

POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET SANTÉ:

IMPACT DES PARTICULES FINES EN SUSPENSION



Ph Bonnet cardiologue environnemental

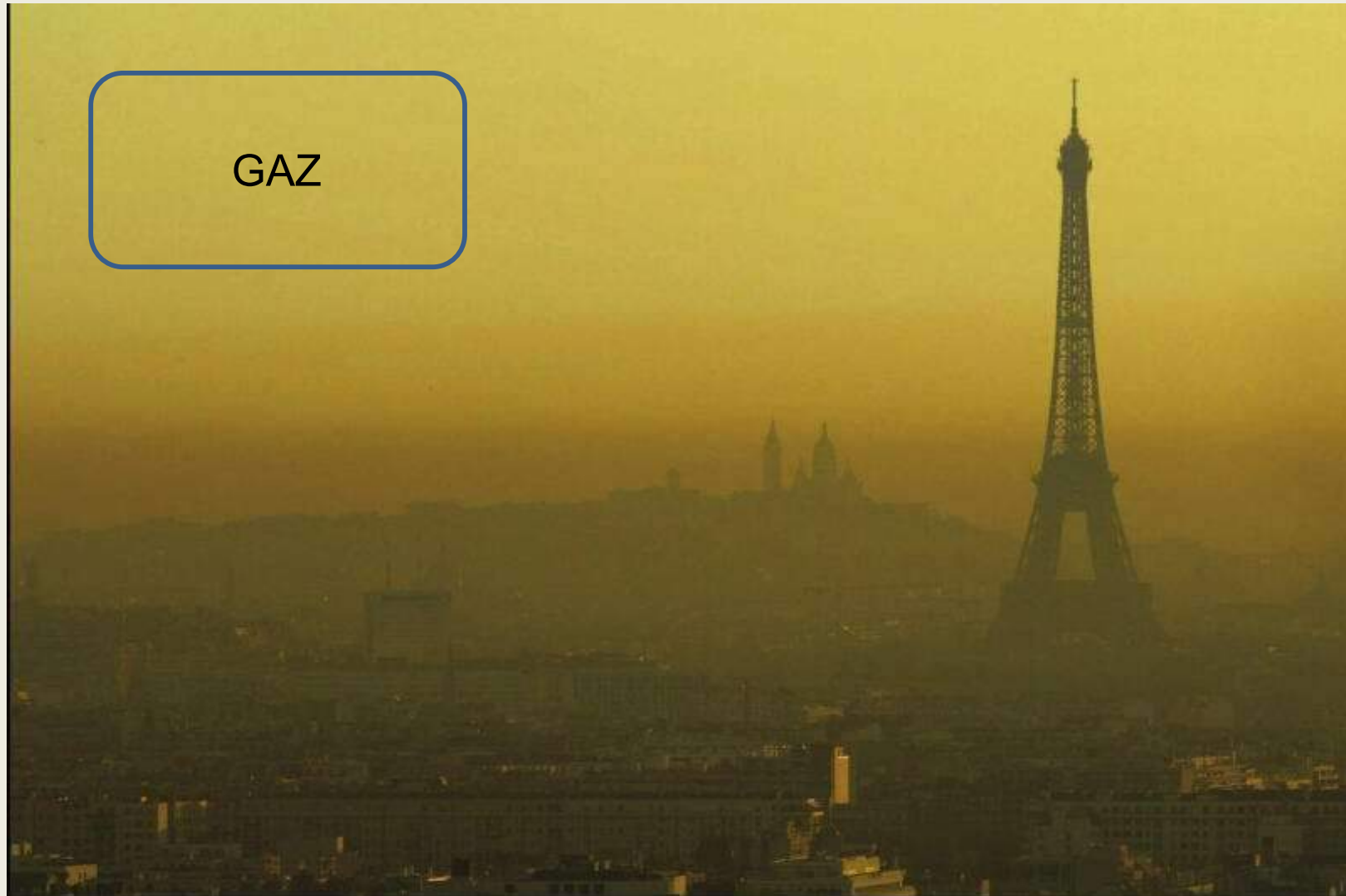
POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET SANTÉ:

IMPACT DES PARTICULES EN SUSPENSION

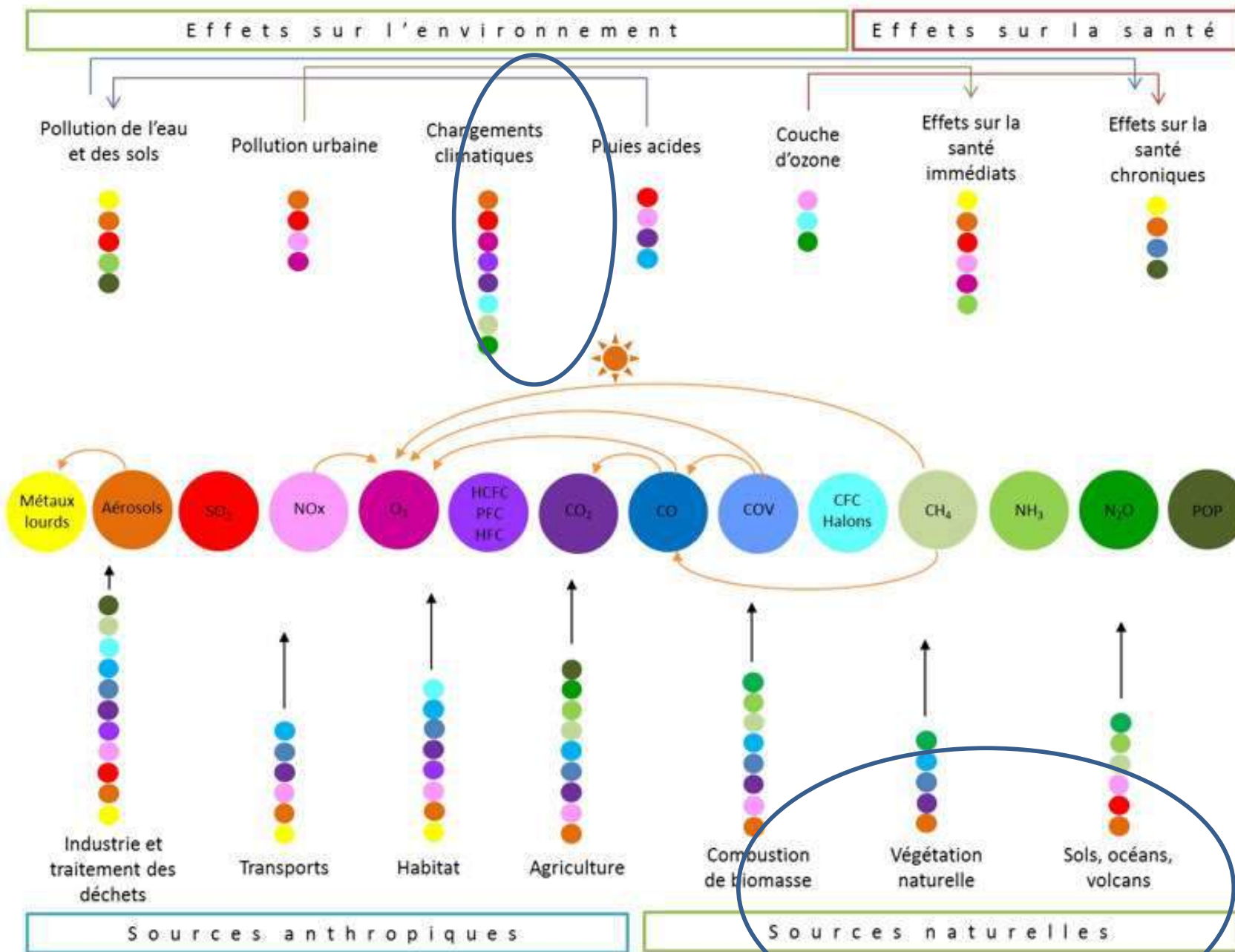


POLLUTION ATMOSPHERIQUE ET SANTÉ:

IMPACT DES PARTICULES EN SUSPENSION

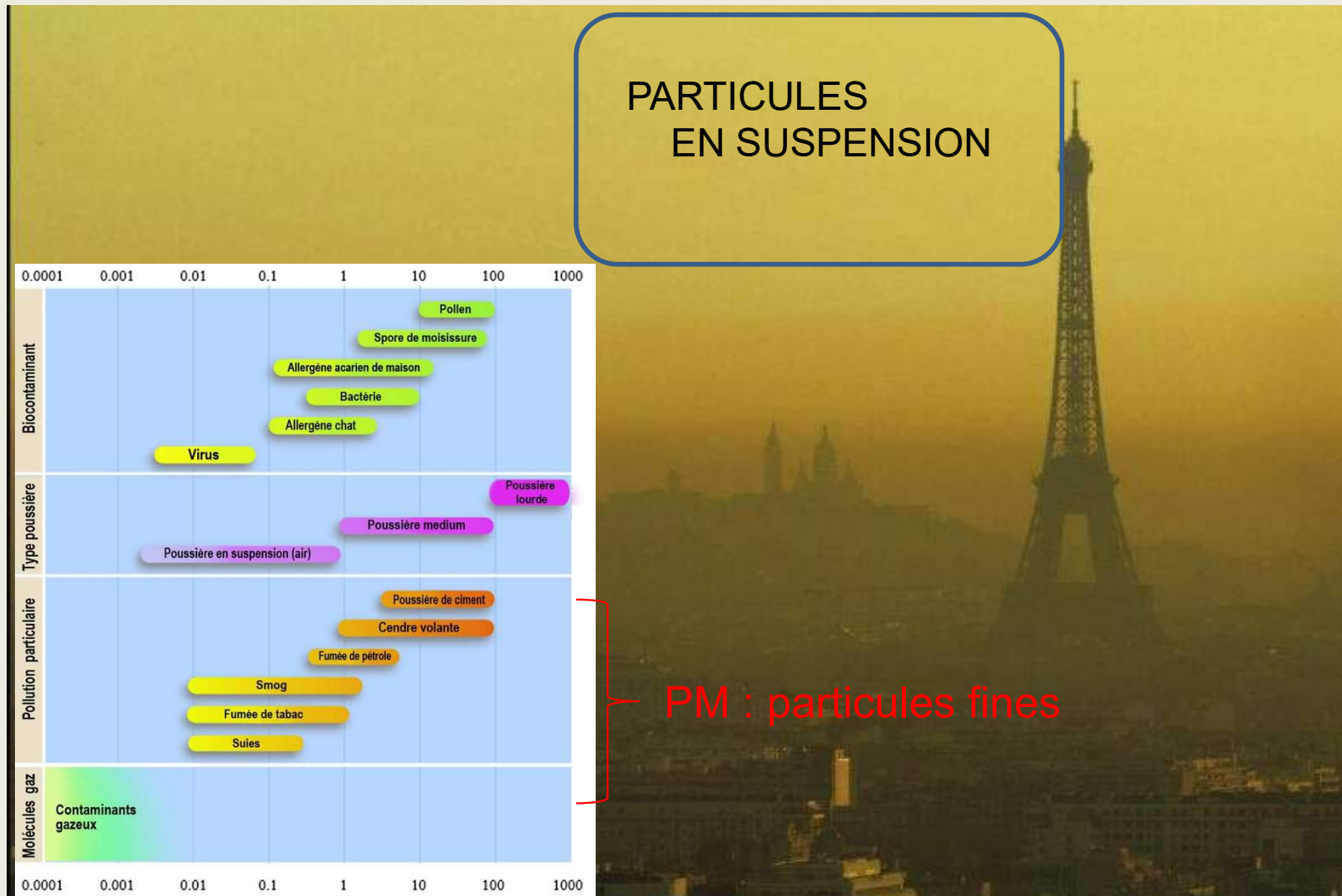


LES GAZ



POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET SANTÉ:

IMPACT DES PARTICULES EN SUSPENSION



Impact sanitaire majeur des PM

Tableau n° 1 : estimation du nombre de décès prématurés et des années de vie perdues liés à la pollution aux PM_{2,5}, NO₂ et O₃

	Particules fines	Dioxyde d'azote	Ozone	Cumul
Nombre de décès prématurés				
<i>Union européenne (28)</i>	391 000	76 000	16 400	486 400
<i>France</i>	35 800	9 700	1 800	47 300
Années de vie perdues				
<i>Union européenne (28)</i>	4 150 000	795 000	180 000	NA
<i>France</i>	414 700	112 400	21 600	NA

Source: AEE, Air quality in Europe in 2018

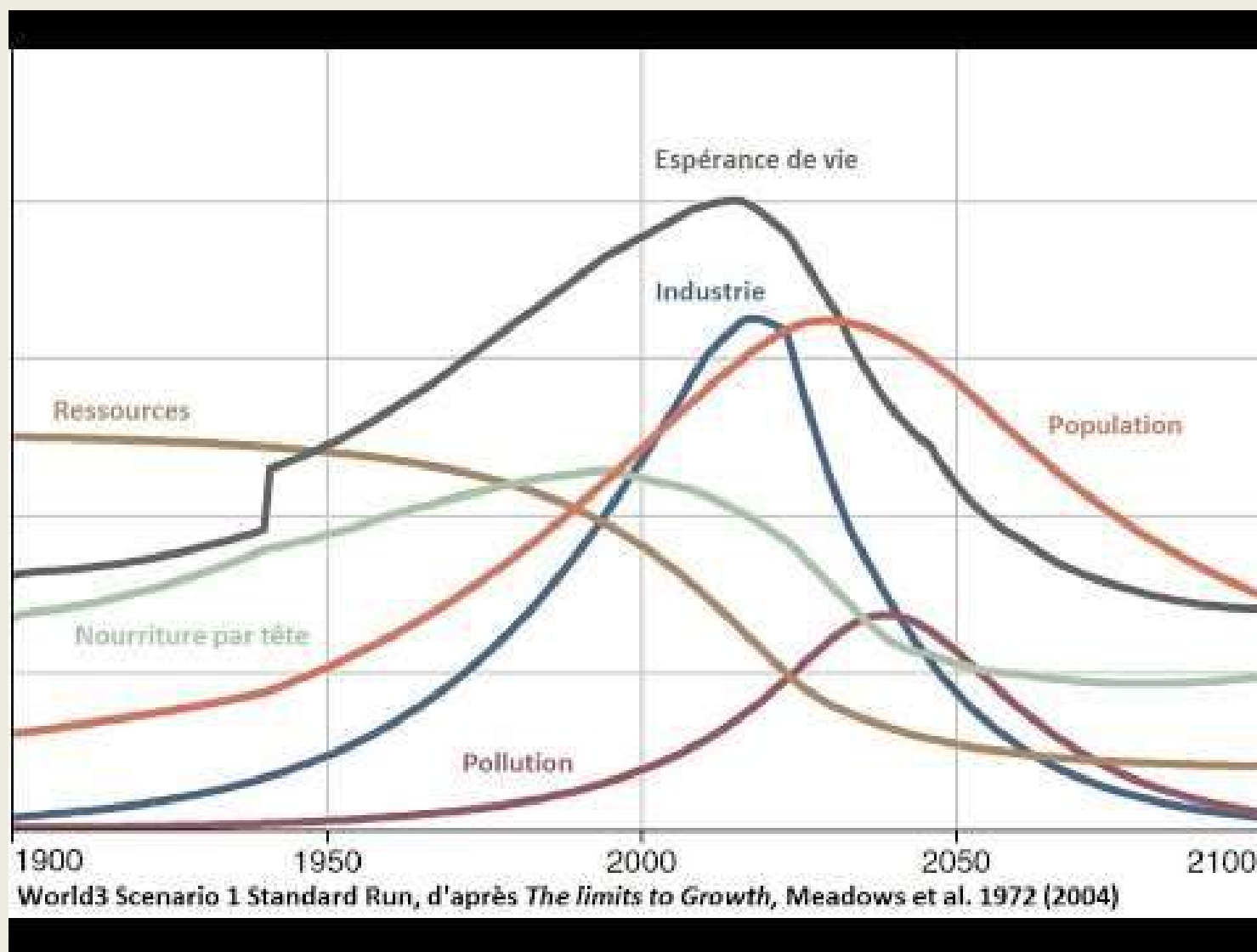
80 %

Pollution de l'air ambiant : nouvelles estimations de son impact
sur la santé des Français

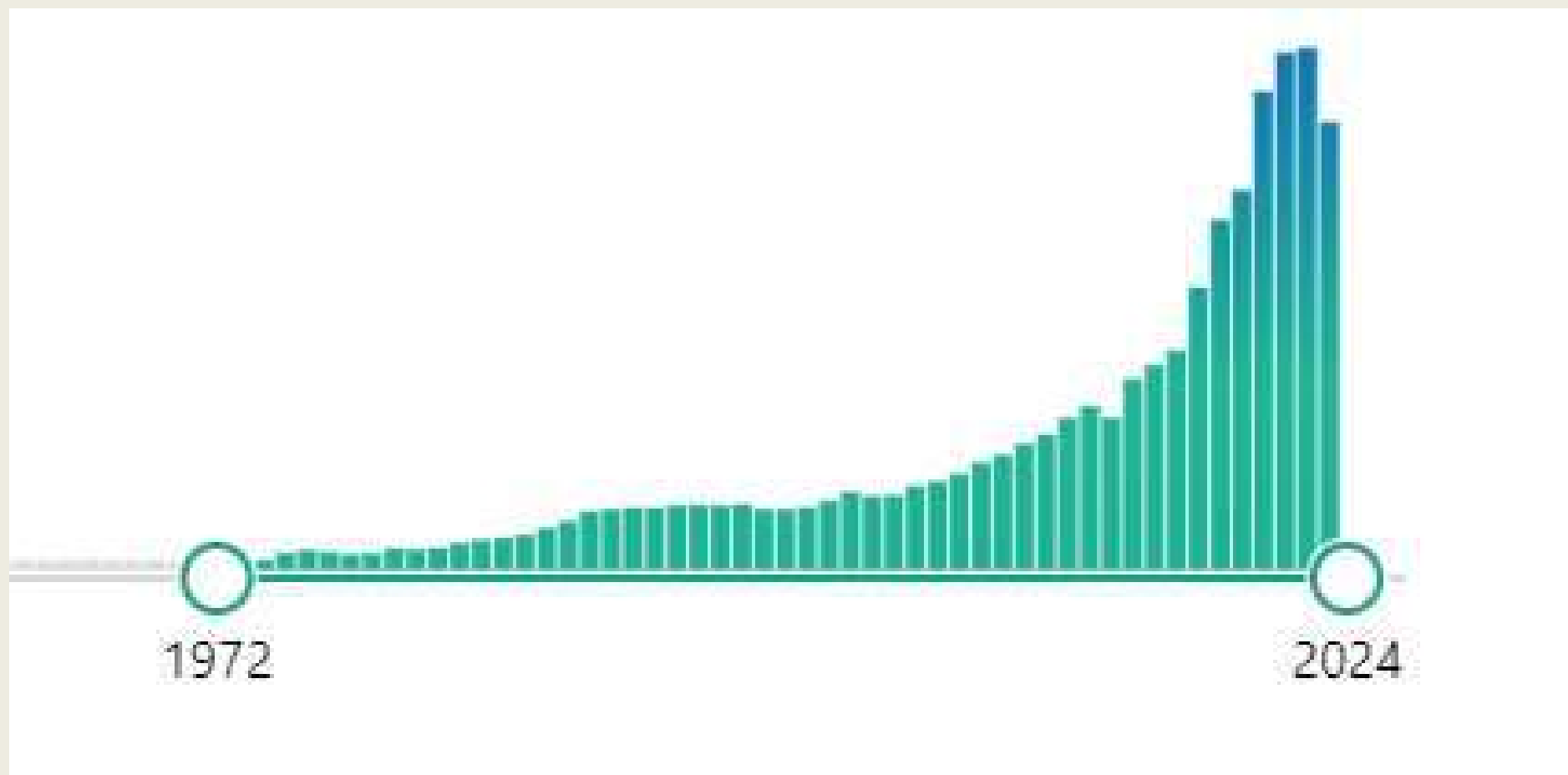


48 000 DC prématurés en France
10% de la mortalité
(Tabac: 75 000 DC)

30 Milliards d'euros par an



Pub méd PM 10





Volume 42, Issue 34
7 September 2021

[Article Contents](#)

JOURNAL ARTICLE GUIDELINES

2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: Developed by the Task Force for cardiovascular disease prevention in clinical practice with representatives of the European Society of Cardiology and 12 medical societies With the special contribution of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC) FREE

Recommendations

Class^a

Level^{b,c}

Putting in place measures to reduce air pollution, including reducing PM emission and gaseous pollutants, reducing the use of fossil fuels, and limiting carbon dioxide emissions, are recommended, to reduce CVD mortality and morbidity.

