens, est ancienne puisque Platon évoquait déjà cette idée : « Si quelqu'un gâche intentionnellement l'eau d'autrui... qu'il paie non seulement les dommages, mais qu'il purifie le ruisseau ou la citerne qui contient l'eau ».

L'origine du PPP a été clairement articulée par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) le 26 mai 1972 avec la Recommandation sur les principes directeurs concernant les aspects économiques internationaux des politiques de l'environnement (OCDE, 1972). Également la Clean Air Act (CAA) de 1970 avec des révisions majeures en 1977 et 1990.

Le principe du pollueur-payeur a été appliqué avec un certain succès dans le cas de la marée noire de l'Exxon Valdez. Exxon a payé des milliards de dollars de dommages et intérêts après un incident de pollution massif. Le pétrolier Exxon Valdez a causé une pollution et des pertes économiques sans précédent en Alaska, 300 000 barils de pétrole brut étant tombés dans les eaux de l'Alaska en 1989. Au total, Exxon a accepté de payer 900 millions de dollars de poursuites civiles, 125 millions de dollars pour des accusations criminelles liées à la catastrophe et des frais de nettoyage de plus de 2 milliards de dollars.

Il faut souvent de longues actions judiciaires pour les amener à payer pour les communautés et l'environnement. Mais l'un des avantages des PPP est qu'une fois que les pollueurs sont obligés d'internaliser les coûts, ils essaieront de réduire ces coûts en réduisant la pollution, soit en utilisant de meilleures technologies, soit par le biais d'échanges de droits d'émission. Cela peut constituer une forte incitation à la recherche et au développement de nouvelles technologies. Après un travail approfondi de l'OCDE au cours





des deux dernières décennies, le PPP est passé d'un principe économique à un principe juridique et a été bien défini dans le droit américain et européen.

Mais certaines considérations et questions importantes doivent être soulevées sur les PPP, comme l'a fait Roy Cordato, économiste principal et chercheur résident à la Fondation John Locke :

*« Qu'est-ce qui constitue la pollution ? Qui sont les pollueurs ? Combien doivent payer les pollueurs ? À qui doivent-ils effectuer le paiement ? »*

Il insiste sur le fait que « la plupart des partisans des PPP parlent rarement de dommages causés aux personnes. Au lieu de cela, ils détournent la théorie économique en redéfinissant les concepts de coût et de dommage pour les appliquer aux choses plutôt qu'aux personnes. On dit que les pollueurs sont ceux qui « endommagent » ou imposent des « coûts » à l'environnement. Ainsi, les écologistes définissent un « pollueur » de manière beaucoup plus large, non pas comme quelqu'un qui nuit réellement aux autres, mais souvent comme quelqu'un qui utilise simplement ses propres biens et ressources d'une manière qui offense les écologistes ». Les expressions « coûts pour l'environnement » et « dommages à l'environnement » n'ont donc pas de véritable sens à moins qu'elles ne se rapportent à des personnes ou à des biens. *« Par exemple, dans le cas d'une entreprise qui pollue une rivière, le coût pourrait être pour les utilisateurs récréatifs en aval qui doivent abandonner ou réduire certaines activités : baignade, pêche, etc. Leur coût serait la valeur qu'ils attribuent aux activités que la pollution les empêche de poursuivre. De ce point de vue, les « problèmes » de pollution surviennent parce que le pollueur impose des coûts à d'autres êtres humains. Ce sont les usagers humains de la rivière qui en supportent les coûts, pas la rivière elle-même. »*

C'est important, car si nous ne le faisons pas, il n'y aura pas de victimes à indemniser et les paiements de taxes iront généralement au gouvernement sous forme d'impôt. *« Dans de tels cas, le PPP est alors utilisé pour promouvoir un programme environnemental plutôt que pour garantir que les vrais pollueurs versent des indemnités aux vraies victimes de leurs activités. »... En fin de compte, ces « paiements » augmentent les revenus d'une multitude de bureaucrates, de consultants et d'avocats du gouvernement, qui bénéficient tous du processus. »*

En fin de compte, **il faut un projet clair d'assainissement de l'environnement et un tiers indépendant doit suivre ce qui a été fait avec les taxes, même par les gouvernements.** De plus, depuis une décennie au moins, nous observons tous, en tant que scientifiques ou simples citoyens, un glissement du problème de la pollution vers la préoccupation unique et presque obsessionnelle du changement climatique. Or la pollution tue beaucoup plus de personnes dans le monde (30 à 50 fois plus) que le réchauffement ou changement climatique. Ce glissement peut être observé dans un récent texte du Congrès américain S.5054 — 118e Congrès (2023-2024) *« Pour imposer une évaluation relative aux émissions de combustibles fossiles, pour établir le Fonds climatique des pollueurs-payeurs, et à d'autres fins. »*

Les liens entre le changement climatique et le PPP doivent donc être clairement expliqués au public et aux gouvernements, par les autorités et les scientifiques indépendants.



*Licence Envato Par erika8213*

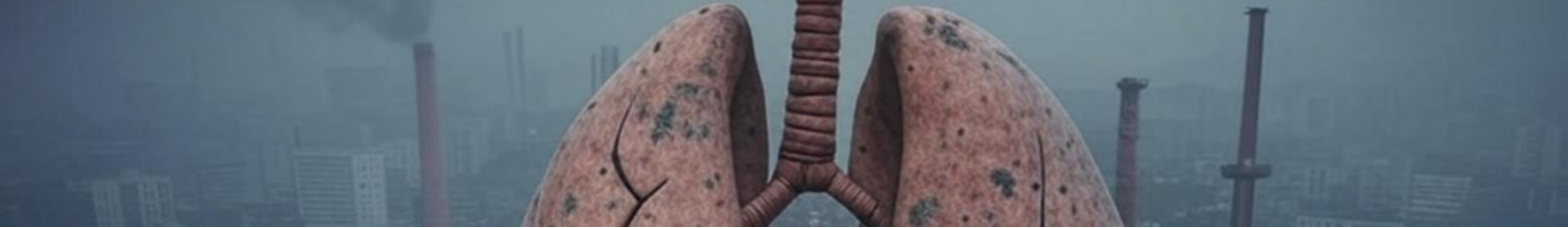
## 8. LA QUESTION DES ZONE À FAIBLES ÉMISSIONS MOBILITÉ (ZFES)






Une Zone à Faibles **Émissions** mobilité (ZFE-m) est un périmètre au sein duquel la circulation des véhicules les plus polluants est progressivement limitée en vue de réduire les émissions de polluants liés au trafic routier.