I

C

Matière particulaire:

« Les **P**articules **M**atter » PM

Classées en

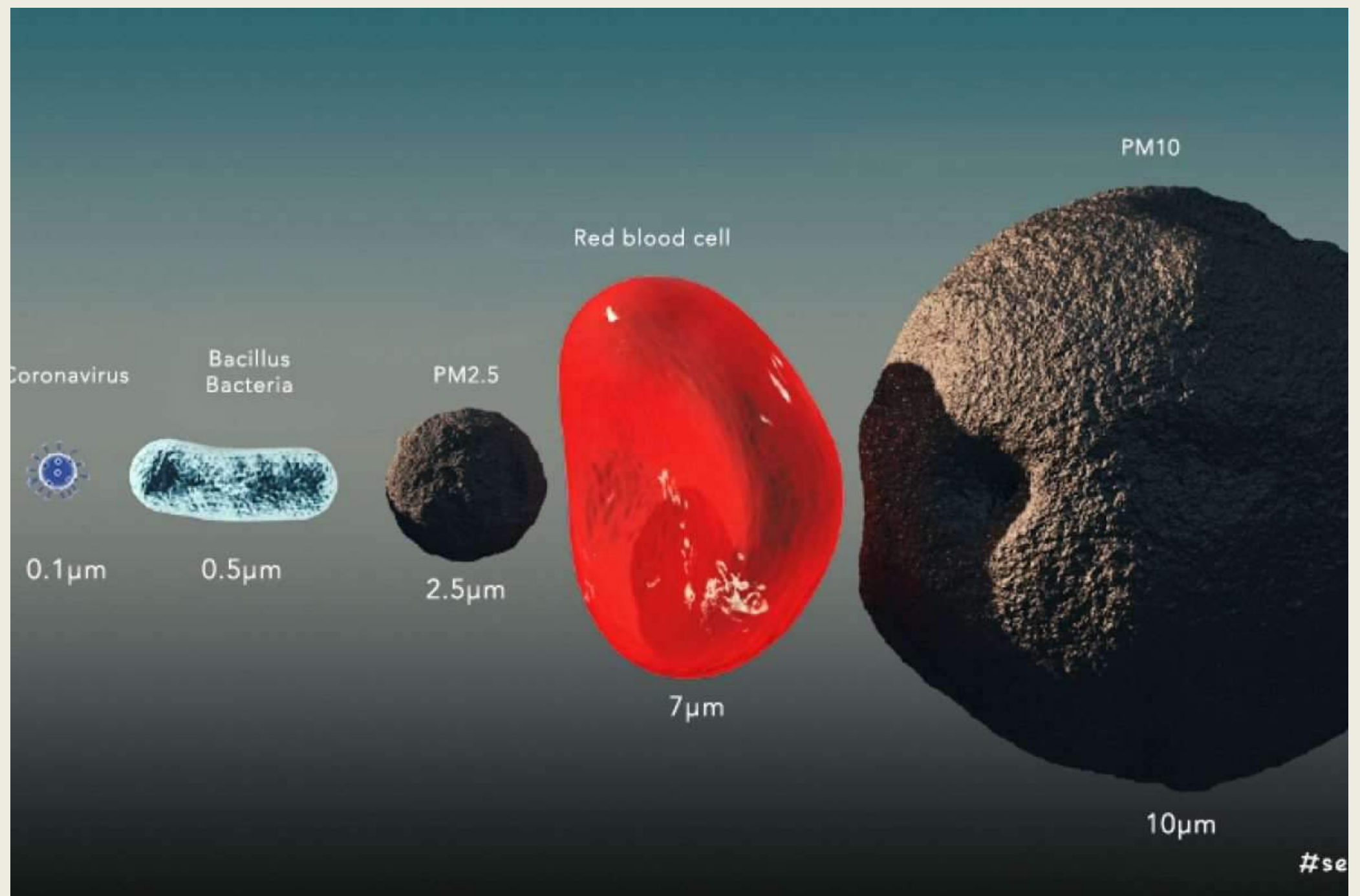
- Taille
- Composition
- Concentration
- Origine

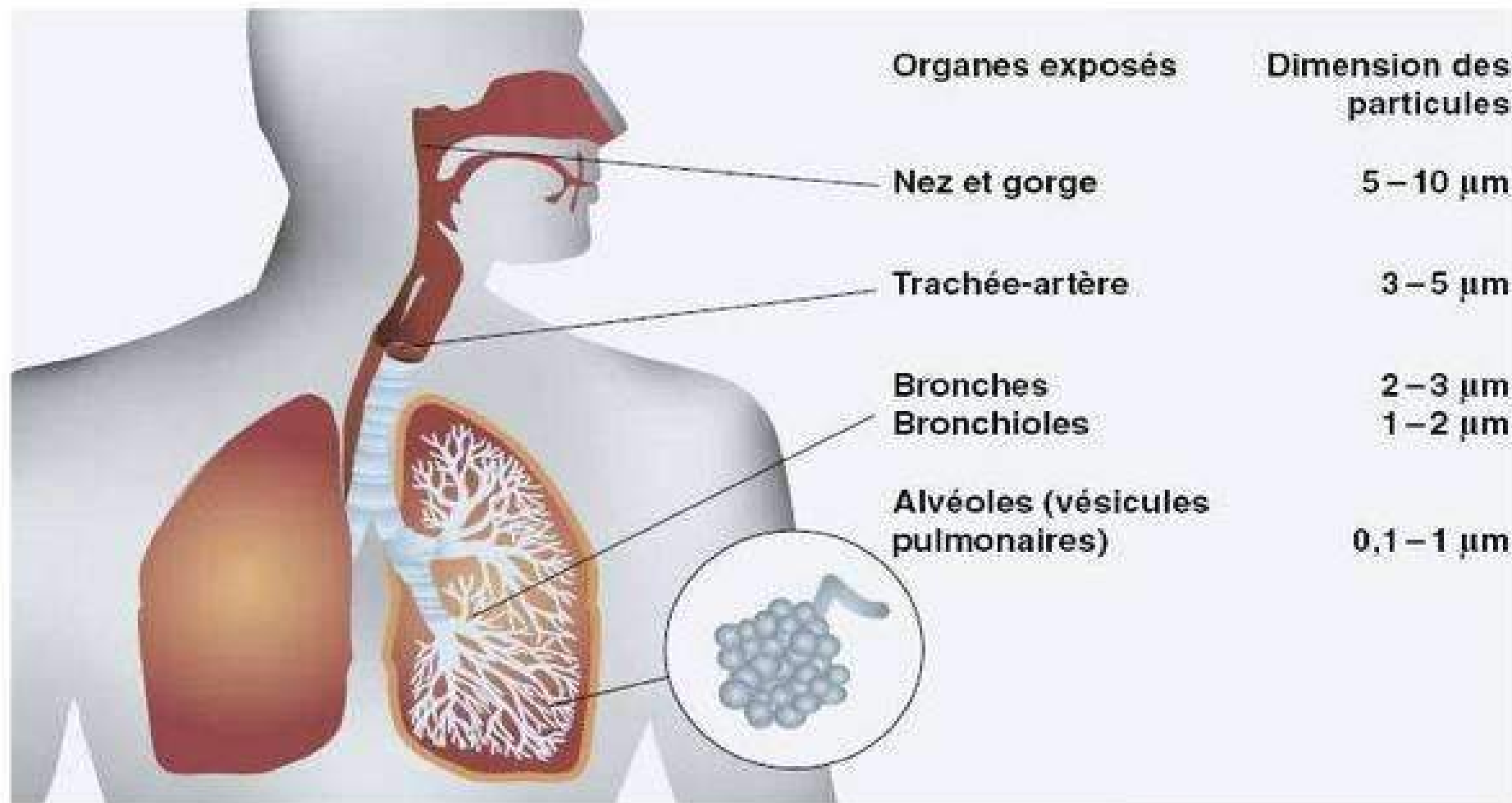
PM en taille:

Particules “**grossières**” appelées **PM 10**
(diamètre $< 10\ \mu\text{m}$)

Particules **fines PM 2,5**
(diamètre $< 2,5\ \mu\text{m}$)

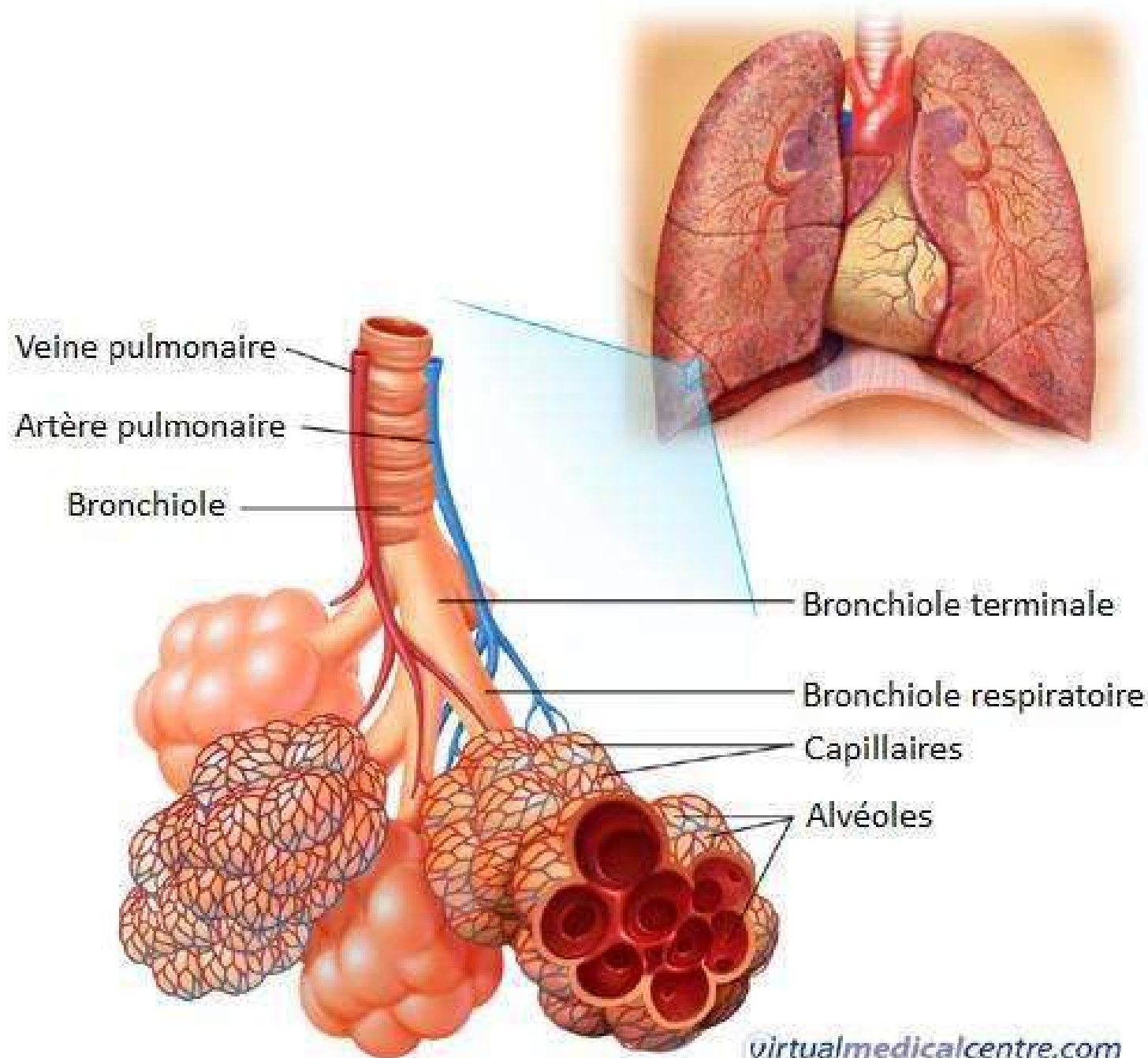
Particules **ultrafines ou nanoparticules**
PM 0,1 diamètre $< 0,1\ \mu\text{m}$

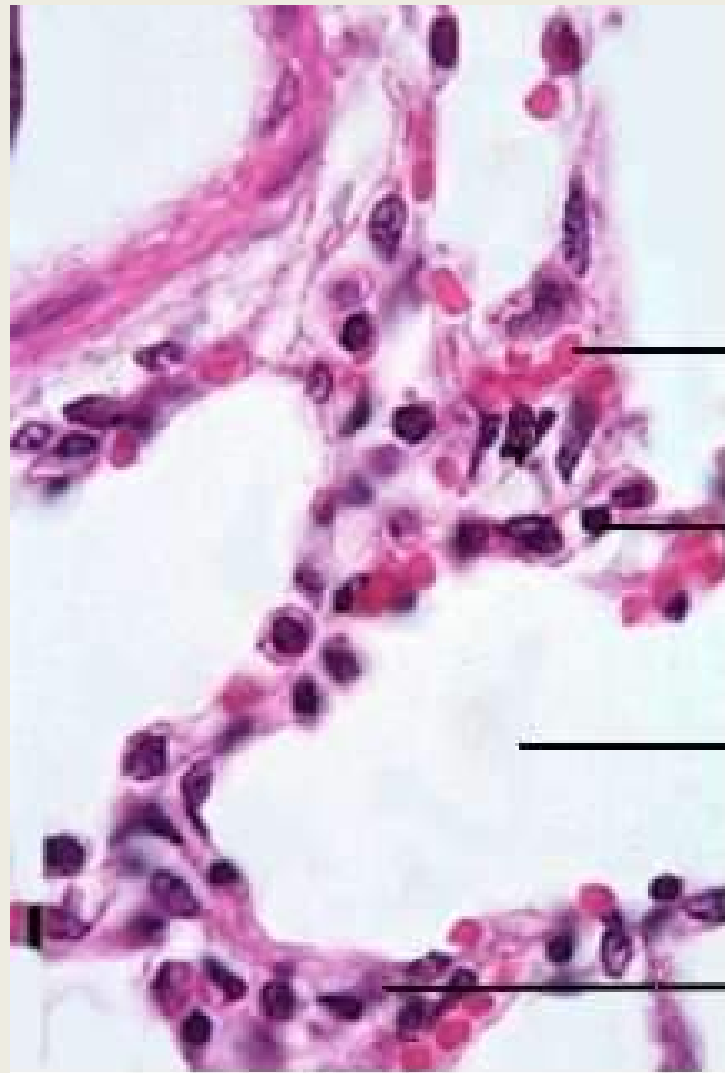




Organes respiratoires exposés aux poussières fines: plus les particules sont petites, plus elles pénètrent profondément dans l'appareil pulmonaire.

0.5 l / inspiration x 20 /mn
15 000 l par jour (15 m³)



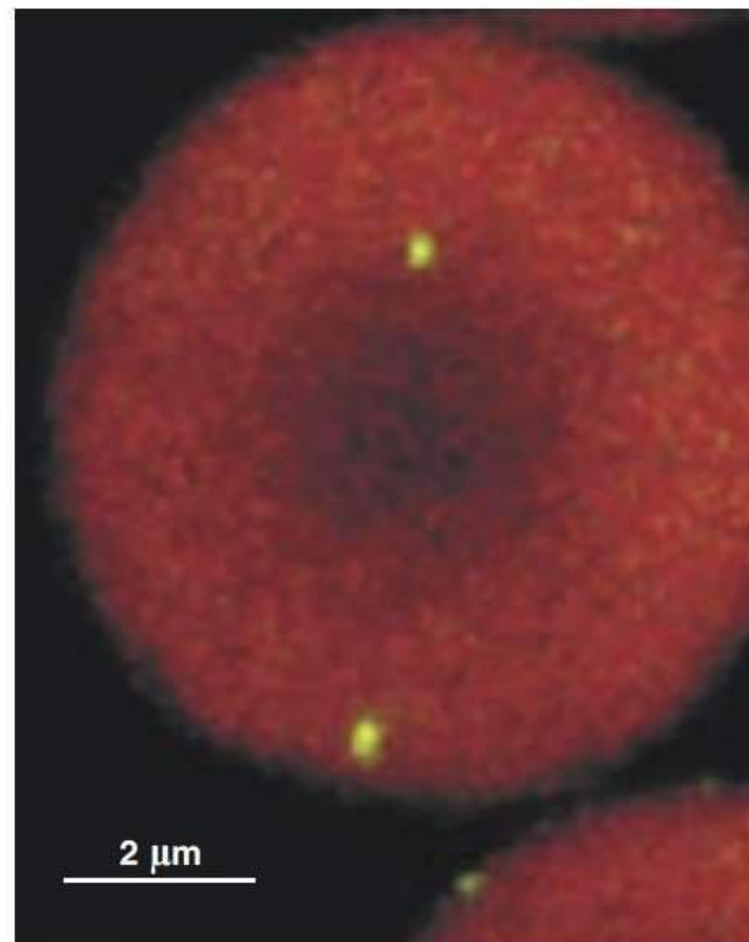


globule rouge (rouge clair)

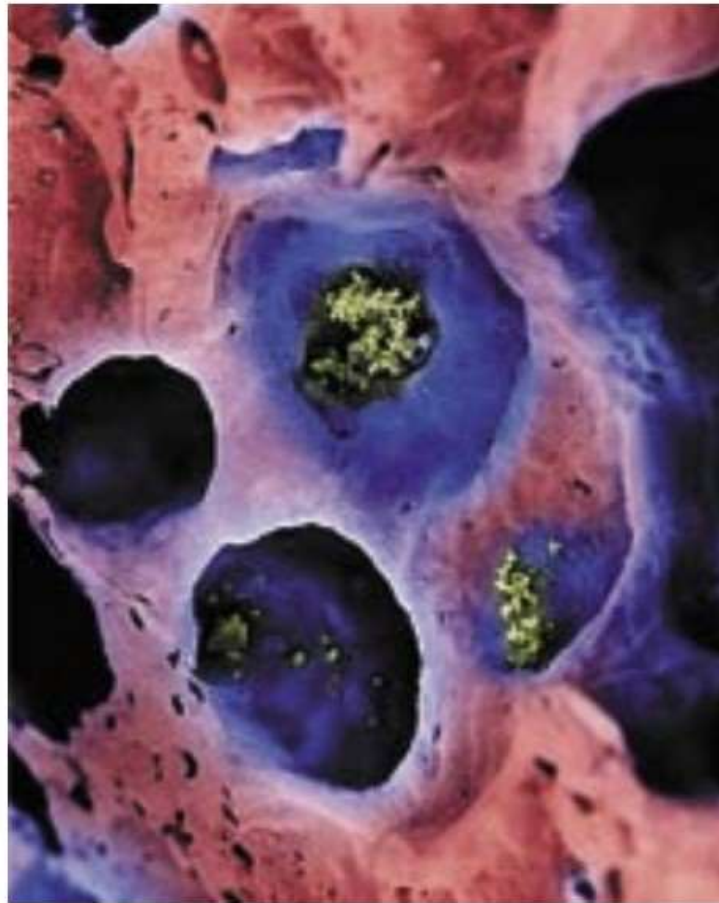
noyau d'une cellule
de la paroi (violet foncé)

air alvéolaire

paroi alvéolaire

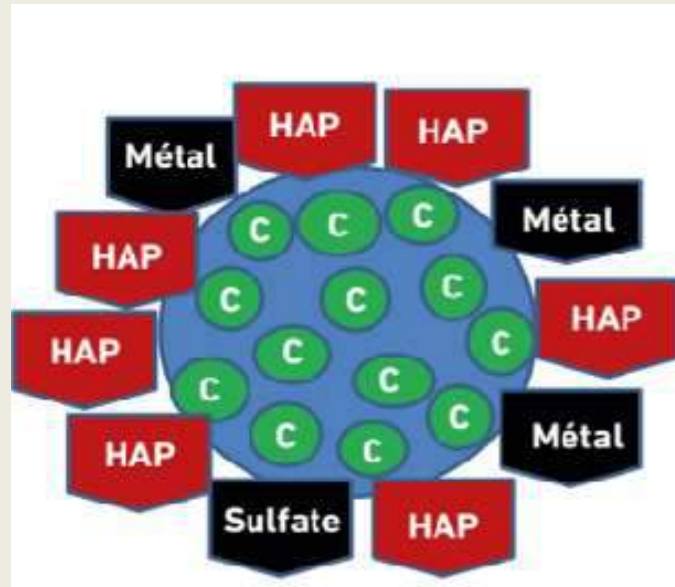


Les poussières fines pénètrent aussi dans le sang: vue au microscope de particules (en jaune) dans les globules rouges.



**Particules de suie déchiquetées (en vert)
dans le poumon humain.**

PM : Composition 1



Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques: **HAP**
Métaux dits de “transition” du fait de leur capacité à
initier des **réactions oxydatives**

PM : Composition 2

Observations microscopiques

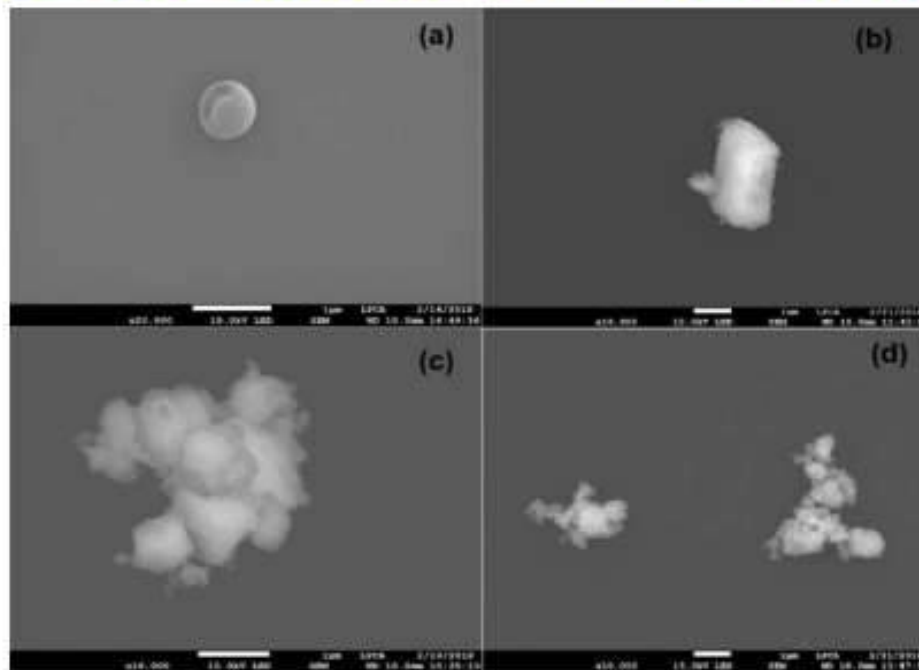


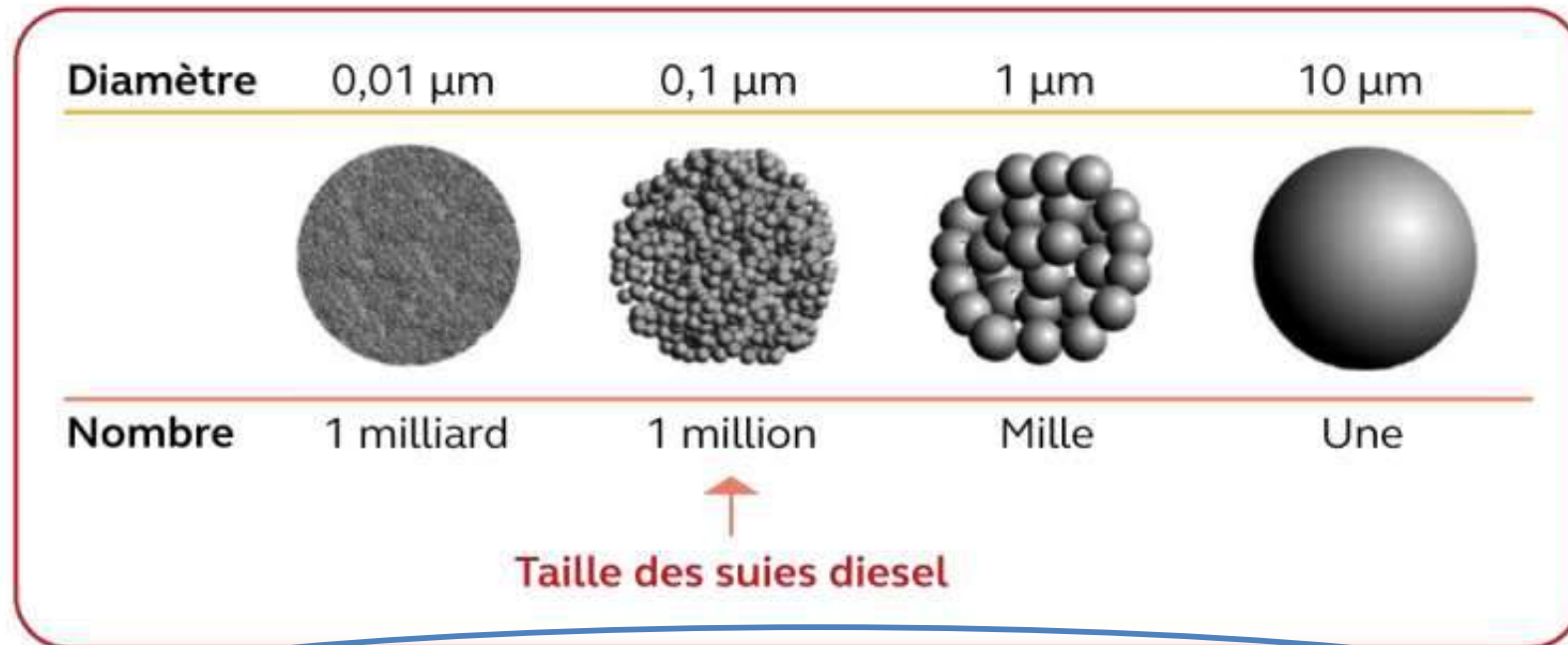
Image	Forme	Taille	Formation
a	sphérique	$<0,1 \mu\text{m}$	Thermique
b	angulaire	$0,1\text{-}1 \mu\text{m}$	Mécanique
c, d	aggloméré	$>1 \mu\text{m}$	Mécanique & agglomérations

Diversité des formes selon diamètres et processus de formation

- Total organic and elemental carbon (OC, EC),
- Soluble inorganic ions (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} and Cl^-)
- Inorganic elements Al, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Sb, Ba and Pb
- Low-oxidised organic aerosol and more-oxidised organic aerosol (LOOOA/MOOOA)
- Total organic fractions,
- Biomass burning markers (galactosan, mannosan and levoglucosan),
- Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)
- C_{24} - C_{34} n-alkanes,
- Aerosol cooking markers (palmitic acid, stearic acid, cholesterol),
- Vehicle exhaust markers (17a(H)-22, 29,30-trisnorhopane (C27a) and 17b(H)-21a-norhopane (C30ba)),
- Isoprene markers (2-methylglyceric acid, 2-methylerythritol, 2-methylthreitol, 3-hydroxyglutaric acid),
- C_5 -alkene triols (cis-2-methyl-1,3,4-trihydroxy-1-butene, 3-methyl-2,3,4- trihydroxy-1-butene, trans-2-methyl-1,3,4-trihydroxy-1- butene),
- α -pinene SOA tracers (cis-pinonic acid, pinic acid, 3-methyl-1,2,3-butanetricarboxylic acid (MBTCA), 2,3-dihydroxy-4-oxopentanoic acid, aged α -pinene SOA marker),
- β -caryophyllene SOA tracer (β -caryophyllinic acid)
- (VOC) S
- OA tracer (3-isopropylpentanedioic acid) (Liu et al., 2021)
- gas-phase concentrations of methanol, acetonitrile, acetaldehyde, acrolein, acetone, isoprene, methacrolein, methyl ethyl ketone,
- gas-phase concentrations of aromatic volatile organic compound: benzene, toluene, C_2 -benzenes and C_3 -benzenes
- gas-phase concentrations of O_3 , CO, NO, NO_2 , NO_y and SO_2
- gas-phase concentrations of hydroxyl radicals (OH), peroxy radicals (HO_2) and organic peroxy radicals (RO_2)

PM : Concentration

Schéma n° 1 : les PM en masse et les PM en nombre



Source : ATMO Sud. Légende : une particule de 10 μm est un million de fois plus lourde qu'une particule de 0,1 μm . La mesure des particules en masse ne permet donc pas d'apprécier correctement leur nombre.

PM: Origines

Primaire:

Directement émises dans l'atmosphère:

Issues de toutes les combustions incomplètes

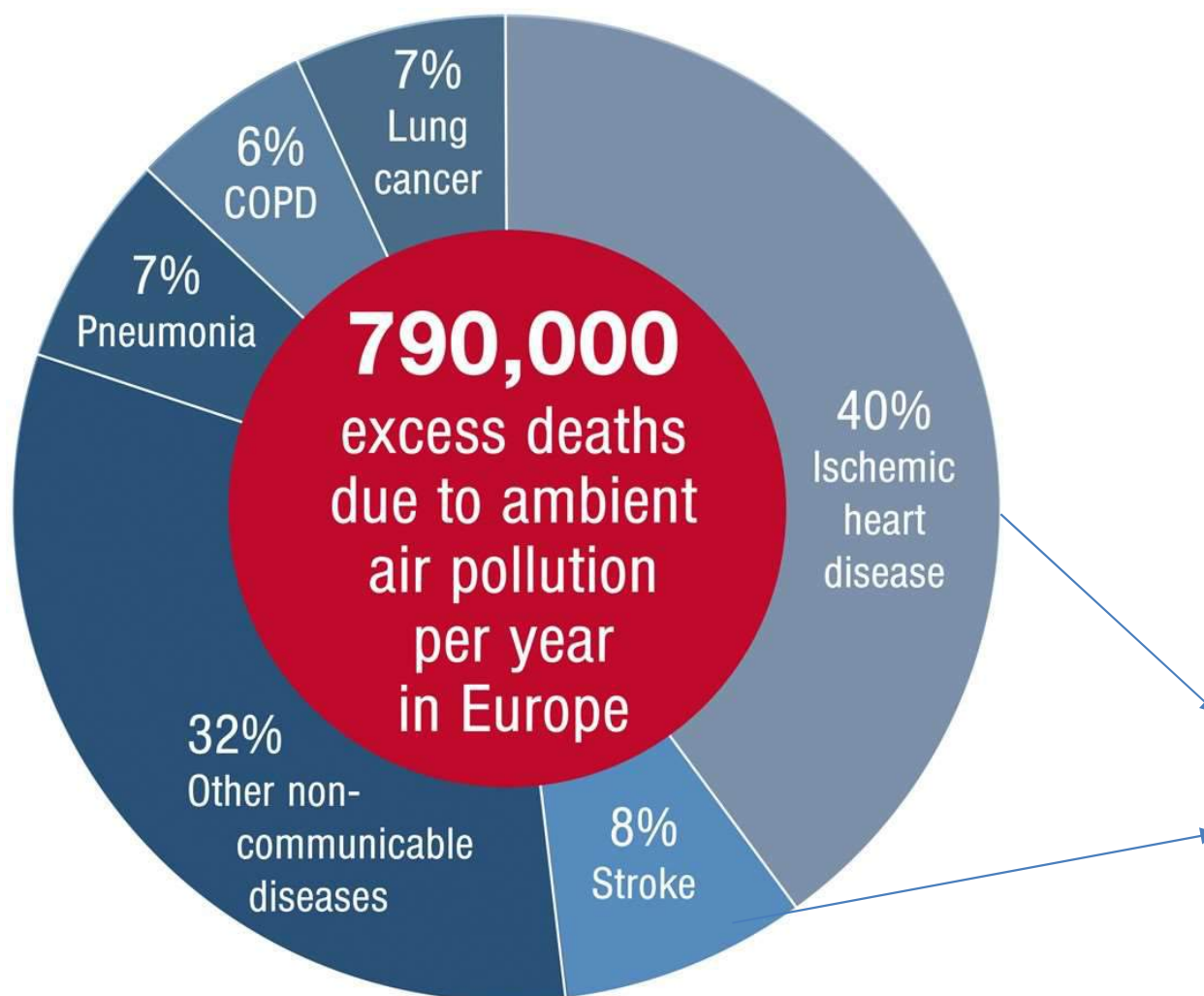
Activités industrielles, domestiques, agricole ou naturelle

Secondaire dans l'atmosphère:

réactions physico-chimiques: SO₂, NO_x, COV,

pression atmosphérique, température

Figure 4 Estimated excess mortality attributed to air pollution in Europe, and the contributing disease categories. At ...



Pollution de l'air: dualité d'effets

Effets à long terme

Après des années
d'exposition



Facteur de risque de
mortalité CV

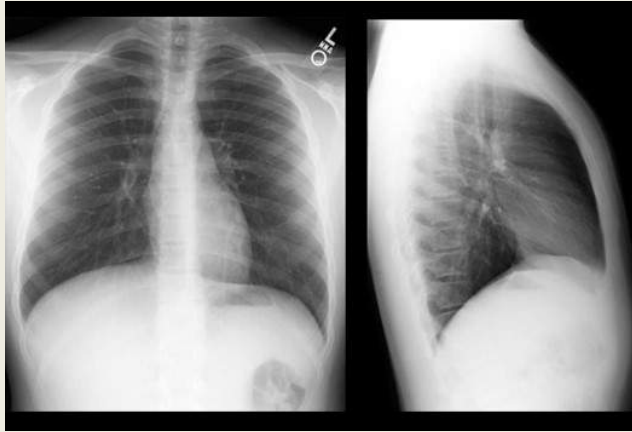


Effets à court terme

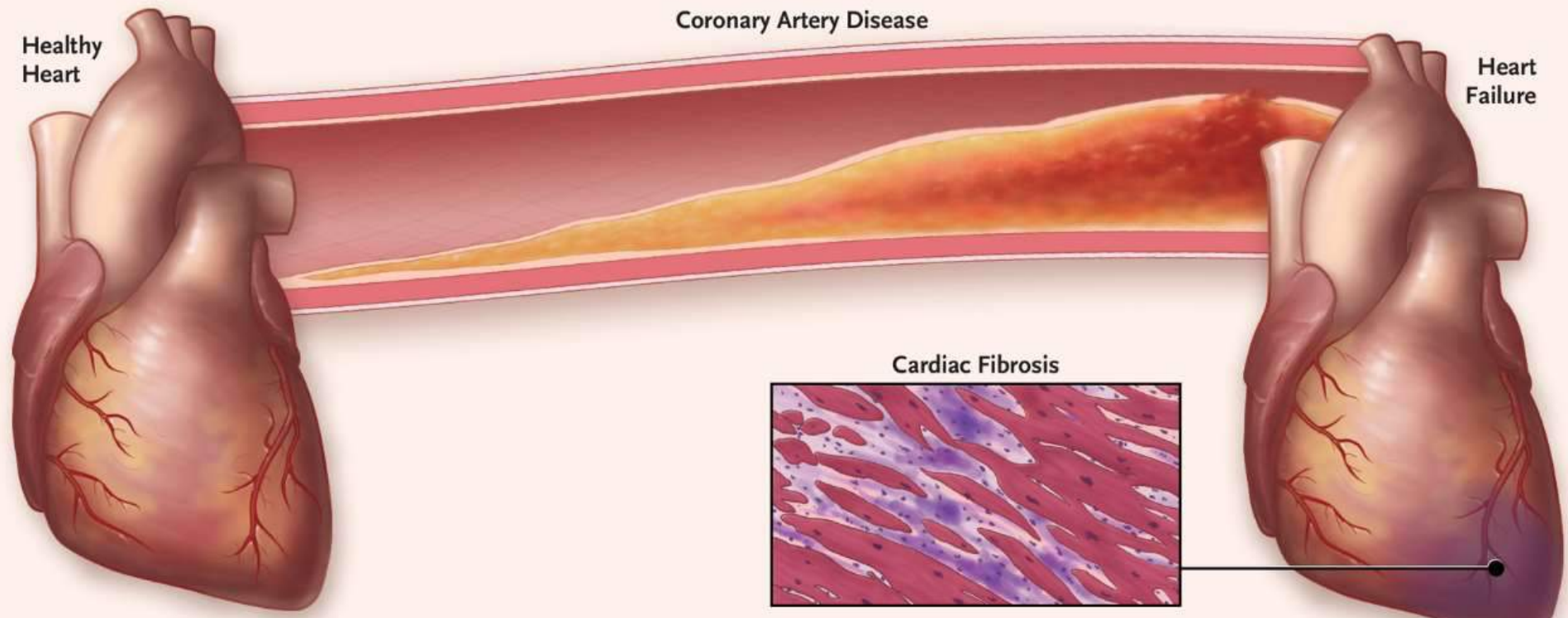
Après des dégradations
aigues de la qualité de l'air

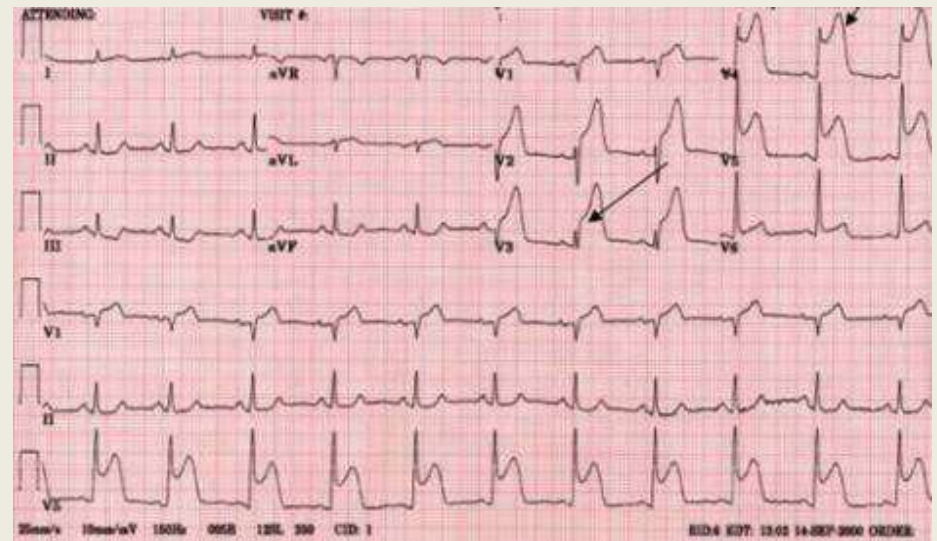


Facteur déclencheur ("trigger")
d'évènements CV



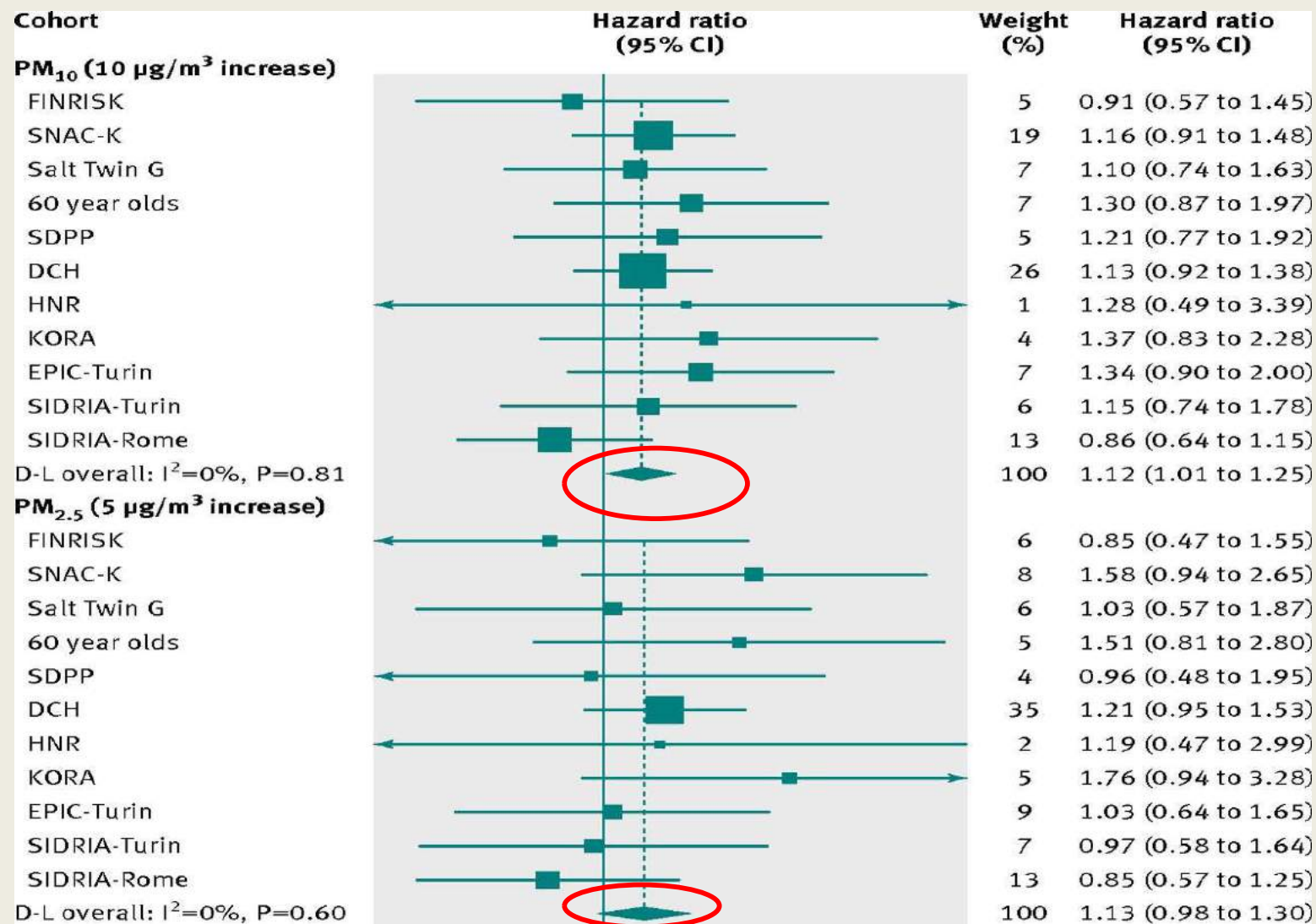
Progression of Cardiovascular Disease





Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project

Giulia Cesaroni[†], Francesco Forastiere, Massimo Stafoggia, Zorana J Andersen, Chiara Badaloni,



Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: the ESCAPE Project

Etude prospective européenne, > 100 000 participants issus de 11 cohortes :

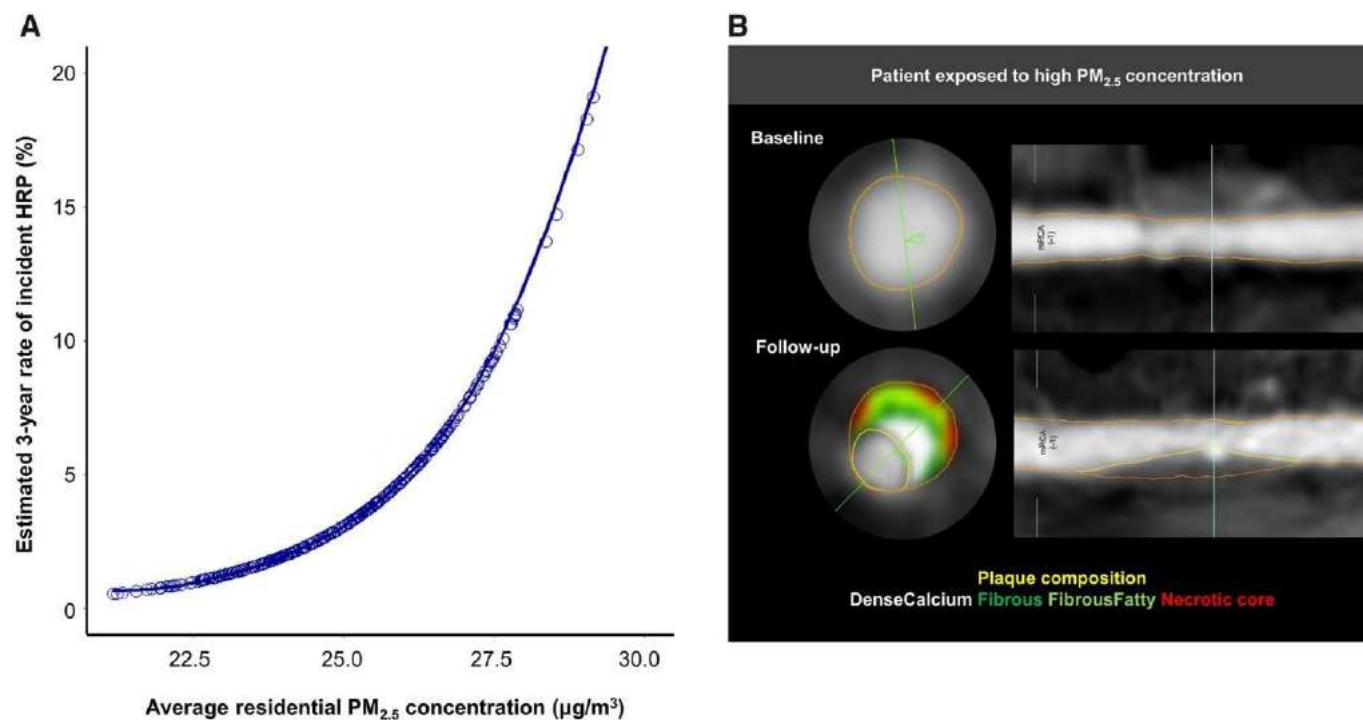
↗ **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10}** : augmentation du risque d'infarctus du myocarde de **12 %**

↗ **5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{PM}_{2.5}$** : augmentation du risque d'infarctus du myocarde de **13 %** .