Ce dispositif s'appuie sur le système national des [vignettes Crit'Air](#), qui permet de distinguer les véhicules en fonction de leurs émissions de polluants (la théorie). Il existe 6 niveaux de vignettes Crit'Air, des véhicules propres (Crit'Air 0) aux véhicules les plus polluants (Crit'Air 5 ou non classés). Cette vignette Crit'Air est obligatoire pour circuler et stationner à l'intérieur du périmètre de la ZFE-m car elle permet de vérifier, en cas de contrôle, que le véhicule appartient bien aux catégories Crit'Air autorisées (la vignette Crit'Air est en vigueur depuis juin 2016). Les véhicules les plus anciens étant réputés aussi les plus polluants, la mise en place d'une ZFE-m vise l'accélération du renouvellement du parc de véhicules.

Ces normes Crit'Air reposent sur les 3 critères suivant (on reviendra plus tard sur la pertinence réelle, en termes de pollution, de ces critères) (tableau 6) :

- Type de véhicule
- Carburant
- Norme EURO ou date de première immatriculation



Classe	DATE DE PREMIÈRE IMMATRICULATION ou NORME EURO						
	2 ROUES, TRICYCLES ET QUADRICYCLES À MOTEUR	VOITURES		VÉHICULES UTILITAIRES LÉGERS		POIDS LOURDS, AUTOBUS ET AUTOCAR	
		Diesel	Essence	Diesel	Essence	Diesel	Essence
	<b>EURO 4</b> À partir du : 1 <sup>er</sup> janvier 2017 pour les motocycles 1 <sup>er</sup> janvier 2018 pour les cyclomoteurs	-	<b>EURO 5 et 6</b> À partir du 1 <sup>er</sup> janvier 2011	-	<b>EURO 5 et 6</b> À partir du 1 <sup>er</sup> janvier 2011	-	<b>EURO VI</b> À partir du 1 <sup>er</sup> janvier 2014
	<b>EURO 3</b> du 1 <sup>er</sup> janvier 2007 au : 31 décembre 2016 pour les motocycles 31 décembre 2017 pour les cyclomoteurs	<b>EURO 5 et 6</b> À partir du 1 <sup>er</sup> janvier 2011	<b>EURO 4</b> du 1 <sup>er</sup> janvier 2006 au 31 décembre 2010	<b>EURO 5 et 6</b> À partir du 1 <sup>er</sup> janvier 2011	<b>EURO 4</b> du 1 <sup>er</sup> janvier 2006 au 31 décembre 2010	<b>EURO VI</b> À partir du 1 <sup>er</sup> janvier 2014	<b>EURO V</b> du 1 <sup>er</sup> octobre 2009 au 31 décembre 2013
	<b>EURO 2</b> du 1 <sup>er</sup> juillet 2004 au 31 décembre 2006	<b>EURO 4</b> du 1 <sup>er</sup> janvier 2006 au 31 décembre 2010	<b>EURO 2 et 3</b> du 1 <sup>er</sup> janvier 1997 au 31 décembre 2005	<b>EURO 4</b> du 1 <sup>er</sup> janvier 2006 au 31 décembre 2010	<b>EURO 2 et 3</b> du 1 <sup>er</sup> octobre 1997 au 31 décembre 2005	<b>EURO V</b> du 1 <sup>er</sup> octobre 2009 au 31 décembre 2013	<b>EURO III et IV</b> du 1 <sup>er</sup> octobre 2001 au 30 septembre 2009
	<b>Pas de norme tout type</b> du 1 <sup>er</sup> juin 2000 au 30 juin 2004	<b>EURO 3</b> du 1 <sup>er</sup> janvier 2001 au 31 décembre 2005	-	<b>EURO 3</b> du 1 <sup>er</sup> janvier 2001 au 31 décembre 2005	-	<b>EURO IV</b> du 1 <sup>er</sup> octobre 2006 au 30 septembre 2009	-
	-	<b>EURO 2</b> du 1 <sup>er</sup> janvier 1997 au 31 décembre 2000	-	<b>EURO 2</b> du 1 <sup>er</sup> octobre 1997 au 31 décembre 2000	-	<b>EURO III</b> du 1 <sup>er</sup> octobre 2001 au 30 septembre 2006	-
<b>Non classés</b>	<b>Pas de norme tout type</b> Jusqu'au 31 mai 2000	<b>EURO 1 et avant</b> Jusqu'au 31 décembre 1996	<b>EURO 1 et avant</b> Jusqu'au 31 décembre 1996	<b>EURO 1 et avant</b> Jusqu'au 30 septembre 1997	<b>EURO 1 et avant</b> Jusqu'au 30 septembre 1997	<b>EURO I, II et avant</b> Jusqu'au 30 septembre 2001	<b>EURO I, II et avant</b> Jusqu'au 30 septembre 2001

**Tableau 6: Tableau de classification des véhicules**

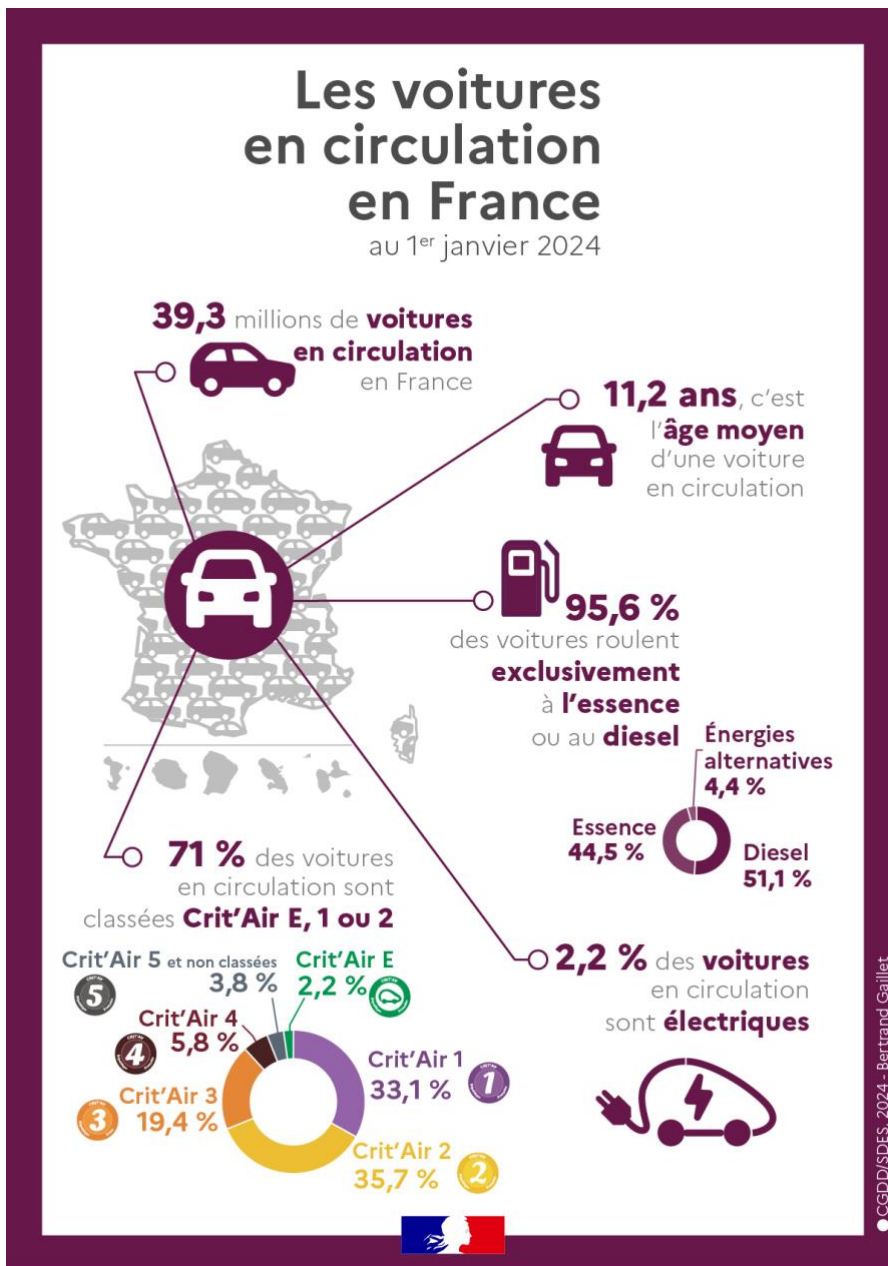
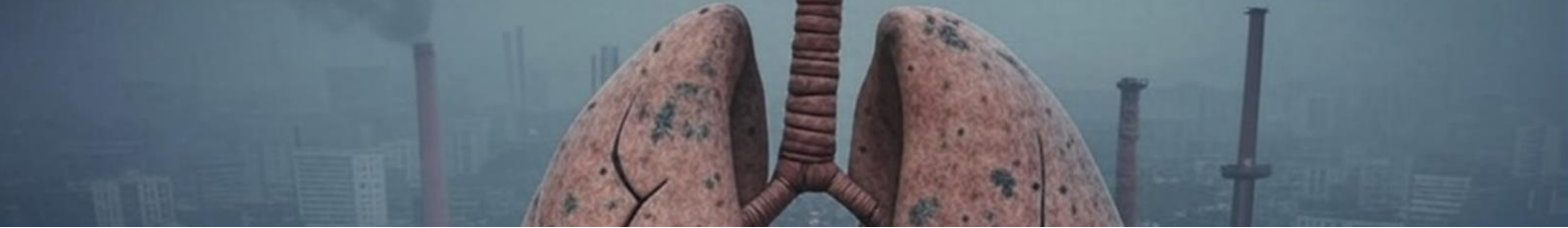
L'interdiction pour les véhicules légers classés Crit'Air 5 est en vigueur depuis janvier 2023

L'interdiction pour les véhicules légers classés Crit'Air 4 est en vigueur depuis janvier 2024

Au 1er janvier 2024, les véhicules Crit'Air 3, 4 et 5 représentaient encore 29%

(versus 48% au 1er janvier 2019).