Effet ajusté pour confondeurs (état civil, données socioéconomiques, diabète, tabagisme, BMI, HTA).

Associations observées pour des concentrations en polluant inférieures aux normes européennes

Figure 2 Increased risk of the development of HRP in patients exposed to high residential PM_{2.5} ...



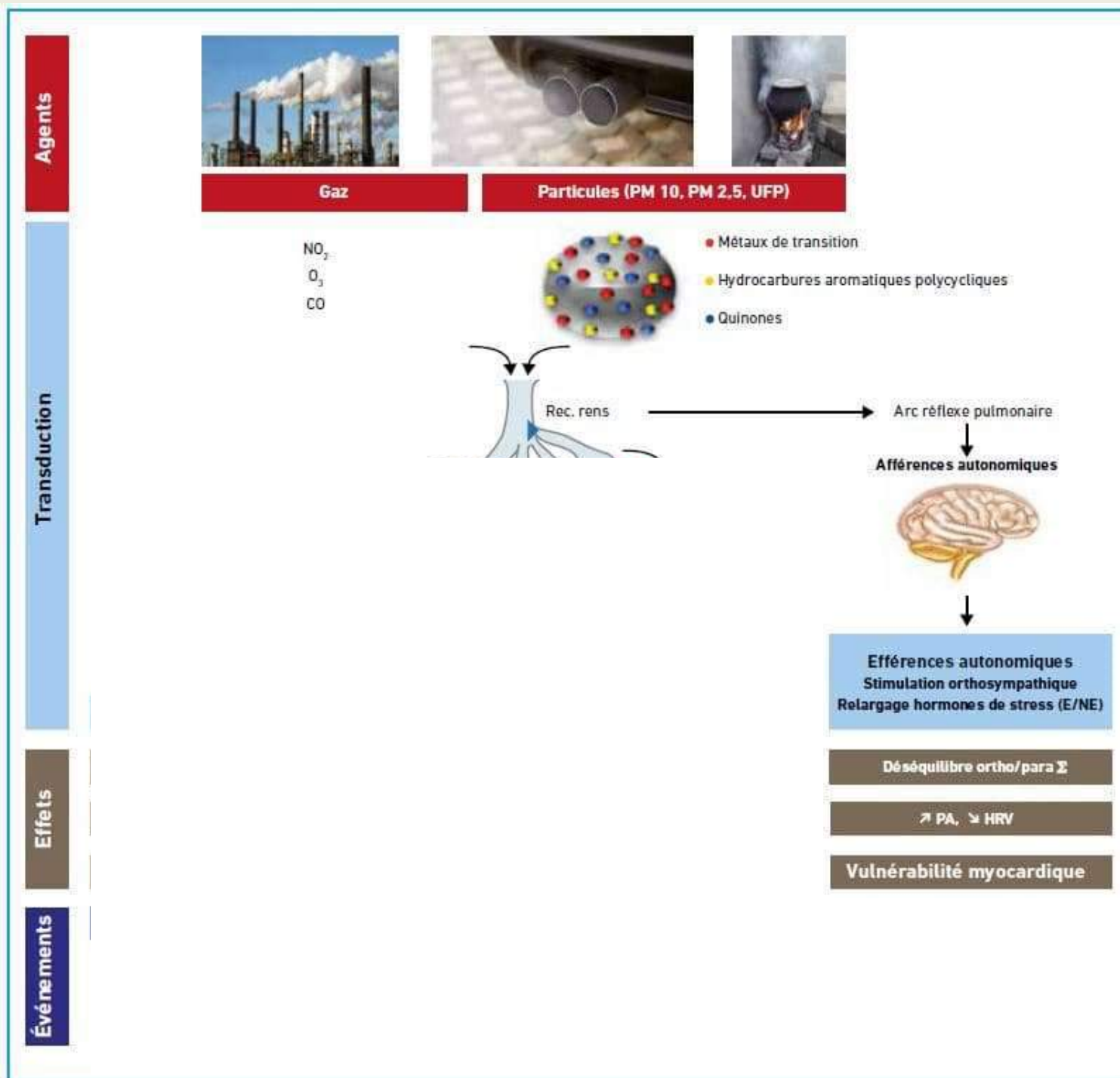


Fig. 1 : Effets physiopathologiques de la pollution de l'air. **PM :** matière particulaire; **UFP :** particules ultrafines; **NO_2 :** dioxyde d'azote; **O_3 :** ozone; **CO :** monoxyde de carbone; **Res Sens :** récepteur sensitif; **E :** épinephrine; **NE :** norépinephrine; **BF :** flux sanguin; **PA :** pression artérielle; **HRV :** variabilité du rythme cardiaque; **SCA :** syndrome coronarien aigu; **NSTEMI :** infarctus myocardique sans élévation du ST; **STEMI :** infarctus myocardique avec élévation du ST; **AVC :** accident vasculaire cérébral; **Insuf. cardiaque :** insuffisance cardiaque; **NO :** monoxyde d'azote; **Para Σ :** système parasymphatique.

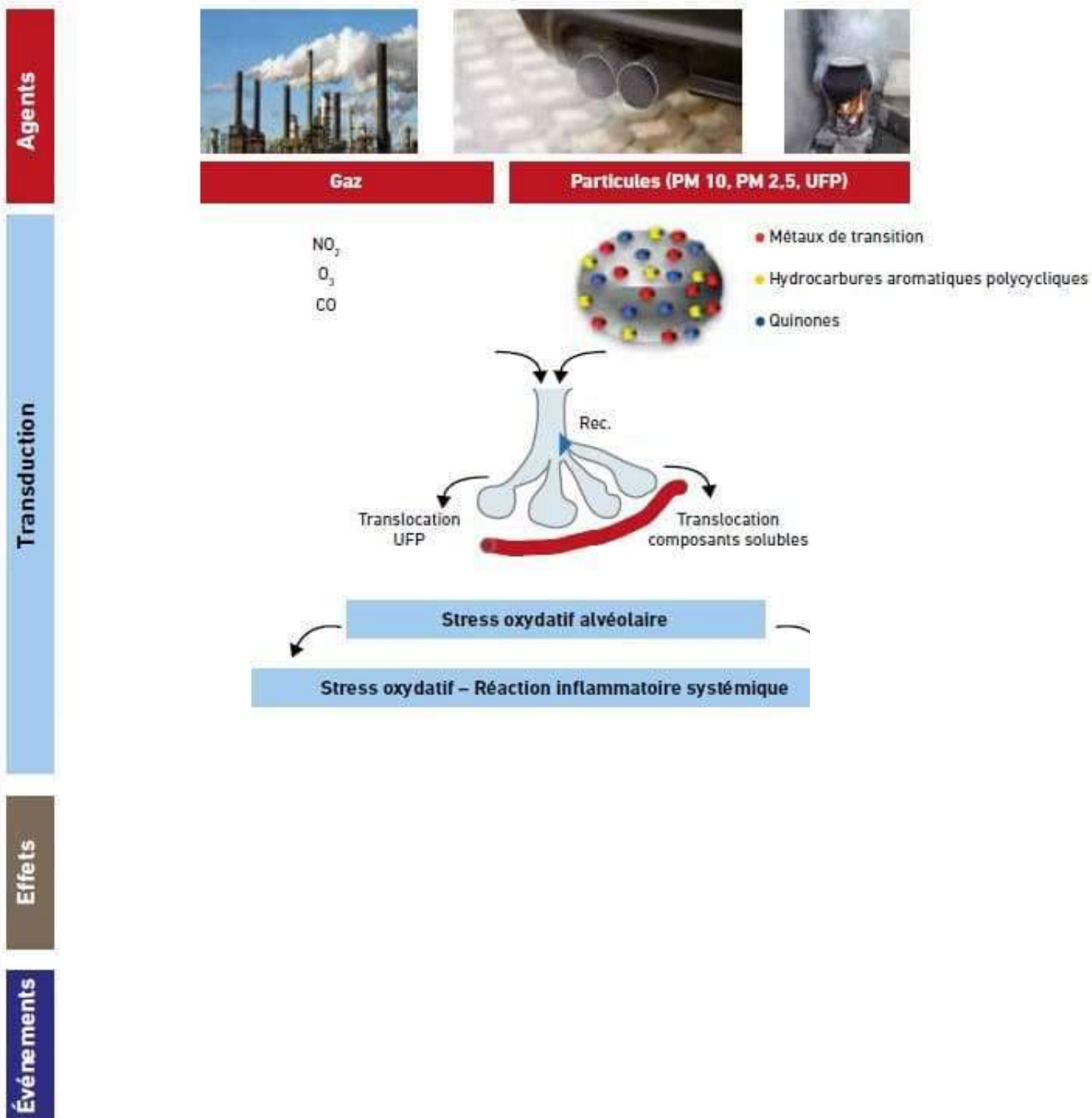
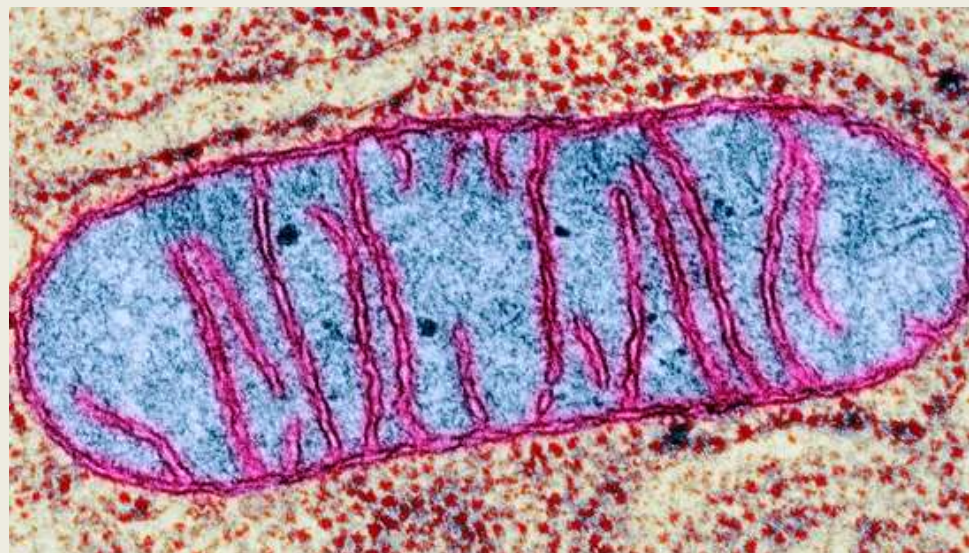
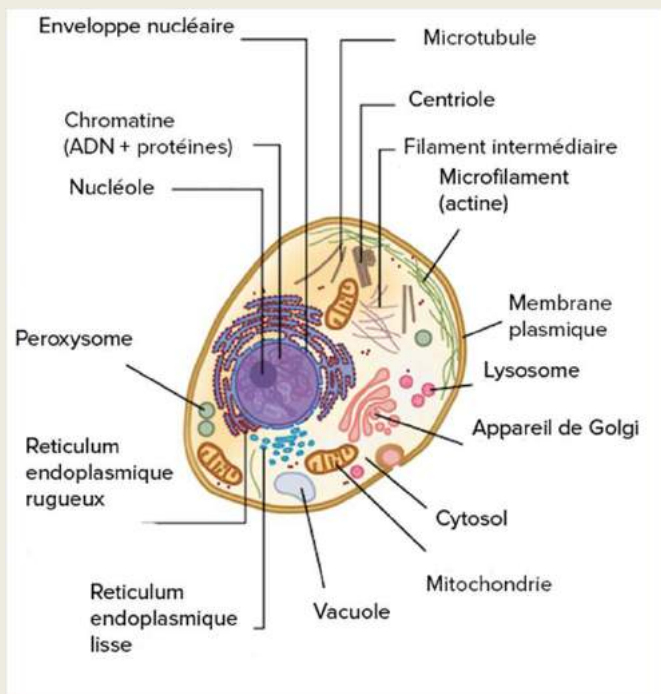
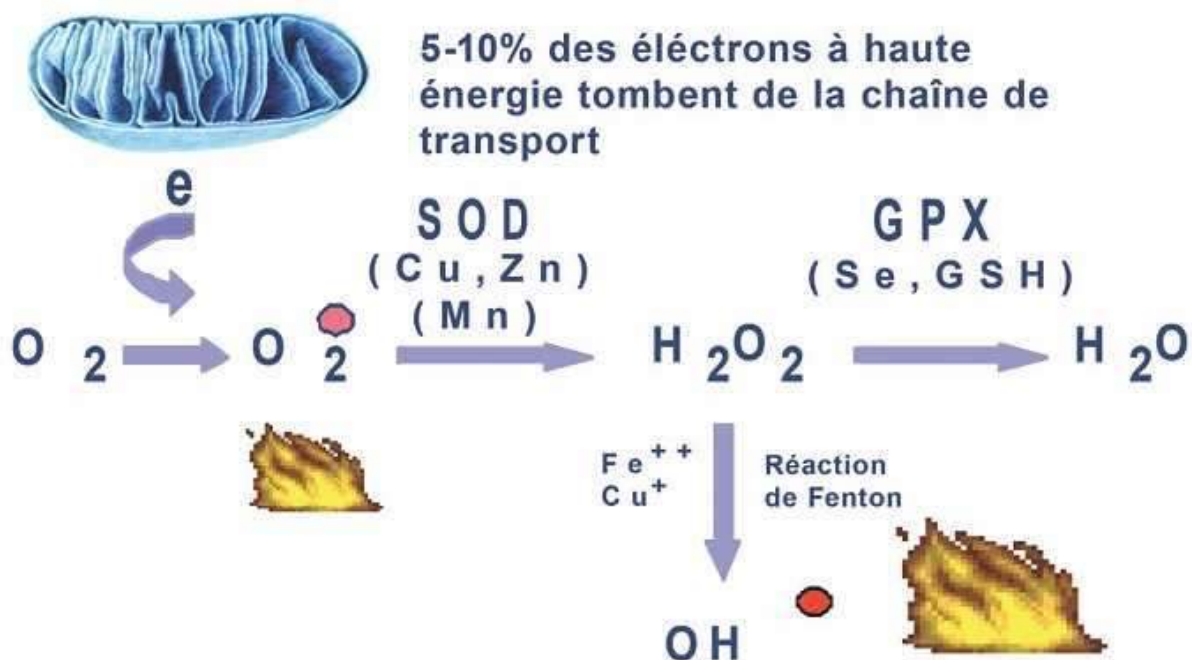


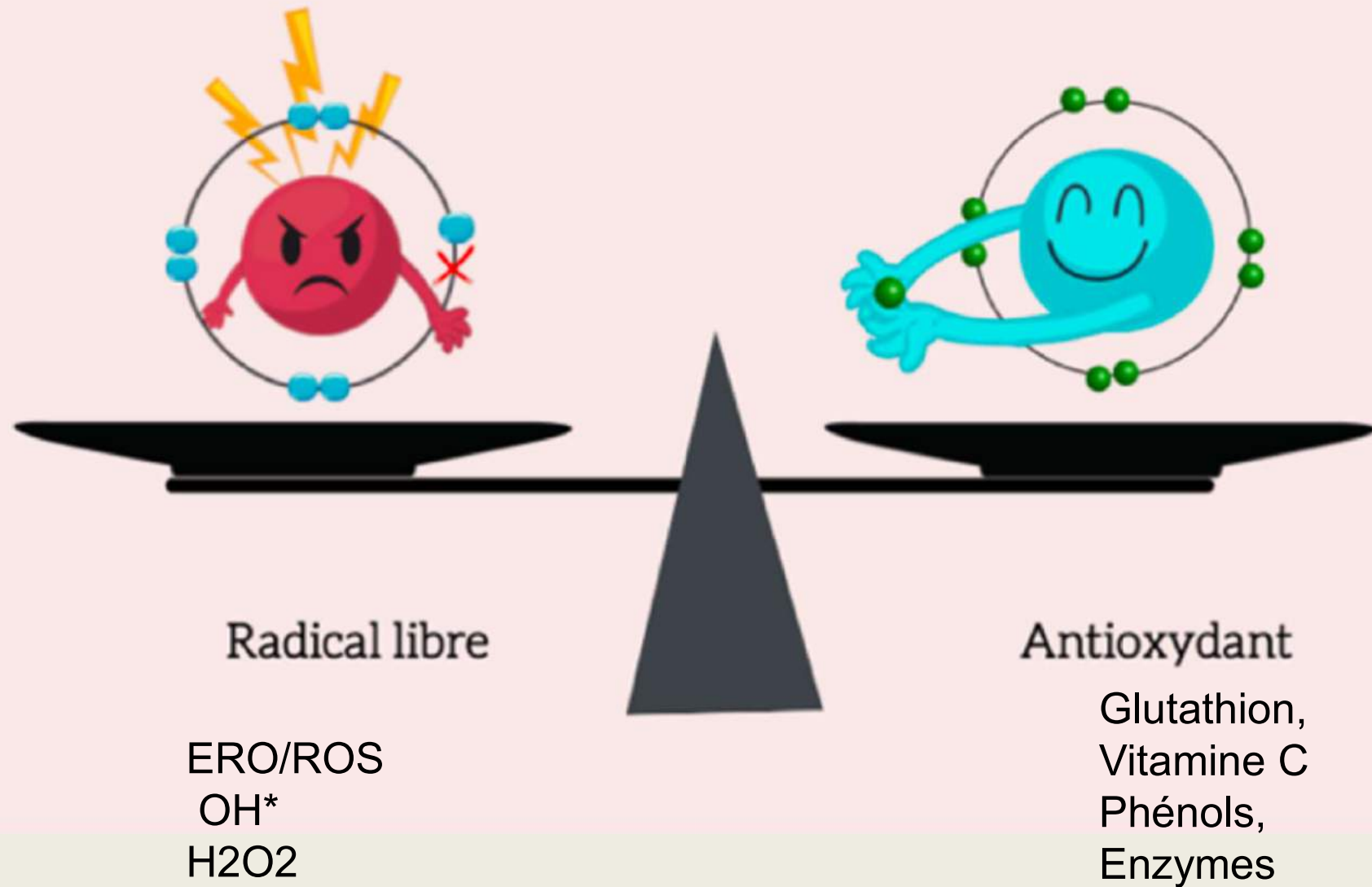
Fig. 1 : Effets physiopathologiques de la pollution de l'air. **PM :** matière particulaire; **UFP :** particules ultrafines; **NO₂ :** dioxyde d'azote; **O₃ :** ozone; **CO :** monoxyde de carbone; **Res Sens :** récepteur sensitif; **E :** épinephrine; **NE :** norépinephrine; **BF :** flux sanguin; **PA :** pression artérielle; **HRV :** variabilité du rythme cardiaque; **SCA :** syndrome coronarien aigu; **NSTEMI :** infarctus myocardique sans élévation du ST; **STEMI :** infarctus myocardique avec élévation du ST; **AVC :** accident vasculaire cérébral; **Insuf. cardiaque :** insuffisance cardiaque; **NO :** monoxyde d'azote; **Para Σ :** système parasympathique.