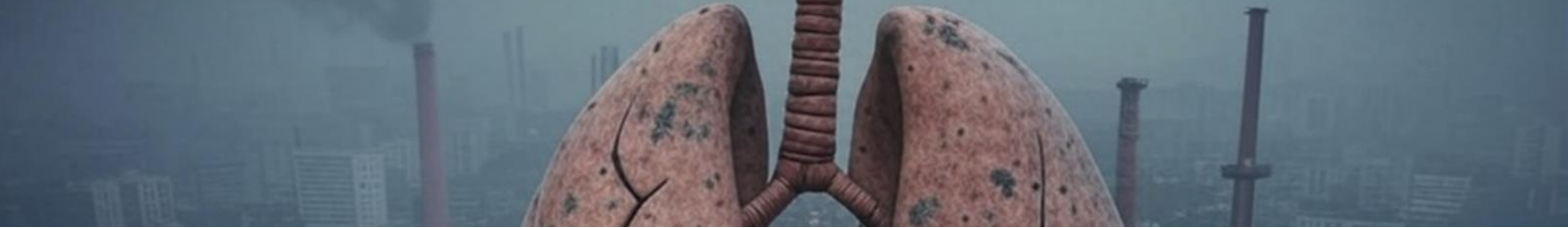
Au 1er janvier 2024, les véhicules Crit'Air E, 1 et 2 représentent 71% selon les données (Figure 1).



**Figure 1 : Résumé sur la répartition des voitures circulant en France selon les Crit'Air au 1er janvier 2024 (Source ici)**

### 8.1. ÉVOLUTION DE L'ÂGE MOYEN DES VÉHICULES

Finalement, malgré le début de ce projet en 2016, l'âge moyen des véhicules n'a fait qu'augmenter ces 5 dernières années comme le montre le tableau 7 et on est donc loin des objectifs de modernisation du parc automobile ayant pour but la réduction de la pollution et des émissions de gaz polluants et à effet de serre des voitures, justification apportée à la mise en place des ZFE et autres contraintes !



	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Nombre de véhicules*	37 657	38 118	38 230	38 422	38 469	38 817	38 971	39 259
Âge moyen (en années)	10,1	10,2	10,2	10,2	10,3	10,5	10,8	11,2

**Tableau 7 : Parc de voitures en circulation du 1er janvier 2017 au 1er janvier 2024 (Source ici)**

Une exigence nouvelle est apparue en ce début de début de 2025 (au 1<sup>er</sup> janvier 2025), qui crée beaucoup de débats et de colère, obligeant les agglomérations qui dépassent de manière régulière les seuils réglementaires de qualité de l'air (en particulier Paris et Lyon) de refuser l'accès aux véhicules de Crit'Air 3, c'est à dire pour les voitures diesel de plus de 14 ans et les voitures essence de plus de 19 ans.

Au 1<sup>er</sup> janvier 2024, 8,6 millions de voitures particulières sont détenues par les résidents des 40 agglomérations dites « territoires de vigilance » et plus de 25,7 % sont en dehors des clous en ajoutant les Crit'Air 3. Cela **pourrait exclure plus de 1,8 million de véhicules qui y sont immatriculés, soit 11 % de leur parc automobile, et avec beaucoup de zones d'incertitudes pour le futur à proche et moyen terme** ([source](#)).

Le coût: en plus du prix de la vignette (3,81 €) pour chaque véhicule (39,3 millions de véhicules en France) et plus d'1,5 millions de voitures neuves achetées en France (1 718 000 en 2024), se déplacer avec un véhicule non autorisé ou sans vignette Crit'Air en zone à faibles émissions mobilité ou lors des pics de pollution dans les zones en circulation différenciée, est passible d'une contravention de 3e classe pour les véhicules légers (soit 68€ d'amende simple, minorée à 45 € si le paiement est effectué rapidement et majorée à 180 € en cas de retard de paiement) et de 4e classe pour les poids lourds (soit 135€ d'amende simple). C'est donc une bonne nouvelle source de revenu pour l'État.

## 8.2. BASES RÉGLEMENTAIRES FRANÇAISES ET UE POUR ÉTABLISSEMENT DE ZFES

La notion de ZFE est d'origine internationale et européenne (directives et règlements) et vise à inciter les particuliers à acheter un véhicule neuf, à court terme, électrique (sans se poser la question du réseau ni de la production d'électricité nécessaires). Elle a été transposée en droit interne par la loi et le règlement, impactant de nombreux textes et Codes et donnant une impression de grande complexité et de dilution des responsabilités entre des services de l'État et les collectivités territoriales.

En France, la loi d'Orientation des Mobilités de 2019 rend obligatoire la mise en place d'une Zone à Faibles Émissions dans les territoires les plus pollués ([texte officiel ici](#))

La loi Climat et Résilience, promulguée fin août 2021, donne la compétence ZFE-m à la Métropole. ([texte officiel ici](#))

Quand on les lit, ces textes ont peu de liens avec la pollution et ses effets sur l'Homme, même si la 1ère cite quand même [un texte UE](#) qui lui, parle vraiment de pollution. Cela dénote cependant un glissement du problème de la pollution (8 millions de morts/an dans le monde) au problème du climat (170000 morts/an) et



transfère les dommages faits aux « Citoyens » ou à des « Personnes physiques » vers des dommages à l'« Environnement ».

Dans la seconde loi portant sur « la lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets », le mot « pollution » et variantes/déclinaisons du mot « pollution » y sont rencontrés seulement 16 fois, et les mots « climat » et « climatique », 79 fois! Le mot « carbone » 59 fois, « dioxyde de carbone » 7 fois, « azote » et « protoxyde d'azote » 17 fois (en lien avec les engrais et l'agriculture). Or ce sont des gaz à « effet de serre » (48 fois dans le rapport !). Le CO<sub>2</sub> n'est pas un gaz polluant et il est nécessaire à la vie végétale sur Terre donc à la nôtre.

Alors que le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) n'y figure pas et les « particules fines » PM<sub>2.5</sub> (mais issues de la combustion du bois) n'y figure qu'une fois, alors qu'ils sont les principaux polluants.

En France, il faut aussi considérer le [décret n° 2020-1138 du 16 septembre 2020](#) relatif au non-respect de manière régulière des normes de la qualité de l'air donnant lieu à une obligation d'instauration d'une zone à faibles émissions mobilité évoque de façon précise la pollution de l'air et l'établissement des ZFE en conséquence.

A ces textes pas vraiment pertinents sur le sujet de la pollution, s'ajoutent des [textes de l'UE dont celui-ci](#), qui eux sont plus précis :

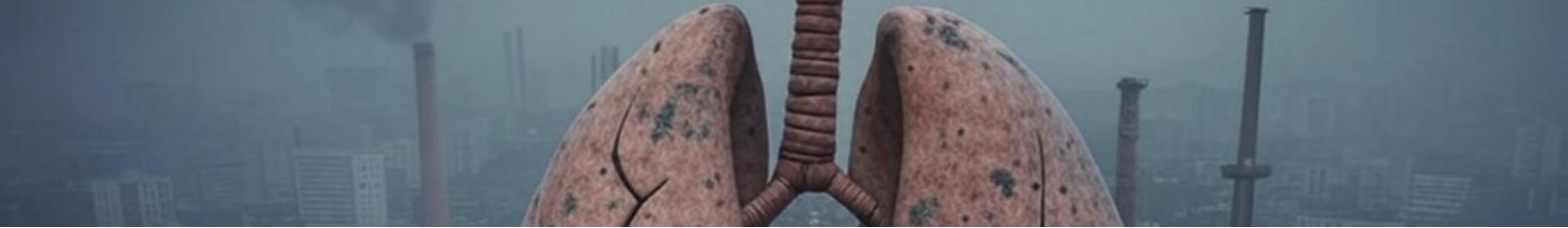
*« La directive révisée privilégie la santé des citoyens de l'UE: elle fixe pour les polluants de nouvelles normes de qualité de l'air à atteindre d'ici à 2030, qui sont plus étroitement alignées sur les lignes directrices de l'OMS en matière de qualité de l'air. Parmi ces polluants figurent, entre autres, les particules en suspension (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>), le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre, qui sont tous connus pour provoquer des problèmes respiratoires. »*

En fait, en termes de hiérarchie des normes, il convient de mettre en tête les textes d'origine UE :

Directive n°2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air plus pur pour l'Europe [dont le texte complet figure ici](#)

Ce texte établit des normes pour la qualité de l'air et évoque la pollution due à la circulation. Il s'agit de polluants : concentrations d'anhydride sulfureux, de dioxyde d'azote et d'oxydes d'azote, de particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>), de plomb, de benzène, de monoxyde de carbone et d'ozone. Il n'est pas question de gaz à effet de serre ou de CO<sub>2</sub>. Cette directive est entrée en vigueur le 11-06-2008. Elle est transposée en droit interne par les Etats membres avant le 11-06-2010. Abrogation des directives 96/62/CE, 1999/30/CE, 2000/69/CE et 2002/3/CE à compter du 11 juin 2010. Transposition complète de la présente directive par les textes suivants : Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air ; arrêté du 21 octobre 2010 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air et à l'information du public. Complément de transposition de la présente directive par l'arrêté du 19 avril 2017 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant.

[Directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004](#) concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant ; cette directive complète la précédente en fixant des valeurs cibles pour certains polluants spécifiques.



Tous ces éléments transposés figurent dans le Code de l'environnement, composant un ensemble abondant, d'une grande complexité et par suite, d'une faible lisibilité. Par le moyen de contrôle choisi (les vignettes Crit'Air), ces dispositions ne sont absolument pas garanties par l'imposition des ZFE qui ne tiennent de fait, aucun compte réel des principaux polluants.

### 8.3. LES NORMES EURO

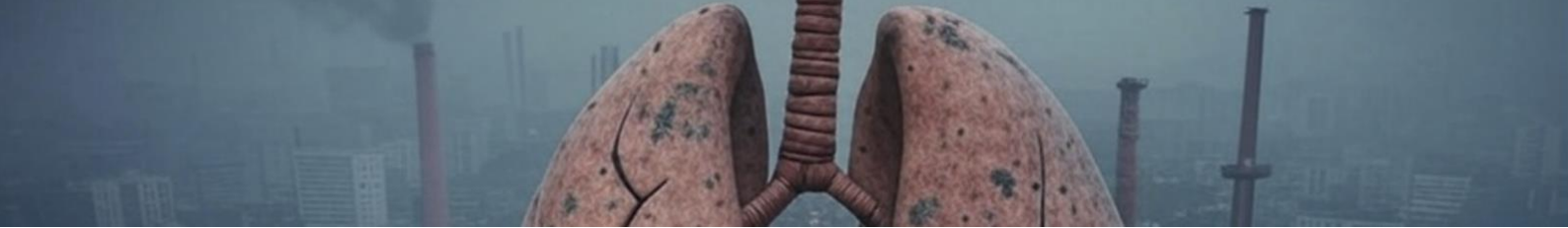
Pour limiter les émissions de gaz nocifs, des réglementations européennes ont été prises depuis le début des années 1970. Appelées normes EURO depuis 1990, elles imposent des valeurs limites d'émissions des oxydes d'azote (NOx), du monoxyde de carbone (CO), des hydrocarbures (HC) et des microparticules.

L'évolution des valeurs limite des émissions de gaz d'échappement autorisées par la norme euro au cours des années et des implémentations (Euro 1 à 6), pour les voitures particulières équipées d'une motorisation essence et diesel, sont présentées dans les tableaux 8 et 9.