Mitochondrie : radicaux libres



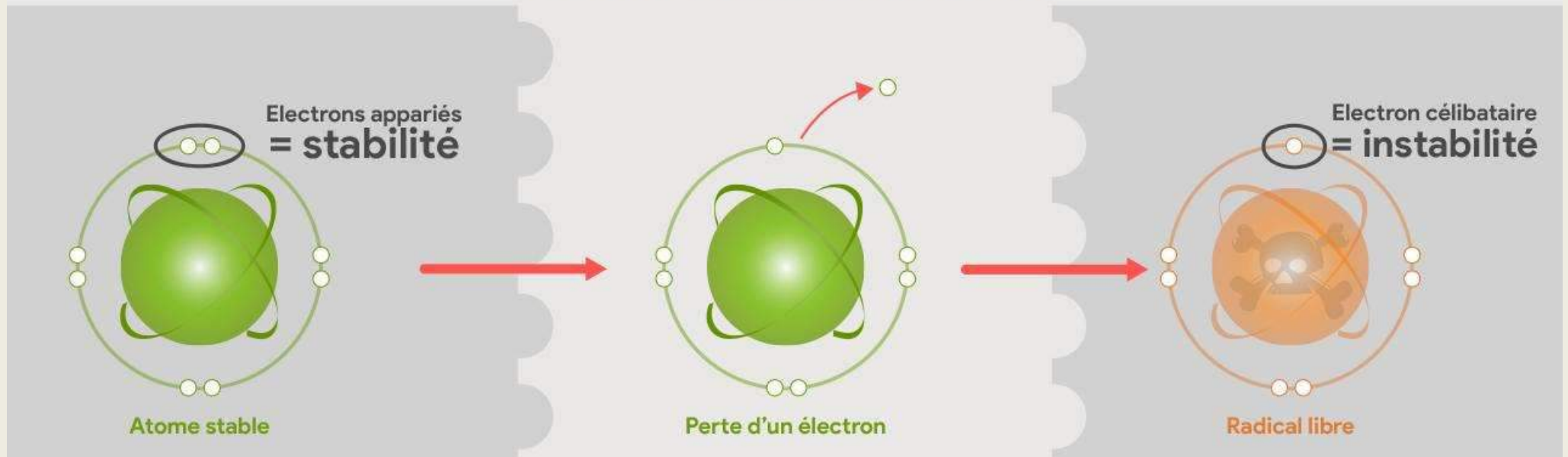
Equilibre oxydatif



Les « radicaux libres »

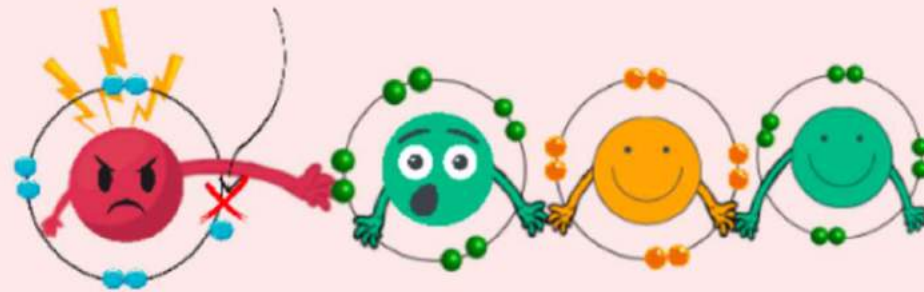
- ERO: espèce réduction en Oxygène (ROS)
 - anion super oxyde: OH^-
 - peroxyde d'hydrogène: H_2O_2
- Provoquent l'oxydation de différentes molécules dans les cellules:
 - Régulation
 - Nettoyage
- En excès dans les cellules:
 - endommagement des mitochondries, modification de la production d'énergie, ADN, protéines, lipides

Formation des radicaux libres

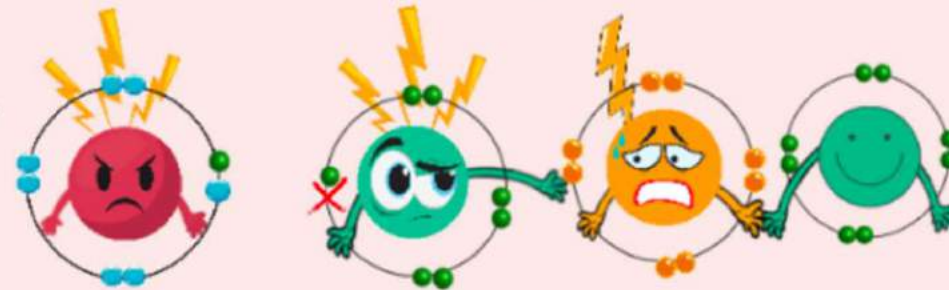


Élément manquant

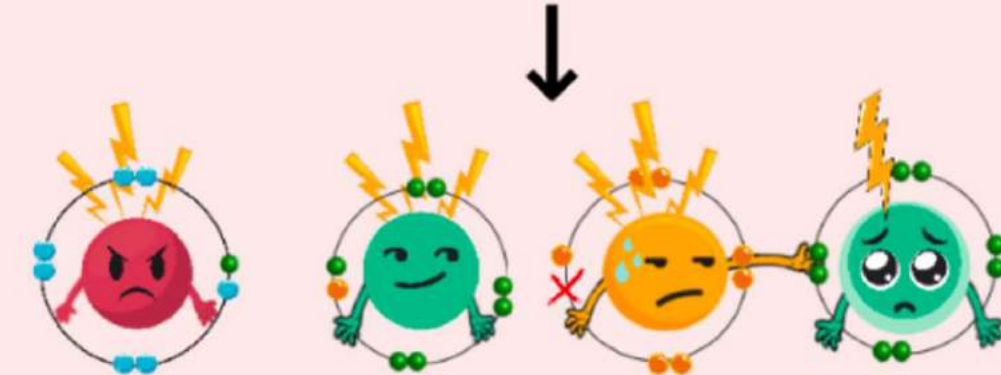
Radical libre arrache
l'élément qui lui manque
à sa cible



La cible devient instable à son tour
et cherche à se stabiliser en
arrachant l'élément qui lui
manque à son voisin



ainsi de suite, l'instabilité se
propage et la cible peut perdre
ses fonctions

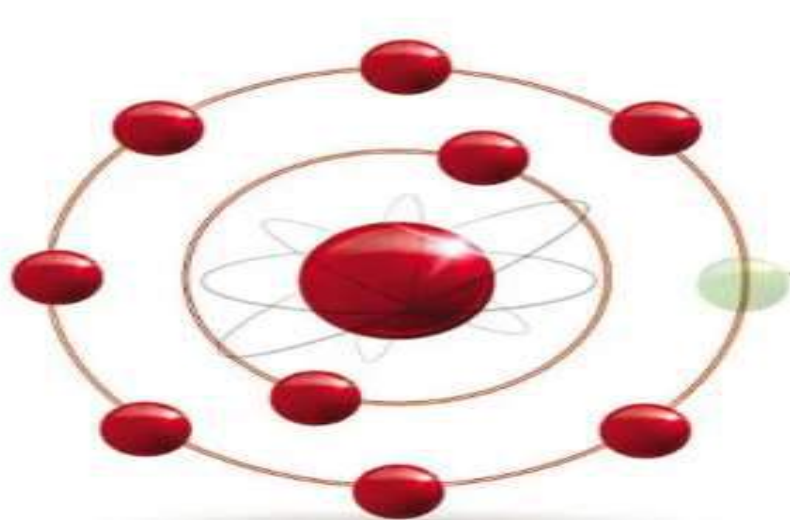


Les « antioxydants »

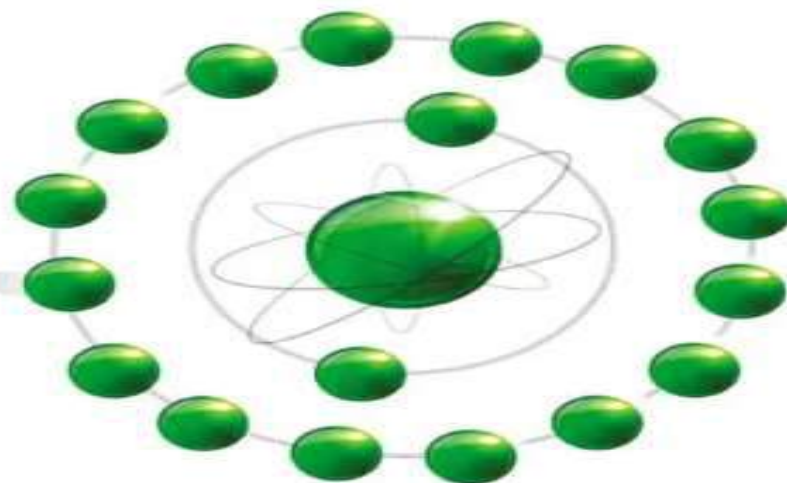
Régulation de la concentration intracellulaire en ROS/ERO:

- la catalase (CAT):
transforme le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 en H_2O et O_2
- vitamine C
- phénols
- La superoxyde dismutase (SOD):
transforme O_2^- en H_2O_2
- la glutathion peroxydase (GPX)

Comment les antioxydants travaillent contre les radicaux libres

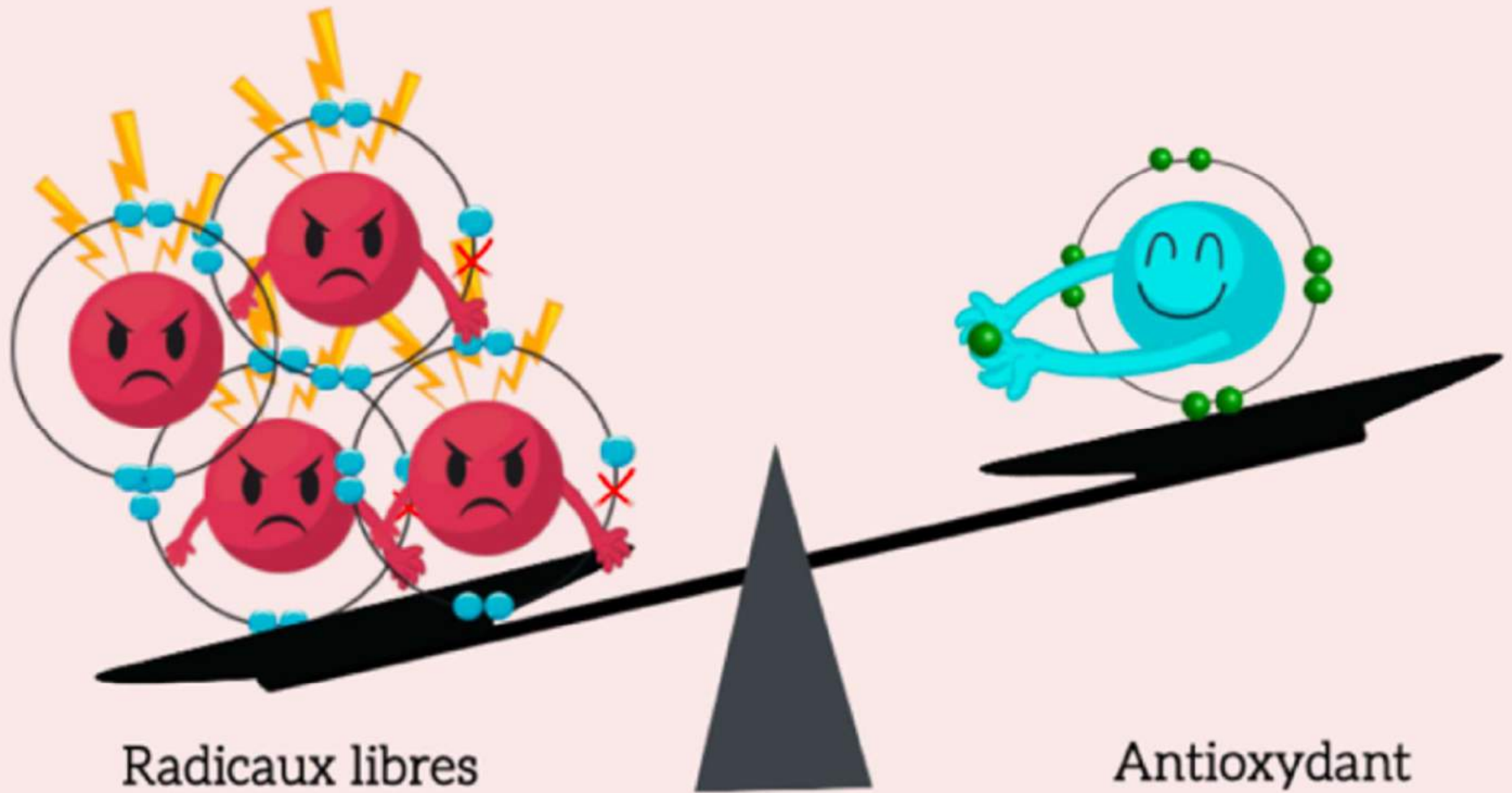


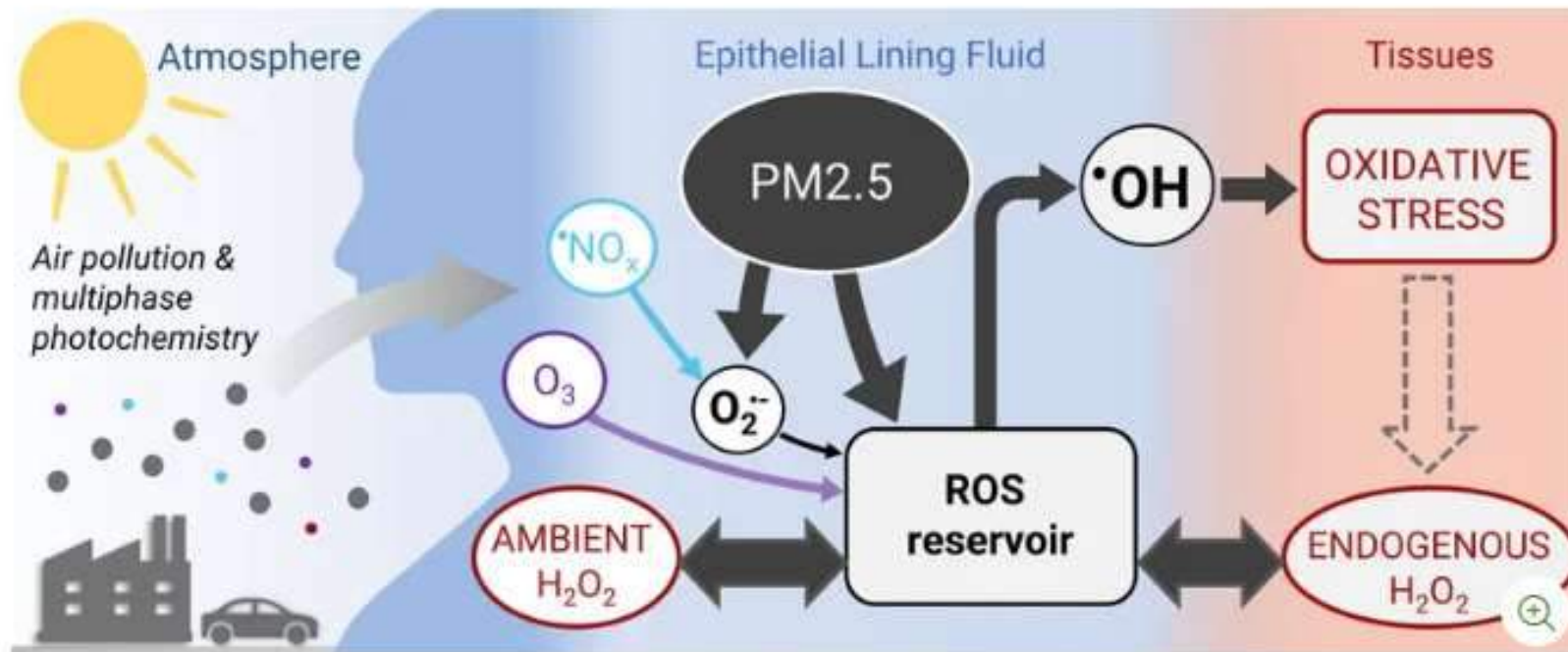
**Radicaux libre avec
des électrons manquants**



**Antioxydants donnant
des électrons**

STRESS OXYDATIF





POTENTIEL OXYDATIF

Atmos. Chem. Phys., 21, 5549–5573, 2021

<https://doi.org/10.5194/acp-21-5549-2021>

© Author(s) 2021. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.



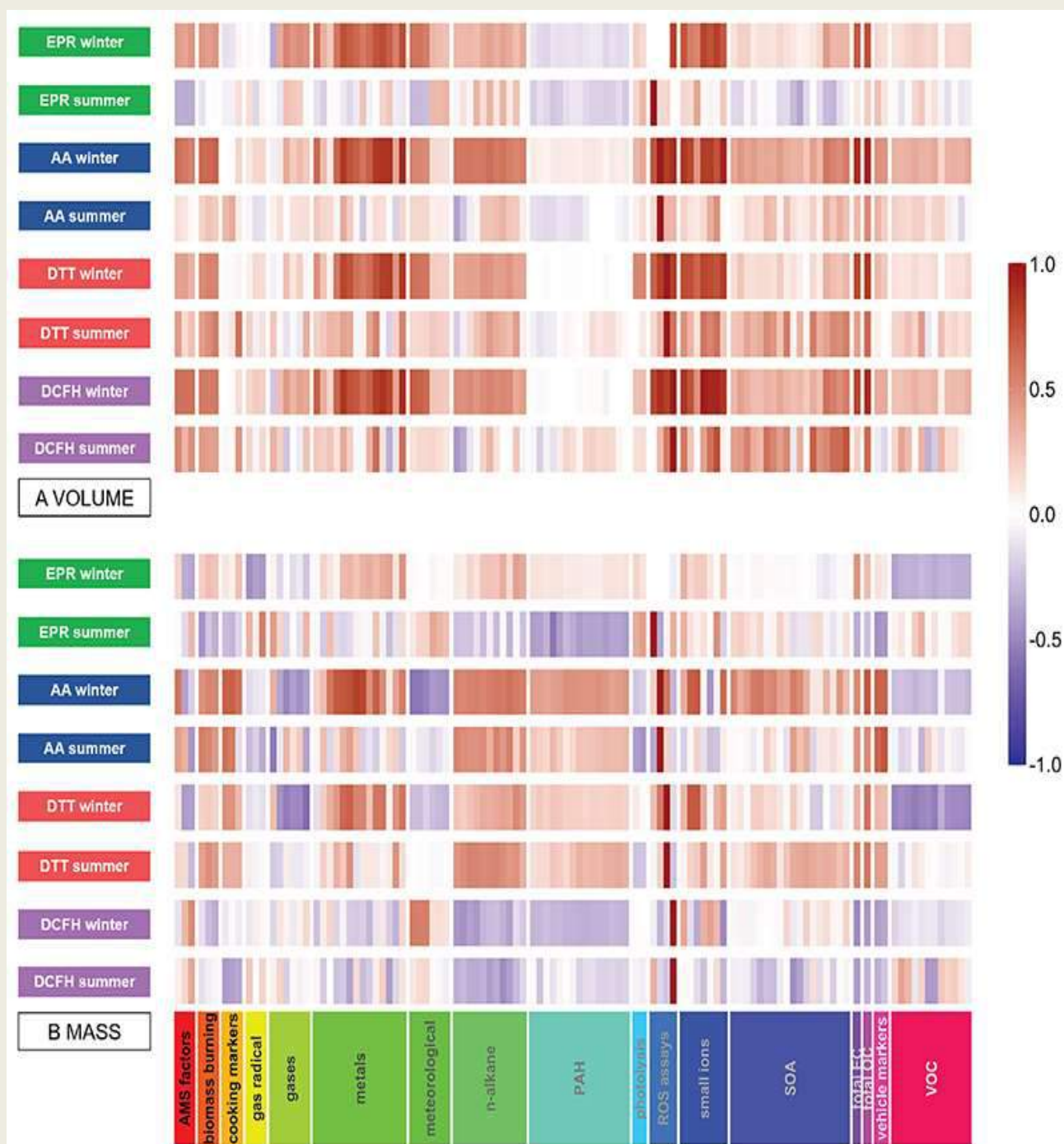
Atmospheric
Chemistry
and Physics
Open Access
EGU

Atmospheric conditions and composition that influence PM_{2.5} oxidative potential in Beijing, China

Steven J. Campbell^{1,2,★}, Kate Wolfer^{1,★}, Battist Utinger¹, Joe Westwood², Zhi-Hui Zhang^{1,2}, Nicolas Bukowiecki¹, Sarah S. Steimer^{2,a}, Tuan V. Vu^{3,b}, Jingsha Xu³, Nicholas Straw⁴, Steven Thomson³, Atallah Elzein⁵, Yele Sun⁶, Di Liu^{3,6}, Linjie Li⁶, Pingqing Fu⁸, Alastair C. Lewis^{5,7}, Roy M. Harrison^{3,c}, William J. Bloss³, Miranda Loh⁹, Mark R. Miller⁴, Zongbo Shi³, and Markus Kalberer^{1,2}