	Homologation Premier		Monoxyde	HC	Oxydes	Hydrocarbures	Masse de
Standard de nouveaux	enregistrement		de	hydrocarbures	d'azote	+ oxydes	particules
modèles	dans l'UE		carbone	(g/km)	NOx	d'azote	PM
			CO	(g/km)	(g/km)	HC+NOx	(g/km)
			(g/km)			(g/km)	
Euro 1	1.07.1992	1.01.1993	2,72 (3,16)	-	-	0,97 (1,13)	-
Euro 2	1.01.1996	1.01.1997	2,2	-	-	0,5	-
Euro 3	1.01.2000	1.01.2001	2,3	0,2	0,15	-	-
Euro 4	1.01.2005	1.01.2006	1,0	0,1	0,08	-	-
Euro 5	1.09.2009	1.01.2011	1,0	0,1	0,06	-	0,005
Euro 6	1.09.2014	1.09.2015	1,0	0,1	0,06	-	0,005
Euro 6c	1.09.2017	1.09.2018	1,0	0,1	0,06	-	0,0045
Euro 6j	1.09.2017	1.09.2019	1,0	0,1	0,06	-	0,0045
TEMP							
Euro 6j	1.01.2020	1.09.2021	1,0	0,1	0,06	-	0,0045

Normes d'émission de l'UE

**Tableau 8: Valeurs des émissions de gaz d'échappement des voitures particulières équipées d'une motorisation essence**



Standard de nouveaux modèles	Homologation Premier enregistrement dans l'UE	Monoxyde de carbone (g/km)	HC hydrocarbures (g/km)	Oxydes d'azote NOx (g/km)	Hydrocarbures + oxydes d'azote HC+NOx (g/km)	Masse de particules PM (g/km)	
Euro 1	1.07.1992	1.01.1993	2,72 (3,16)	-	-	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)
Euro 2	1.01.1996	1.01.1997	1,0	-	-	0,7	0,08
Euro 3	1.01.2000	1.01.2001	0,66	-	0,5	0,56	0,05
Euro 4	1.01.2005	1.01.2006	0,5	-	0,25	0,3	0,025
Euro 5	1.09.2009	1.01.2011	0,5	-	0,18	0,23	0,005
Euro 6	1.09.2014	1.09.2015	0,5	-	0,08	0,17	0,005
Euro 6c	1.09.2017	1.09.2018	0,5	-	0,08	0,17	0,005
Euro 6j TEMP	1.09.2017	1.09.2019	0,5	-	0,08	0,17	0,005
Euro 6j	1.01.2020	1.09.2021	0,5	-	0,08	0,17	0,005

Normes d'émission de l'UE

**Tableau 9: Valeurs des émissions de gaz d'échappement des voitures particulières équipées d'une motorisation diesel**

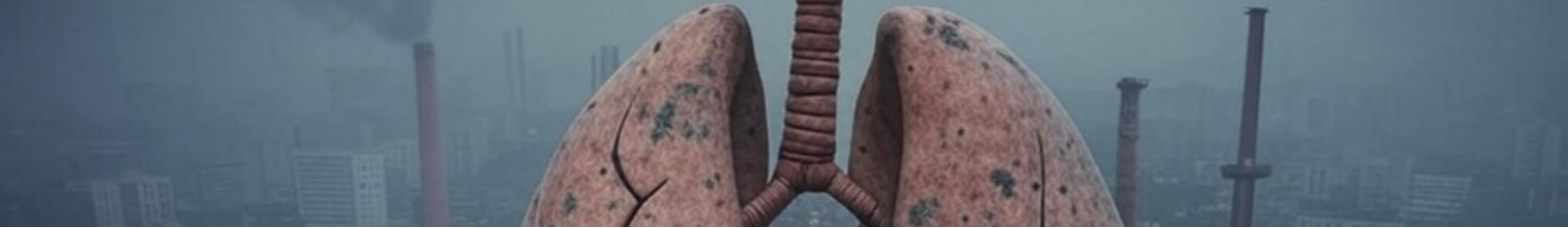
Le **10 novembre 2022**, la Commission européenne a présenté ses propositions relatives à la [norme Euro 7/VI](#) (véhicules légers/ Euro-VII véhicules lourds) visant à réglementer les émissions de voitures, camionnettes, camions et autobus. Cette norme remplacera la norme Euro 6/VI actuelle. Cette norme Euro 7 sera applicable dès le **1er juillet 2025** pour les véhicules légers, et à partir du **1er juillet 2027** pour les véhicules lourds. Cette norme Euro 7 est encore plus exigeante quant aux seuils des polluants déjà régulés (désormais mesurés lors des essais [RDE](#) en conditions de conduite réelles), prend en compte des polluants qui n'étaient jusque-là pas concernés (dont ceux issus des freins et des pneus), ajoute des conditions de conduite réelle supplémentaires aux tests de mesure, encadre la durabilité des batteries des véhicules électrifiés, et prévoit la surveillance en temps réel des données liées aux émissions par les autorités des pays de l'UE.

**8.4. L'EXEMPLE DES ULTRA LOW EMISSION ZONE EN ANGLETERRE (ULEZ; ÉQUIVALENT DES ZFES)**

À Londres l'établissement de zones à très faible émissions (ULEZ pour Ultra Low Emission Zone) avait suscité une opposition relativement limitée en 2019, mais la polémique a commencé à enfler quand cette zone originale ULEZ a été étendue fin août 2023 à l'ensemble des quartiers de Londres. ([source ici](#)) L'extension est énorme, couvrant les banlieues métropolitaines, l'autoroute M25 et intégrant des zones résidentielles occupées par des propriétaires relativement pauvres, plus susceptibles de posséder des voitures essence et diesel.

Les conducteurs de voitures à essence généralement fabriquées avant 2006 (norme Euro 4) et de véhicules diesel généralement fabriqués avant 2015 (norme Euro 6) doivent déboursier 12,50 livres (14,80 euros) par jour pour entrer dans l'ULEZ, sous peine d'une amende de 180 livres. Jusqu'à présent, 35 000 automobilistes devaient payer les 14,60 euros quotidiens pour accéder à cette zone du centre de Londres, à moins d'opter





pour un véhicule moins polluant. Avec l'extension de la zone au Grand Londres, ils sont désormais près de 700 000. Des bornes et caméras blindées ont été installées pour flasher les plaques de tous les conducteurs. Pour les résidents de Londres possédant un véhicule incriminé, il existe un palliatif : un programme de mise à la casse subventionné offrant une somme de base de 2 000 £ (environ 2400 €) pour casser une voiture non conforme.

Même si ces mesures extrêmes pour les citoyens les moins aisés, elles semblent avoir donné des résultats positifs notamment sur la réduction des niveaux de NO<sub>2</sub> significatives, aussi bien pour les abords des routes que pour le fond de l'air en ville, plus proche du respect de la limite légale de 40 µg/m<sup>3</sup> en Angleterre (tableau 10).

Année	Moyenne NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) dans Londres					
	Bord de route			Fond urbain		
	Centre	Intérieur	Extérieur	Centre	Intérieur	Extérieur
2016	93	61	47	41	34	31
2017	88	54	45	37	31	30
2018	81	49	41	34	28	28
2019	63	45	40	33	28	27
2020	36	33	30	25	21	20
2021	36	34	31	24	20	19
2022	39	32	29	24	20	21
2023	33	29	26	21	19	18
Reduction (µg/m <sup>3</sup> )	60	32	21	19	15	12
Reduction (%)	65%	53%	45%	47%	45%	40%

En rouge, excès par rapport à valeur limite

**Tableau10 : Réduction de la moyenne annuelle de NO<sub>2</sub> 2016 – 2023**

**From (GLA, 2024) Greater London Authority. Air Quality in London 2016-2024. March 2024.**

Les réductions des PM<sub>2,5</sub> sont significatives aussi : diminution de 39%, 41% et 31% au bord des routes (centre, intérieur et extérieur respectivement) et 36% 30% 24% dans la ville (centre, intérieur et extérieur respectivement).

Cependant, dans le métro, toutes les lignes profondes (Piccadilly, Jubilee, Bakerloo, Northern, Victoria et Central) présentaient des niveaux de particules PM<sub>2,5</sub> au moins cinq fois supérieurs à la limite de sécurité de l'OMS et bien supérieurs aux niveaux moyens en surface. Le *Financial Times* a constaté [ 4 ] que le tronçon de la ligne Central entre Bond Street et Notting Hill Gate était le plus pollué et atteignait un pic plus de huit fois supérieur à la moyenne routière de Londres pour les PM<sub>2,5</sub>, qui était de 12,6 µg/m<sup>3</sup> cube au cours des 12 derniers mois. Pour un Londonien moyen, prendre le métro une heure par jour double son exposition aux particules PM<sub>2,5</sub>.

<sup>4</sup> <https://www.ft.com/content/6f381ad4-fef7-11e9-be59-e49b2a136b8d>



Mais chez beaucoup de londoniens, ces mesures passent mal malgré les résultats présentés ([source](#)).

La mairie a installé des bornes et les caméras (leur nombre devrait atteindre 2750 à travers tout le Grand Londres) qui identifient ainsi les plaques d'immatriculation des voitures qui accèdent à ces zones ou quartiers. Un citoyen qui possède un véhicule non conforme à la « Toxicity Charge », vraisemblablement ancien, peut subir cette pénalité plusieurs fois par jour. Depuis leur installation effective en 2020, de nombreuses destructions de ces bornes et caméras sont survenues et les dégâts s'élevaient à 850.000 livres (environ 1 million d'euros). Début mai 2023, la police de Londres a annoncé 96 cas de vandalisme contre les caméras ULEZ, contre 31 fin mars. Depuis, le choix a été fait de protéger les caméras et les bornes dans des boîtes métalliques noires blindées afin de dissuader les attaques.

La pollution est un problème scientifique et technique complexe parce qu'elle provient de différentes sources, dépend de différents paramètres physiques et chimiques et d'exposition. Comme sur beaucoup de sujets, les politiques apportent souvent des solutions simplistes et abruptes qui se terminent souvent de la même façon: taxer les citoyens, ici les conducteurs les moins aisés financièrement et qui doivent aussi travailler et tout simplement pouvoir se déplacer. Ci-dessous quelques réflexions et propositions de solutions.

## 8.5. DISCUSSION

En conclusion, certaines questions se posent sur la clarification et la pertinence de la classification Crit'Air. De plus, la pollution est un problème complexe et vaste si on prend et compte toutes les sources de pollution mais aussi toutes les solutions que l'on pourrait apporter à ce problème de santé publique. La réflexion doit être plus large sur ce sujet et ne doit pas, comme la plupart du temps en politique, faire tout payer/supporter par les citoyens comme c'est le cas pour les ZFEs. Sur les limites des ZFEs et les autres solutions possibles, les points suivants sont à considérer pour une réflexion et vision plus globale et plus précise :

Les tests de pollution des véhicules sont fait sur des prototypes neufs sans prendre en compte l'évolution/réparations voir améliorations des véhicules. Ne devrait-on pas tester les véhicules en contrôle technique pour une mesure réelle de la pollution d'un véhicule plutôt que de se baser sur l'âge du véhicule (les réparations, le type de conduite comptent entre autres facteurs). Les détails sur la pollution de chaque type de véhicule sont-ils vraiment fournis aux propriétaires ?

Les véhicules dits propres (électriques) polluent aussi. Il y a production de microparticules en particulier (poids, freins, frottements, pneus). Et quid du mode de production de l'électricité (charbon, pétrole, gaz), du problème des batteries (pollution lors de fabrication, inflammabilité) du type de conduite ? A-t-on évalué le coût des conséquences d'avoir des véhicules qui pèsent 25-35% de plus sur les routes, ponts, pavés des centre villes souvent présent en ZFEs? Ces éléments sont détaillés dans le rapport.

Un effort de l'Industrie dont tertiaire en particulier doit être évalué en regard des ZFEs pour réduire aussi pollution globale et NO<sub>2</sub>.