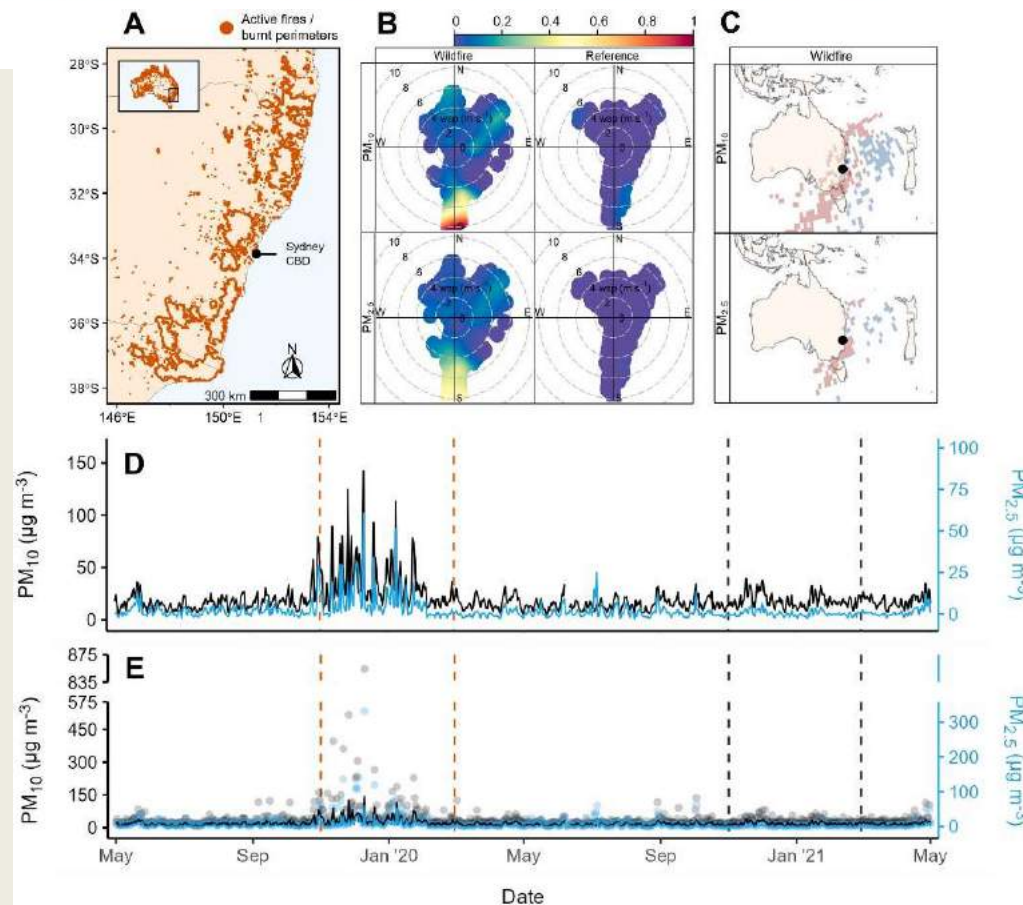
Potentiel Oxydatif

- Total organic and elemental carbon (OC, EC),
- Soluble inorganic ions (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} and Cl^-)
- Inorganic elements Al, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Sb, Ba and Pb
- Low-oxidised organic aerosol and more-oxidised organic aerosol (LOOOA/MOOOA)
- Total organic fractions,
- Biomass burning markers (galactosan, mannosan and levoglucosan),
- Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)
- C₂₄-C₃₄ n-alkanes,
- Aerosol cooking markers (palmitic acid, stearic acid, cholesterol),
- Vehicle exhaust markers (17a(H)-22, 29,30-trisnorhopane (C27a) and 17b(H)-21a-norhopane (C30ba)),
- Isoprene markers (2-methylglyceric acid, 2-methylerythritol, 2-methylthreitol, 3-hydroxyglutaric acid),
- C₅-alkene triols (cis-2-methyl-1,3,4-trihydroxy-1-butene, 3-methyl-2,3,4-trihydroxy-1-butene, trans-2-methyl-1,3,4-trihydroxy-1-butene),
- α -pinene SOA tracers (cis-pinonic acid, pinic acid, 3-methyl-1,2,3-butanetricarboxylic acid (MBTCA), 2,3-dihydroxy-4-oxopentanoic acid, aged α -pinene SOA marker),
- β -caryophyllene SOA tracer (β -caryophyllinic acid)
- (VOC) 5
- OA tracer (3-isopropylpentanedioic acid) (Liu et al., 2021)
- gas-phase concentrations of methanol, acetonitrile, acetaldehyde, acrolein, acetone, isoprene, methacrolein, methyl ethyl ketone,
- gas-phase concentrations of aromatic volatile organic compound: benzene, toluene, C₂-benzenes and C₃-benzenes
- gas-phase concentrations of O₃, CO, NO, NO₂, NO_y and SO₂
- gas-phase concentrations of hydroxyl radicals (OH), peroxy radicals (HO₂) and organic peroxy radicals (RO₂)



Fine particle pollution during megafires contains potentially toxic elements ☆

Raissa L. Gill^{a, b}, Robert Fleck^b, Ky Chau^b, Mika T. Westerhausen^c, Thomas E. Lockwood^c, Jake P. Violi^d, Peter J. Irga^e, Martina A. Doblin^{a, f}, Fraser R. Torpy^b



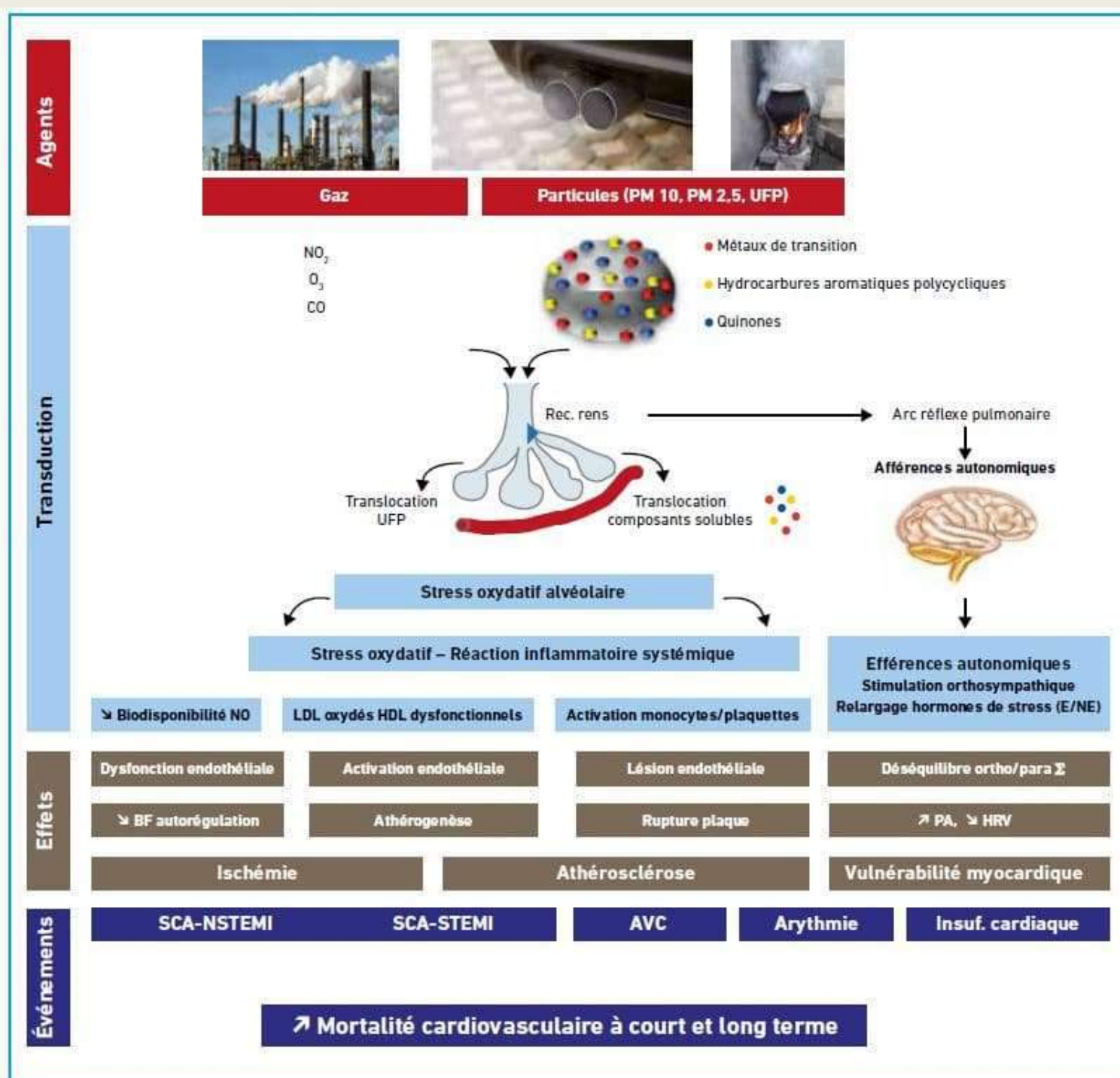
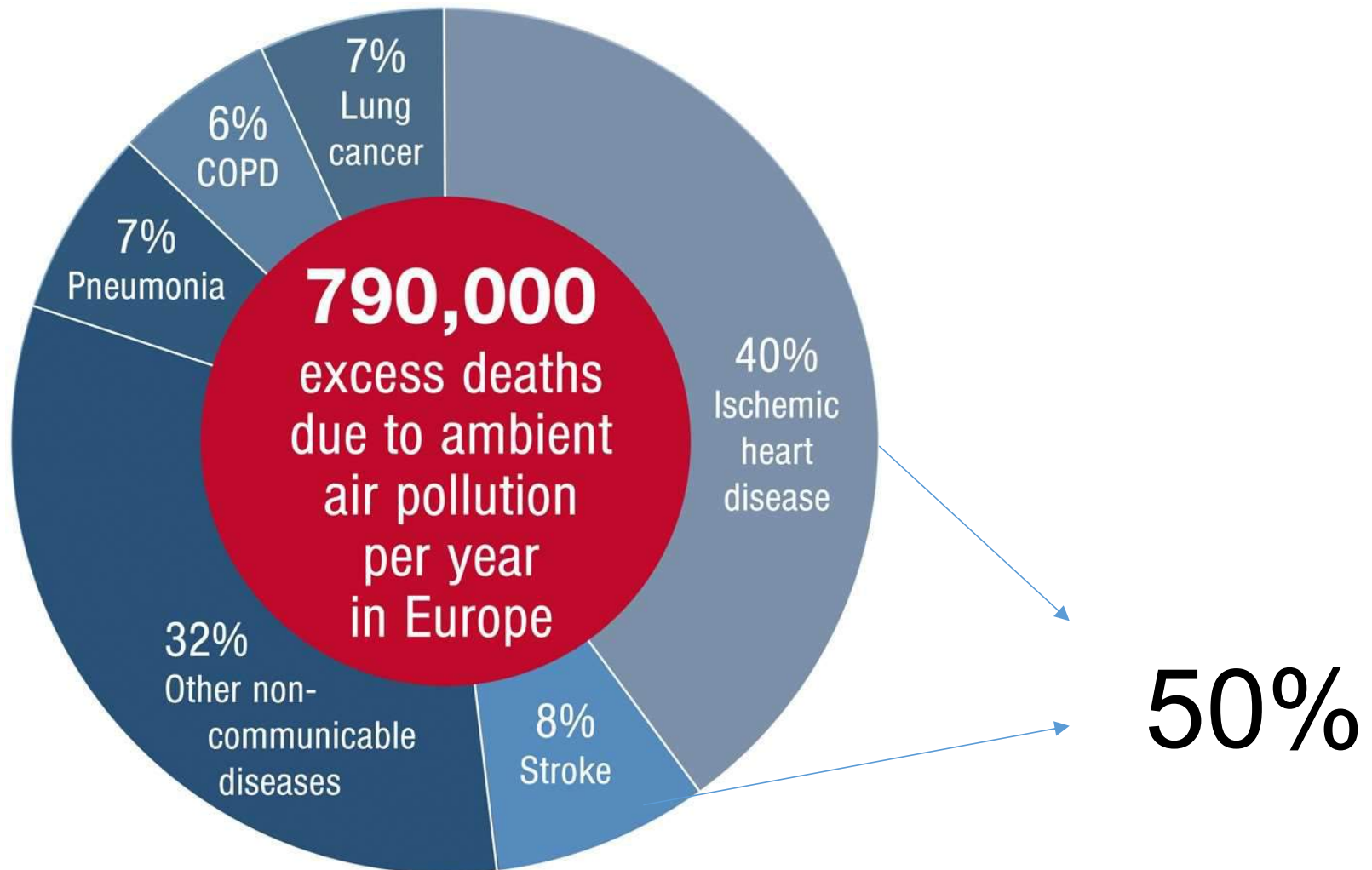
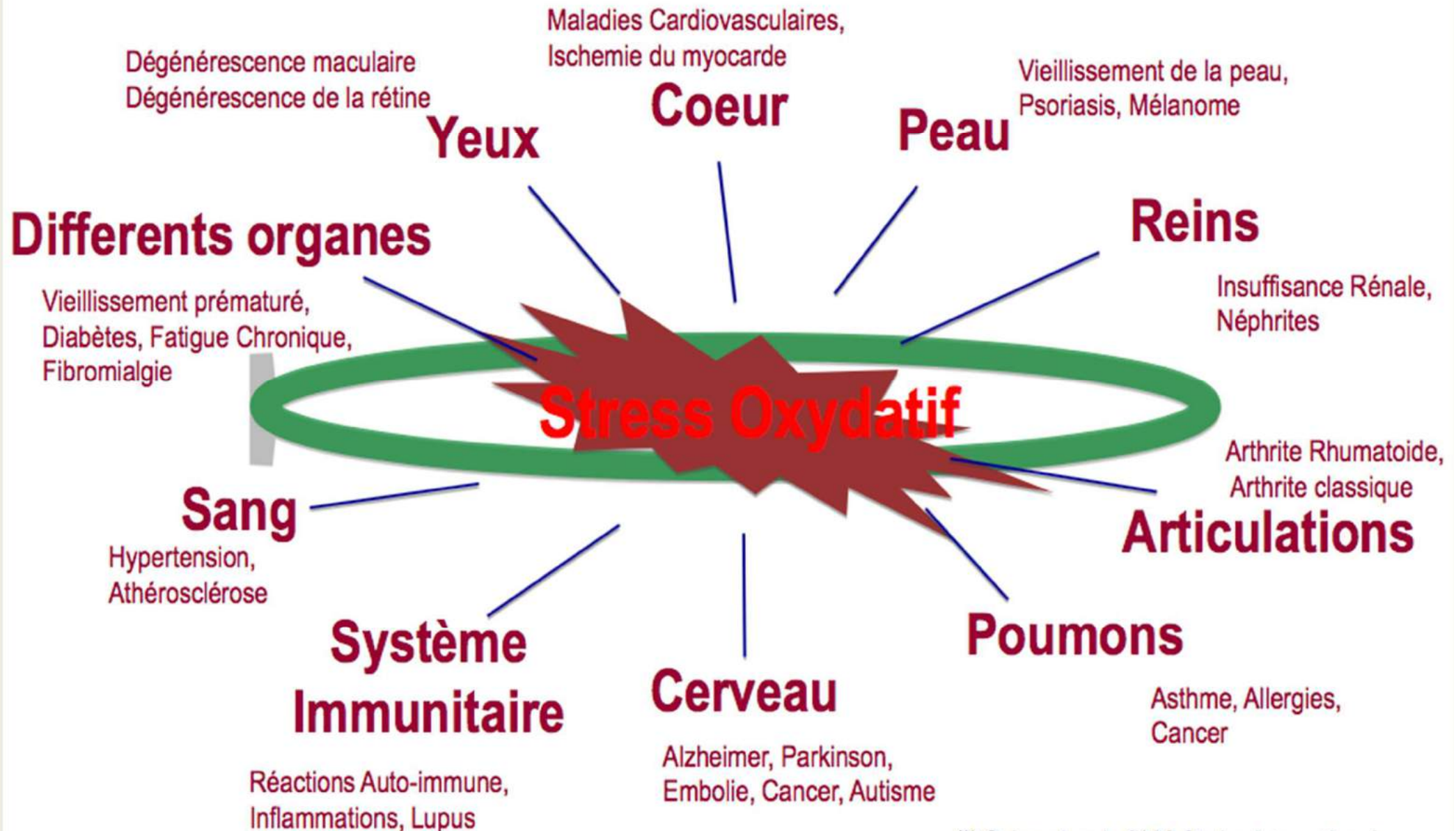


Fig. 1: Effets physiopathologiques de la pollution de l'air. **PM:** matière particulaire; **UFP:** particules ultrafines; **NO_2 :** dioxyde d'azote; **O_3 :** ozone; **CO :** monoxyde de carbone; **Res Sens:** récepteur sensitif; **E:** épinephrine; **NE:** norépinephrine; **BF:** flux sanguin; **PA:** pression artérielle; **HRV:** variabilité du rythme cardiaque; **SCA:** syndrome coronarien aigu; **NSTEMI:** infarctus myocardique sans élévation du ST; **STEMI:** infarctus myocardique avec élévation du ST; **AVC:** accident vasculaire cérébral; **Insuf. cardiaque:** insuffisance cardiaque; **NO:** monoxyde d'azote; **Para Σ:** système parasympathique.

Figure 4 Estimated excess mortality attributed to air pollution in Europe, and the contributing disease categories. At ...

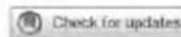


Quelles sont les maladies liées au stress oxydatif? (*)



(*) Selon plus de 2000 études internationales

Air Pollution and Noncommunicable Diseases



A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 2: Air Pollution and Organ Systems

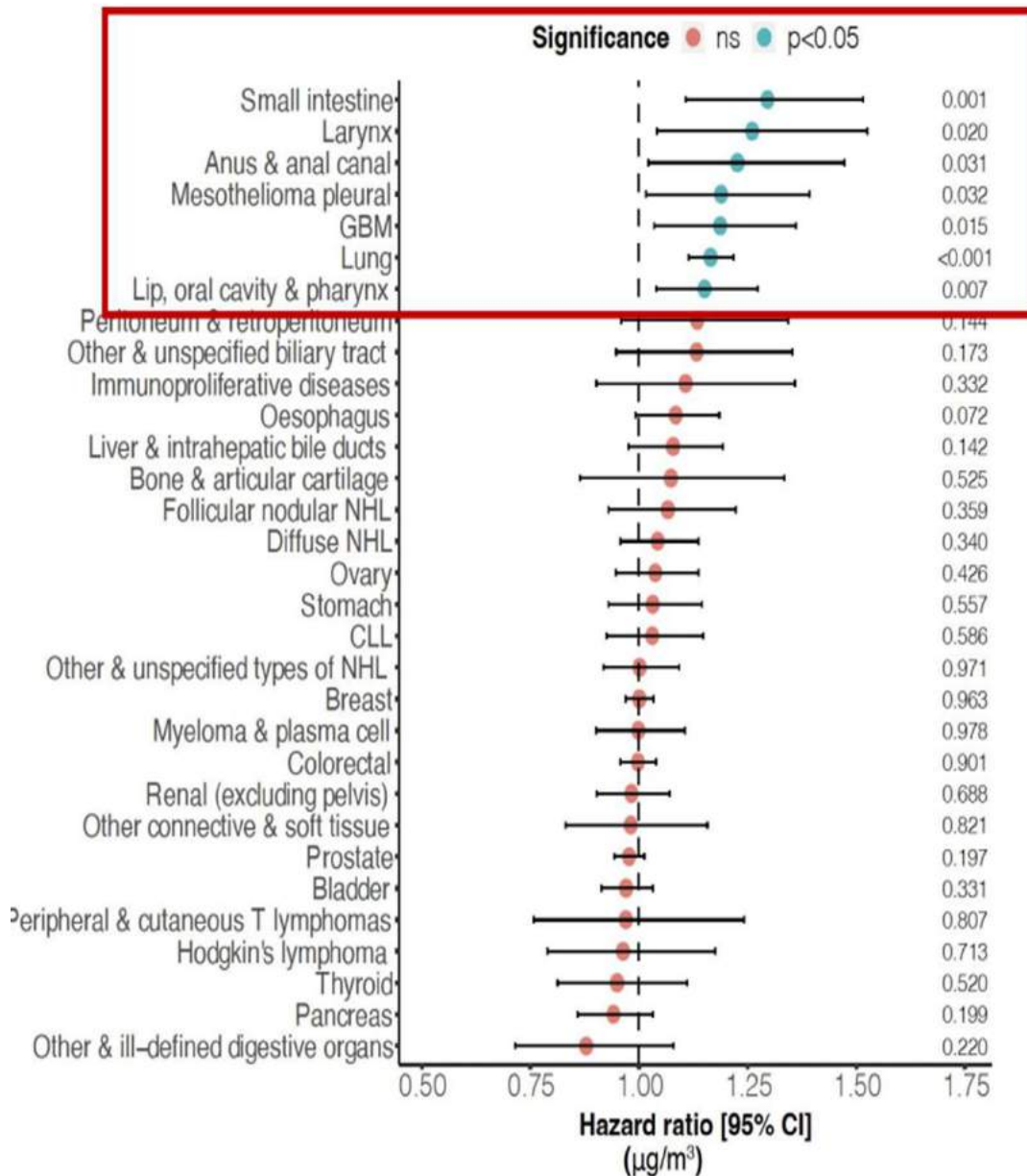
Dean E. Schraufnagel, MD; John R. Balmes, MD; Clayton T. Cowl, MD; Sara De Matteis, MD, MPH, PhD; Soon-Hee Jung, MD, PhD; Kevin Mortimer, MB, BChir, PhD; Rogelio Perez-Padilla, MD; Mary B. Rice, MD, MPH; Horacio Riojas-Rodriguez, MD, PhD; Akshay Sood, MD, MPH; George D. Thurston, ScD; Teresa To, PhD; Anessa Vanker, MBChB, PhD; and Donald J. Wuebbles, PhD

CHEST 2019; 155(2):417-426

Figure 1 – Many conditions are associated with air pollution. This figure lists diseases linked to air pollution according to organ systems.

	Brain: Stroke, Dementia, Parkinson's Disease
	Eye: Conjunctivitis, Dry Eye Disease, Blepharitis, Cataracts
	Heart: Ischemic Heart Disease, Hypertension, Congestive Heart Failure, Arrhythmias
	Lung: Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Asthma, Lung Cancer, Chronic Laryngitis, Acute and Chronic Bronchitis
	Liver: Hepatic Steatosis, Hepatocellular carcinoma
	Blood: Leukemia, Intravascular Coagulation, Anemia, Sickle Cell Pain Crises
	Fat: Metabolic Syndrome, Obesity
	Pancreas: Type I and II Diabetes
	Gastrointestinal: Gastric Cancer, Colorectal Cancer, Inflammatory Bowel Disease, Crohn's Disease, Appendicitis
	Urogenital: Bladder Cancer, Kidney Cancer, Prostate Hyperplasia
	Joints: Rheumatic Diseases
	Bone: Osteoporosis, Fractures
	Nose: Allergic Rhinitis
	Skin: Atopic Skin Disease, Skin Aging, Urticaria, Dermographism, Seborrhea, Acne

Risque de cancer selon l'exposition aux PM2.5



- Données issues d'une population de 447 932 participants en Grande Bretagne
- Risque majoré de manière significative pour 7 cancers

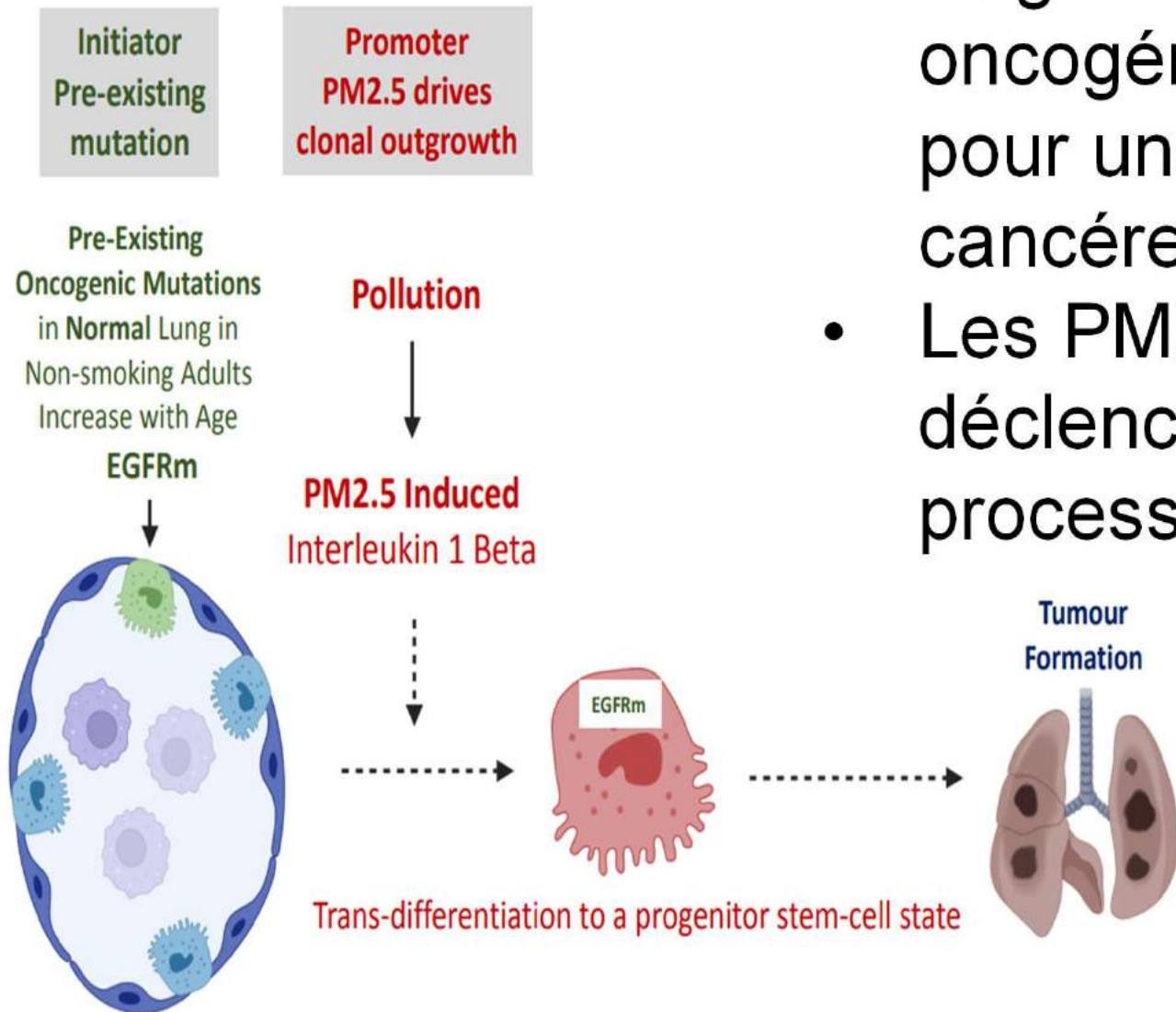
Kevin Litchfield Marcellus Augustine

Charles Swanton

An Actionable Inflammatory Axis for Air Pollution Induced Non-Small Cell Lung Cancer

ESMO septembre 2022

Les PM 2.5 agiraient comme un promoteur tumoral



- L'âge induit des mutations oncogéniques insuffisantes pour une transformation cancéreuse
- Les PM2.5 pourraient être le déclencheur, l'initiation du processus tumoral

Particules fines et auto-immunité

RESEARCH ARTICLE

Open Access



Long-term exposure to fine particulate matter and ozone and the onset of systemic autoimmune rheumatic diseases: an open cohort study in Quebec, Canada

Naizhuo Zhao¹, Audrey Smargiassi^{2,3,4}, Sonia Jean^{4,5}, Philippe Gamache⁴, Elhadji-Anassour Laouan-Sidi⁴, Hong Chen^{6,7,8,9}, Mark S. Goldberg^{1,10} and Sasha Bernatsky^{1,10,11,12*} 



Associations between Ambient Fine Particulate Levels and Disease Activity in Patients with Systemic Lupus Erythematosus (SLE)

Sasha Bernatsky,^{1,2} Michel Fournier,³ Christian A. Pineau,² Ann E. Clarke,^{1,4} Evelyne Vinet,² and Audrey Smargiassi^{5,6}



Environmental Research

Volume 146, April 2016, Pages 85-91



Fine particulate air pollution and systemic autoimmune rheumatic disease in two Canadian provinces

Sasha Bernatsky^{a, b, c, d, e}, Audrey Smargiassi^{c, d}, Cheryl Barnabe^{e, f}, Lawrence W. Svenson^{f, m, n, o}, Allan Brand^{c, d}, Randall V. Martin^{e, h}, Marie Hudson^{i, j}, Ann E. Clarke^{a, k}, Paul R. Fortin^l, Aaron van Donkelaar^e, Steven Edworthy^{e, f}, Patrick Bélisle^b, Lawrence Joseph^{a, b}



PUBLICITÉ

[Actualités & Opinions](#) > [Actualités Medscape](#)

L'étude XENAIR montre une augmentation du risque de cancer du sein en lien avec 5 polluants de l'air

 COMMUNIQUÉS ET DOSSIERS DE PRESSE[Accueil](#) > [Communiqués/Dossiers](#)

Être exposé à la pollution atmosphérique augmenterait le risque d'avoir de moins bonnes performances cognitives

COMMUNIQUÉ | 10 MARS 2022 - 0H30 | PAR INSERM (SALLE DE PRESSE)

SANTÉ PUBLIQUE

Review > [Biomolecules](#). 2023 Dec 26;14(1):35. doi: 10.3390/biom14010035.

Particulate Matter in Human Elderly: Higher Susceptibility to Cognitive Decline and Age-Related Diseases

[Caridad López-Granero](#)¹, [Leona Polyanskaya](#)^{2 3}, [Diego Ruiz-Sobremazas](#)¹, [Angel Barrasa](#)¹,
[Michael Aschner](#)⁴, [Matilde Alique](#)^{5 6}

Affiliations + expand

PMID: 38254635 DOI: [10.3390/biom14010035](#)

Mesures des PM : Valeurs seuils

Nouveautés OMS

Recommandations de l'OMS actualisées en 2021

polluant	durée	recommandation 2005	recommandation 2021
PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	moyenne annuelle	20	15
	moyenne journalière ne pas dépasser plus de 3 jours par an	50	45
PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	moyenne annuelle	10	5
	moyenne journalière ne pas dépasser plus de 3 jours par an	25	15

++++ SAUF QU'IL N'Y A PAS DE SEUIL D'INOCUITE +++++



Tableau des normes Qualité de l'Air

OMS : 15



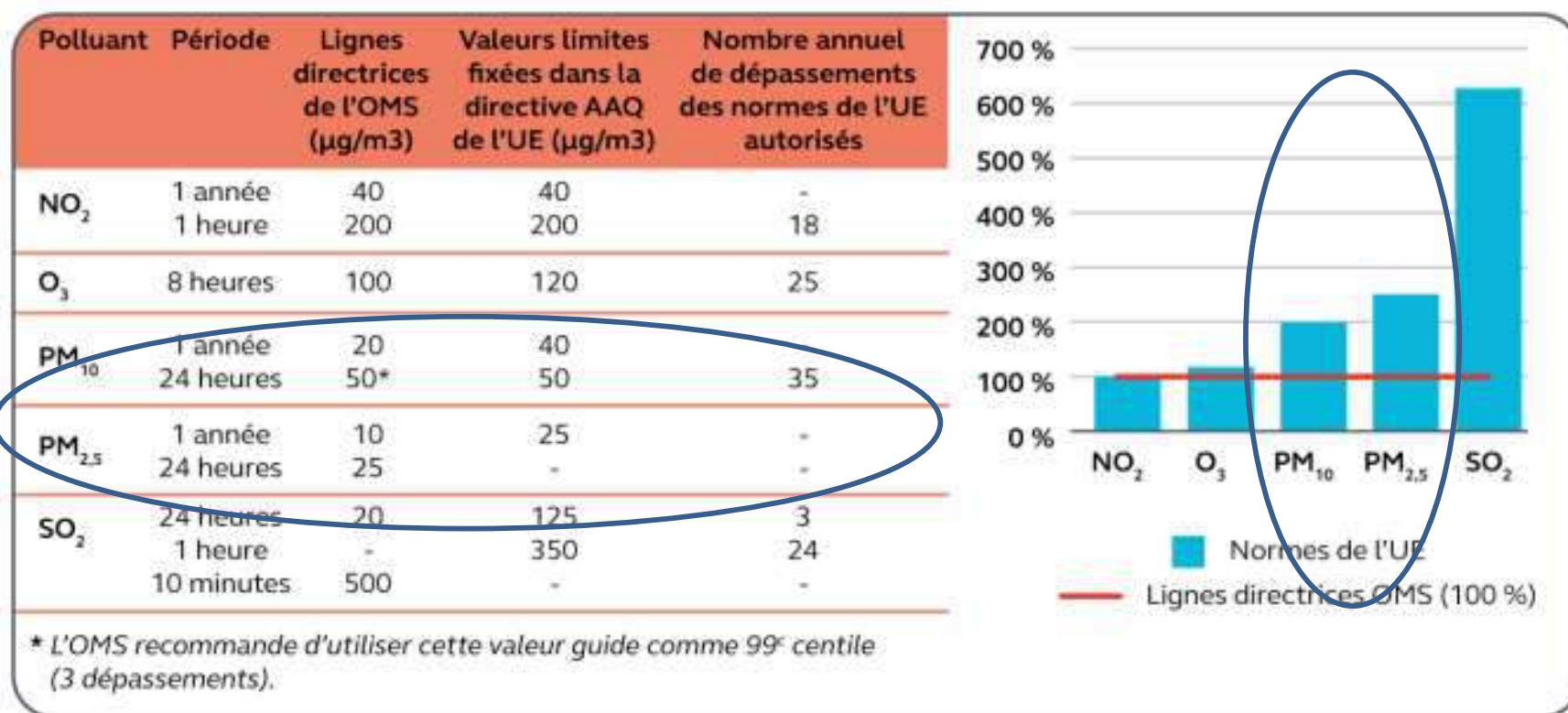
PARTICULES (PM ₁₀)		
Objectif de qualité	30 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	50 µg/m ³ (UE)	en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
	40 µg/m ³ (UE)	en moyenne annuelle
Seuil d'information et de recommandation	50 µg/m ³ (FR)	en moyenne sur 24 heures
Seuil d'alerte	80 µg/m ³ (FR)	en moyenne sur 24 heures

PARTICULES (PM _{2,5})		
Objectif de qualité	10 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeur cible pour la protection de la santé humaine	20 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle

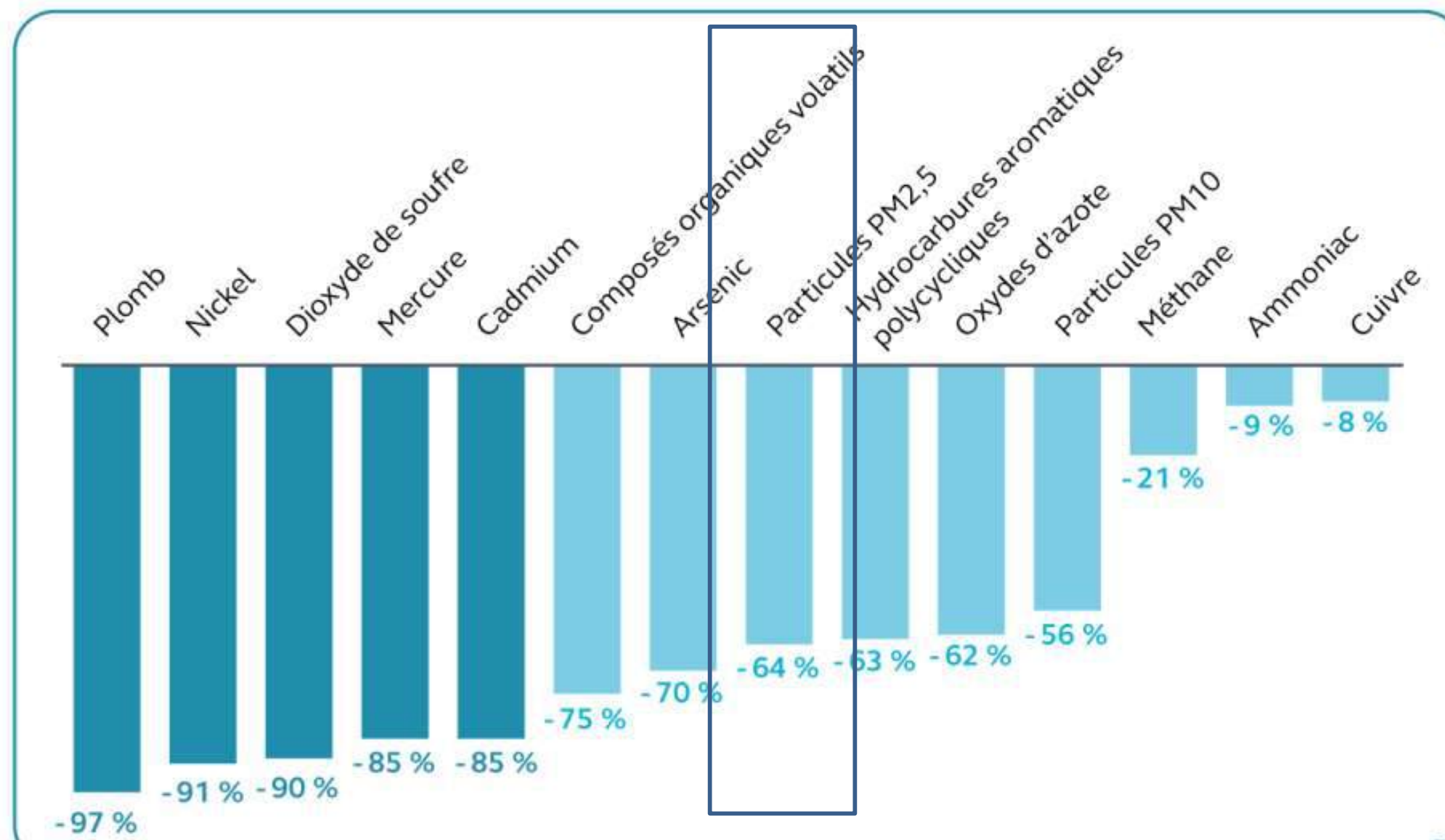


OMS : 5

Graphique n° 3 : normes de qualité de l'air dans l'Union européenne et lignes directrices de l'OMS



Source : Cour des comptes européenne

Graphique n° 2 : évolution des émissions de polluants atmosphériques (1990-2018)

DÉCISION DE JUSTICE

4 AOÛT 2021

Pollution de l'air : le Conseil d'État condamne l'État à payer 10 millions d'euros

le Conseil d'État avait ordonné le 12 juillet 2017¹ au Gouvernement de mettre en œuvre des plans pour réduire dans le délai le plus court possible les concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) et de particules fines (PM10) dans 13 zones en France, afin de se conformer aux exigences de la directive européenne sur la qualité de l'air, qui fixe des valeurs limites à ne pas dépasser pour ces concentrations

Le 10 juillet 2020², les valeurs limites étaient toujours dépassées dans 8 zones . L'état n'avait pas pris toutes les mesures permettant d'assurer l'exécution de la décision du 12 juillet 2017,

DÉCISION DE JUSTICE | 24 NOVEMBRE 2023

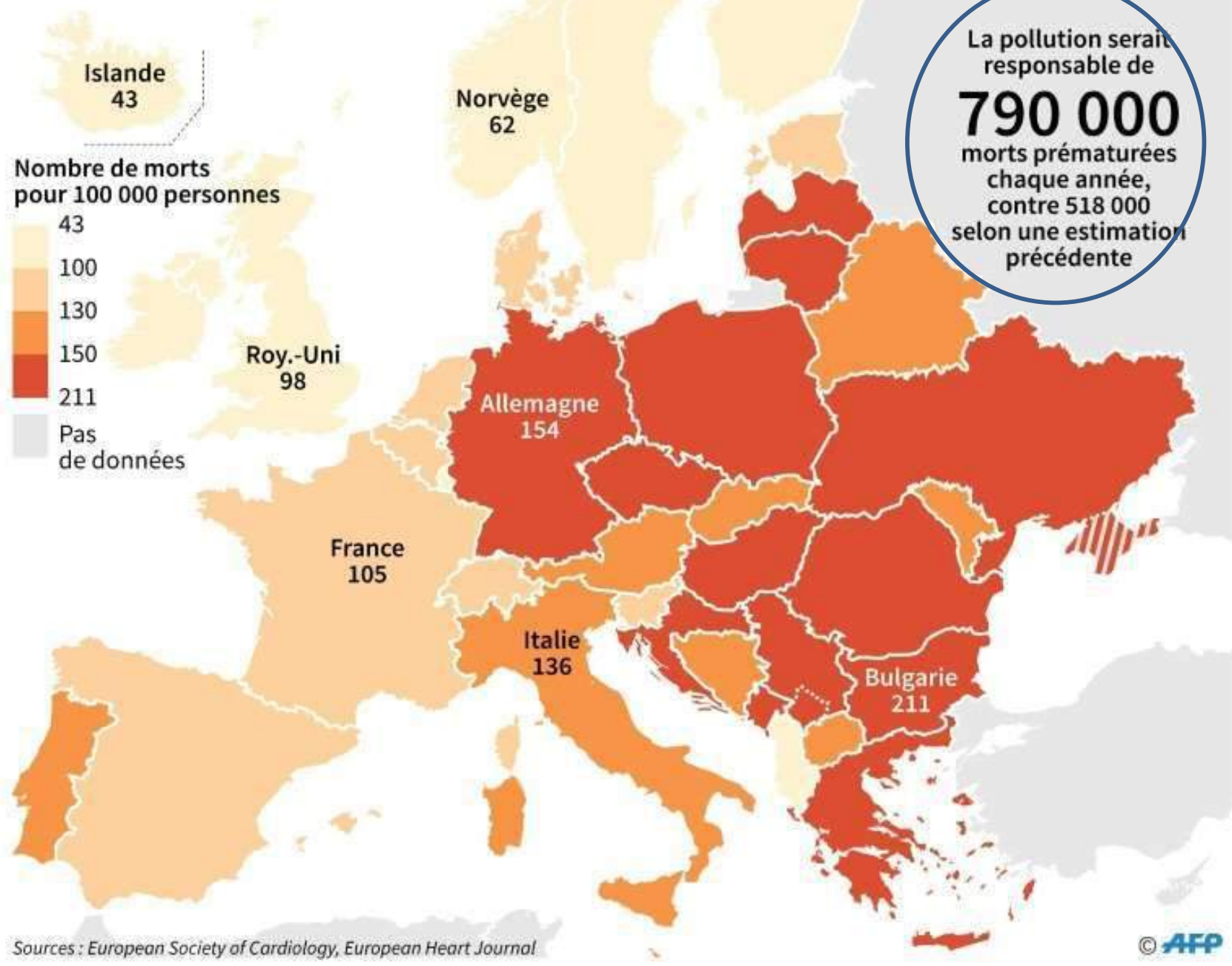
Pollution de l'air : le Conseil d'État condamne l'État à payer deux astreintes de 5 millions d'euros

Le Conseil d'État constate aujourd'hui qu'il n'y a plus de dépassement du seuil de pollution pour les particules fines PM 10 dans aucune zone urbaine. S'agissant des seuils de dioxyde d'azote, ceux-ci sont désormais respectés dans les zones urbaines de Toulouse et Aix-Marseille, mais restent dépassés de manière significative dans celles de Paris et Lyon,

Qui sont les bénéficiaires de l'astreinte de 10 millions d'euros ?