Les politiques devraient orienter encore les investissements vers l'amélioration des filtres à NO<sub>2</sub> et à particules PMs (effort R&D) pour les véhicules (type SCR: Selective Catalytic Reduction en anglais pour Système de Réduction Catalytique et LNT: Lean NOx Trap en anglais pour Piège à NOx). Plus de détails figurent dans rapport original.



Il existe des projets de plantation d'arbres au bord des grands axes (absorbent tous les polluants !) qui ont montré [des résultats significatifs](#) avec amélioration de la [santé des sujets en zone polluée](#) (baisse inflammation)

Il s'agit aussi de trouver des solutions positives plutôt que de toujours taxer même si ce n'est pas une pensée courante chez la plupart des politiques.

Il est essentiel aussi de rappeler que, si la santé humaine reste, encore le sujet plus que l'« environnement » (à la base, la pollution est un problème de santé publique), nous passons en moyenne 80-90% de notre temps dans des espaces fermés/indoor (domicile et travail) et c'est là que la pollution affecte la santé (maladies pulmonaires, cardio et cancer). Or il existe des très bons dispositifs pour nettoyer l'air intérieur (type Dyson etc.). Là aussi il faudrait en fournir à bas coût aux entreprises, écoles, particuliers etc. Mais est-ce que l'État s'intéresse vraiment à notre Santé ou les ZFEs sont faites plutôt pour restreindre notre mobilité et suivre certains agendas globalistes ?

Il y a clairement depuis au moins 10-20 ans, un glissement net et abusif dans les lois et dans la « justification scientifique », de la pollution et ses effets sur l'Homme (prouvés) vers « toutes les émissions humaines » et leurs effets sur changement climatique et l'environnement (objectivement, toujours à prouver), alors qu'il est établi que la pollution tue 50 fois plus que le climat !

Pour toutes ces raisons, on peut dire que l'installation des ZFE et donc la restriction de lieux importants de travail et de vie, avec les amendes associées, pour les citoyens parmi les moins fortunés, peut constituer une application abusive du Principe Pollueur-Payeur (PPP) sur les conducteurs, travailleurs et familles aux revenus les plus modestes, avec des résultats dont on peut sérieusement douter.



Licence Envato Par nblxer

## 9. SOLUTIONS DE BON SENS ET CONCLUSION

Aujourd'hui, la pollution tue entre 6 et 8 millions de personnes chaque année dans le monde.

Sur certaines émissions comme le  $\text{SO}_2$ , elles pourraient être considérablement réduites en **améliorant les procédés industriels de production d'électricité et d'industries (36%), de raffinage ou de combustion de pétrole et de gaz (21%) et de fonderies (12%)**.

**Les mesures politiques impactant le public ne sont pas pertinentes pour réduire le  $\text{SO}_2$ , de même que la part des volcans ne peut être contrôlée (environ 31% des émissions).**

Sur les PMs et le  $\text{NO}_2$  au contraire, ces émissions bénéficieraient d'une réflexion sur l'amélioration des sources d'énergie qui diminuent notre dépendance aux carburants habituels: améliorer la production d'énergie renouvelable, l'efficacité énergétique, les systèmes de transport et de mobilité qui dépendent moins des voitures particulières, ainsi que des véhicules électriques. Comme le  $\text{NO}_2$  provient également de la combustion de charbon, de pétrole ou de gaz naturel pour les centrales électriques, de l'agriculture et des procédés industriels tels que le soudage, la galvanoplastie et le dynamitage, ces secteurs devraient travailler à la réduction des émissions, par des améliorations de procédés. Les politiques doivent orienter encore plus



d'investissements vers l'amélioration des filtres à NO<sub>2</sub> et à particules PMs pour les véhicules. Tous ces axes doivent continuer à être développés en informant le public et les décideurs politiques, afin de ne pas impacter uniquement le public, les véhicules personnels et éviter ainsi des politiques publiques extrêmes.

Un point clé sur la pollution de l'air et la santé humaine est que l'air intérieur peut généralement être plus toxique que l'air extérieur. La conséquence en est que le traitement et la purification de l'air intérieur par divers appareils pourraient être significativement efficaces pour réduire les niveaux de polluants atmosphériques, leur toxicité et probablement les décès qui y sont associés, surtout si ces appareils sont installés à la maison, dans les écoles, les administrations, les métros et les transports, etc.

En extérieur, les arbres sont les meilleurs détoxifiants naturels de la pollution et de beaux projets de développement d'espaces verts pour contrer la pollution des villes et des zones existent déjà.

Si nous n'agissons pas, aujourd'hui et dans les décennies suivantes, la pollution continuera de tuer beaucoup plus que le réchauffement climatique ou le changement climatique (30 à 50 fois plus à l'échelle mondiale). Les interrelations entre pollution et changement climatique doivent être précisément étudiées, détaillées et expliquées aux politiques ainsi qu'au public. Dans quelle mesure la pollution influence-t-elle le changement climatique et vice-versa ? En effet, il est nécessaire, grâce à une science indépendante, de mieux comprendre ces deux sujets complexes, leurs interactions ainsi que la contribution réelle de l'activité humaine sur ces phénomènes.

***Comme le montre ce rapport, il reste encore beaucoup à faire sur la pollution qui est l'un des principaux fardeaux et tueurs mondiaux. Elle devrait être une priorité par rapport au changement climatique même si nous observons clairement un glissement du problème de la pollution vers le réchauffement climatique et le changement climatique impulsé par des politiques et des médias grand public majoritairement mal informés.***

***Clairement, la protection de la nature et de l'environnement ne peut qu'être la préoccupation de tous les partis et de tous les citoyens, c'est le bon sens, et la discussion, en particulier scientifique, doit être plus ouverte.***