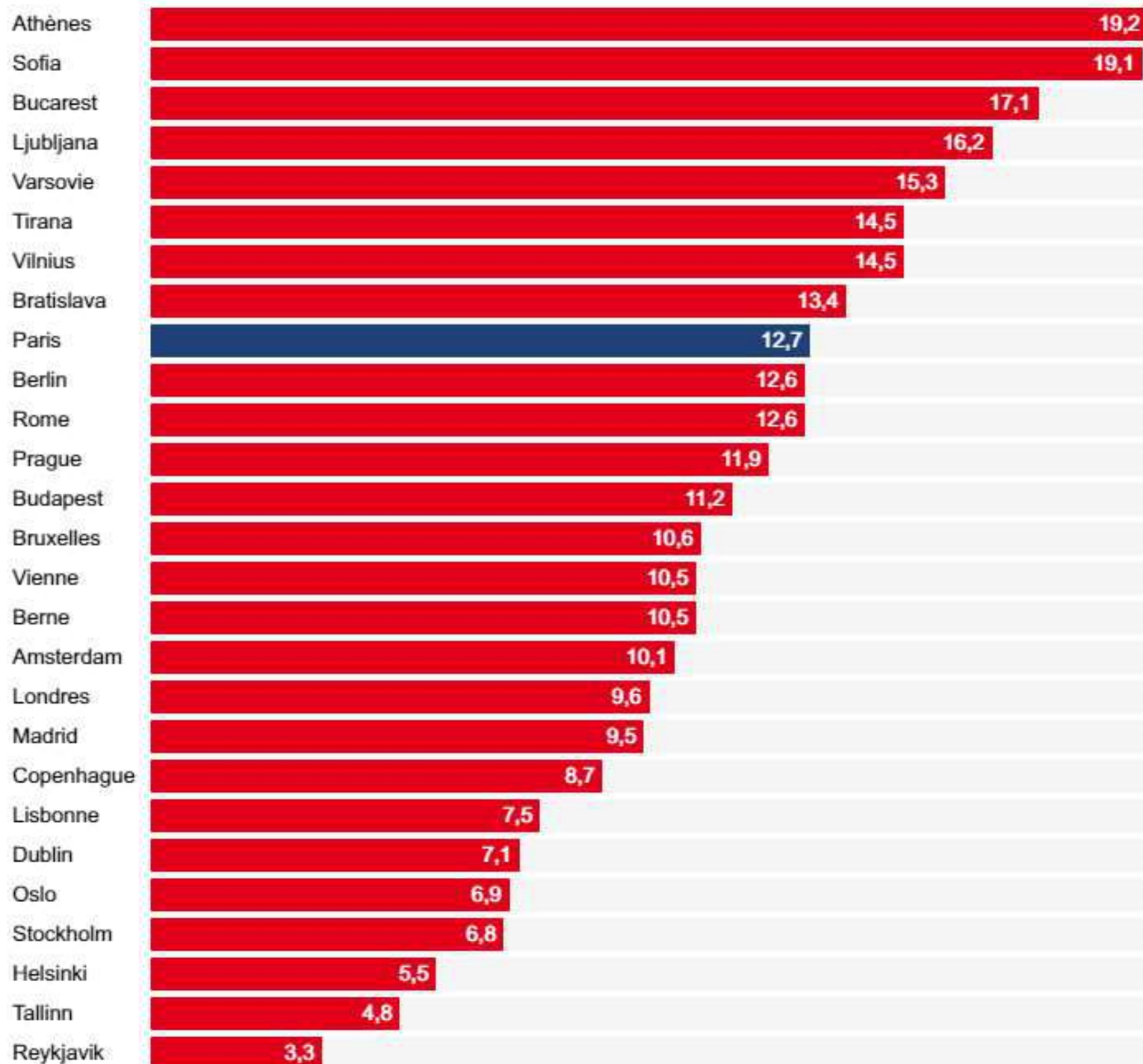
- 100 000 euros à l'association **Les Amis de la Terre**
- 3,3 millions d'euros à l'**Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe)**
- 2,5 millions d'euros au **Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema)**
- 2 millions d'euros à l'**Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses)**
- 1 million d'euros à l'**Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris)**
- 350 000 euros à l'association **Air Parif**
- 350 000 euros à l'association **Atmo Auvergne Rhône-Alpes**
- 200 000 euros à l'association **Atmo Occitanie**
- 200 000 euros à l'association **Atmo Sud**

Morts prématurées liées à la pollution de l'air en Europe



La pollution de l'air dans les capitales européennes

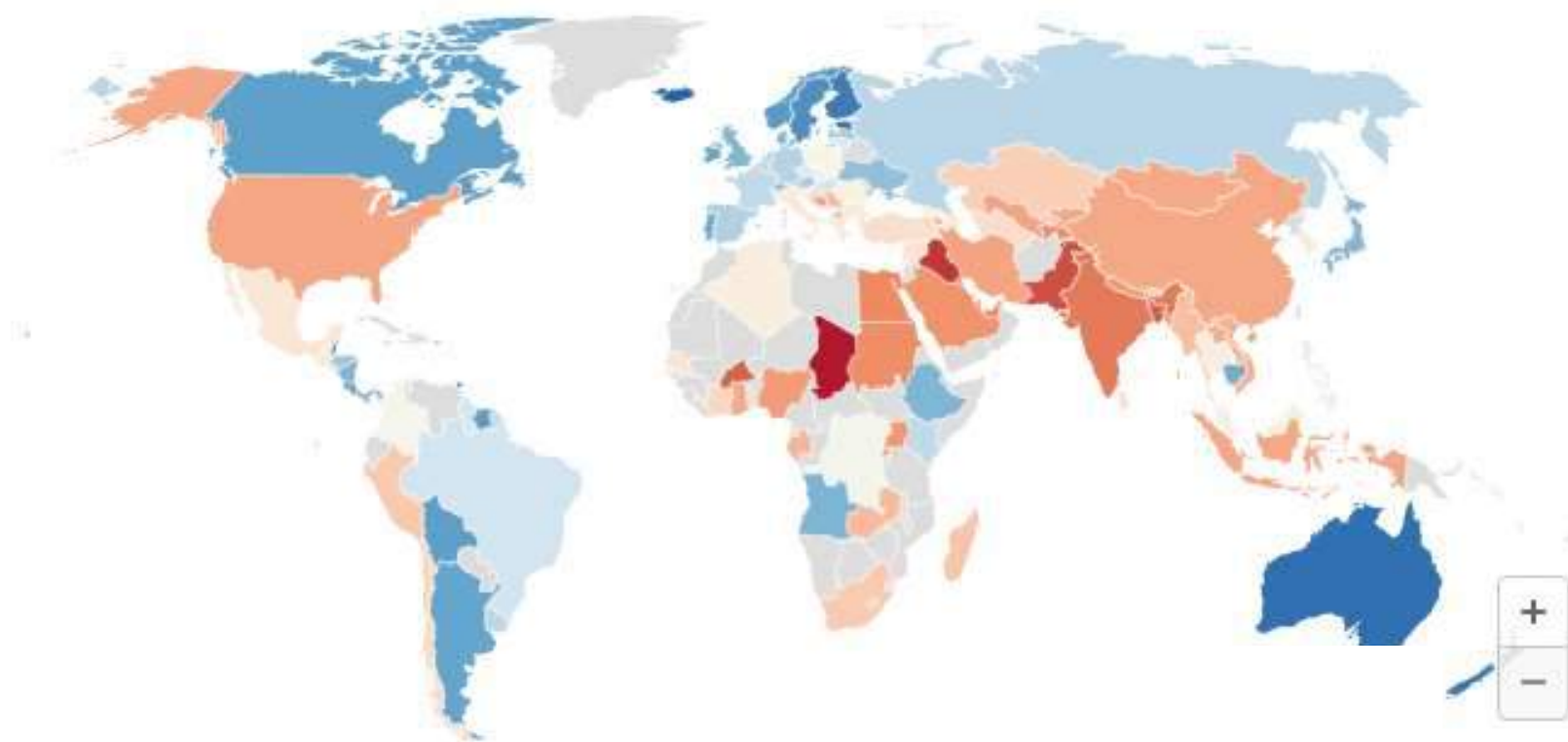
Concentration moyenne de PM_{2,5} (µg/m³) en 2022, pondérée en fonction de la population.



L'Asie et le Moyen-Orient majoritairement touchés par la pollution aux particules fines

Concentration moyenne de PM_{2,5} en 2022, en microgrammes par mètre cube, rapporté à la population

Concentration de PM_{2,5}



Source: Rapport mondial sur la qualité de l'air 2022 • [Récupérer les données](#)

7 Millions de morts par an, 15 % de la mortalité



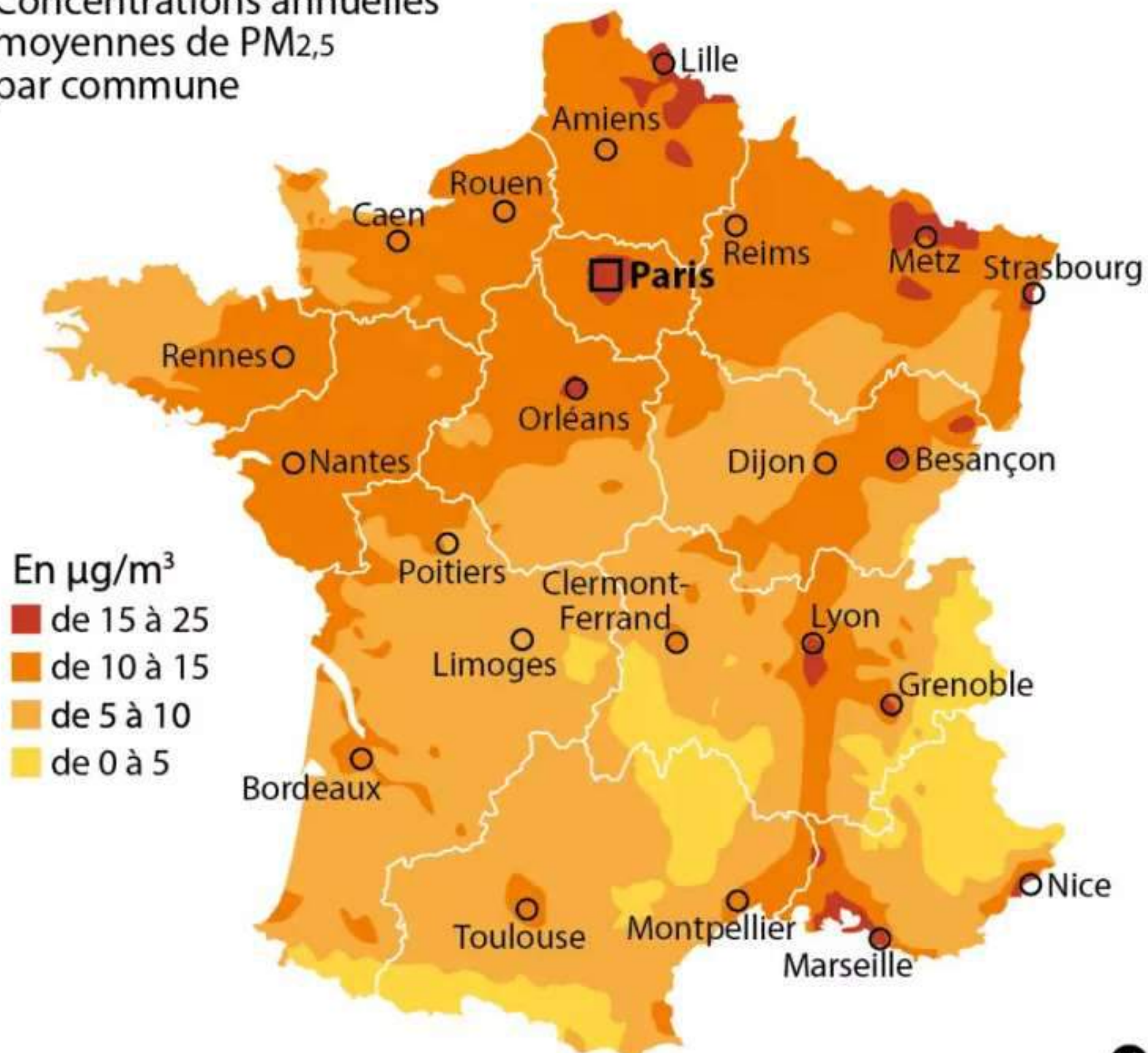
Un axe routier à Abidjan, en Côte d'Ivoire, en novembre 2015. SIA KAMBOU / AFP

Si on ne fait rien, l'Afrique pourrait représenter la moitié des émissions de pollution dans le monde d'ici à 2030

Cathy Liousse, directrice de recherche au laboratoire d'aérodologie du CNRS, à Toulouse

Les particules fines en France

Concentrations annuelles
moyennes de PM_{2,5}
par commune



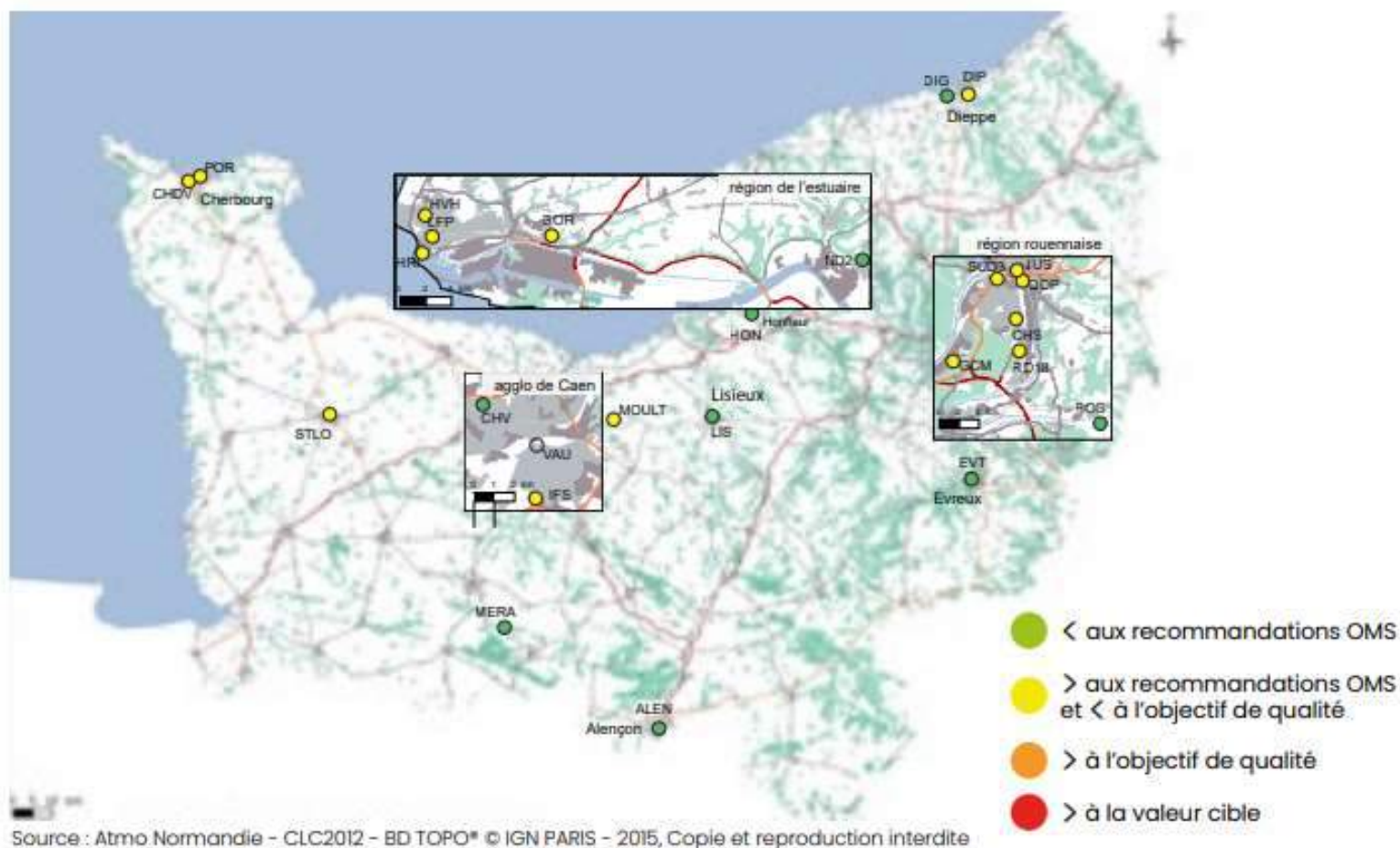


Bilan

2022

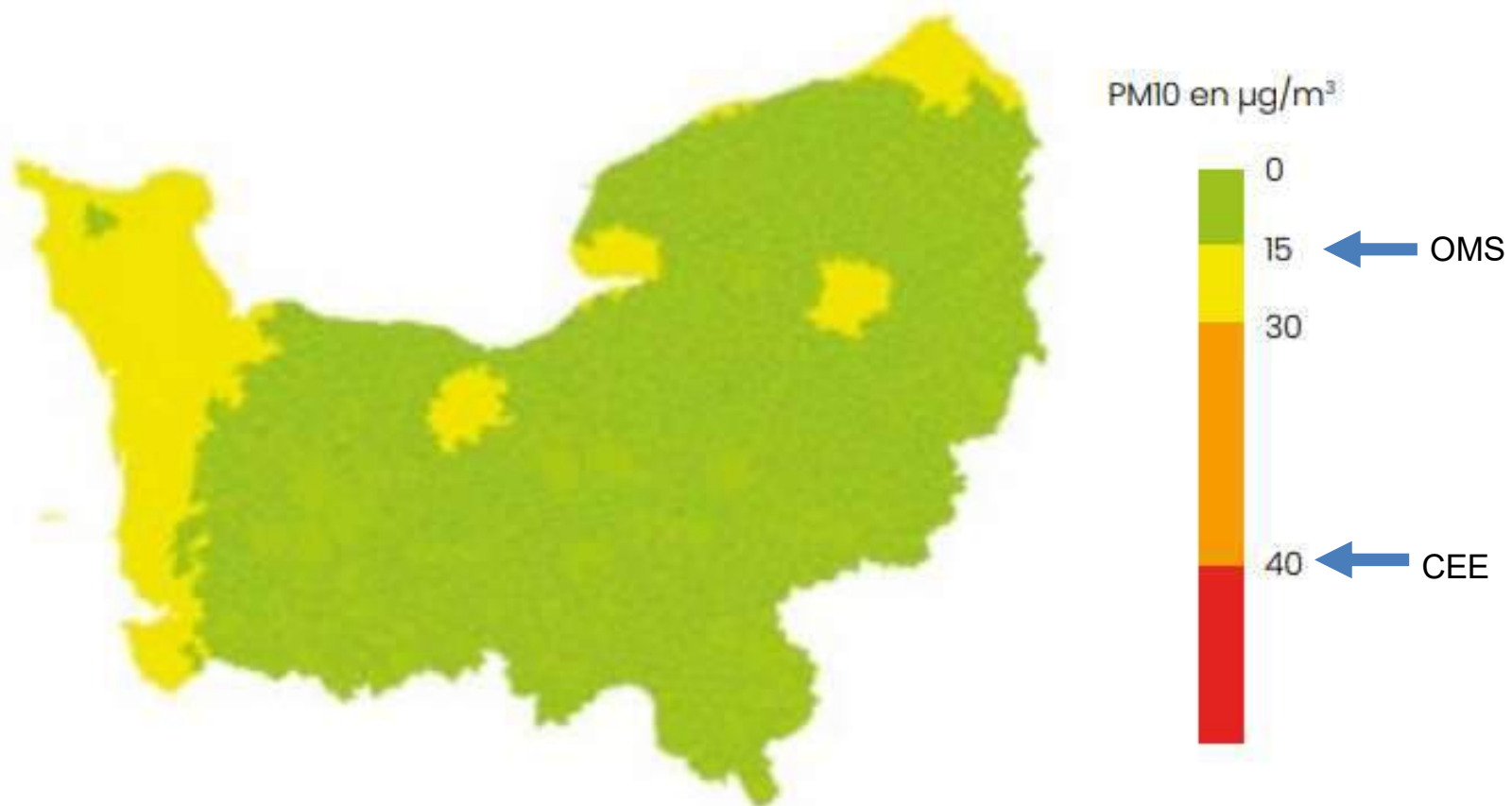


PM10 : SITUATION AUX STATIONS EN 2022 (vis-à-vis des normes réglementaires et recommandations OMS)



PM2.5 : SITUATION AUX STATIONS EN 2022 (vis-à-vis des normes réglementaires et recommandations OMS)

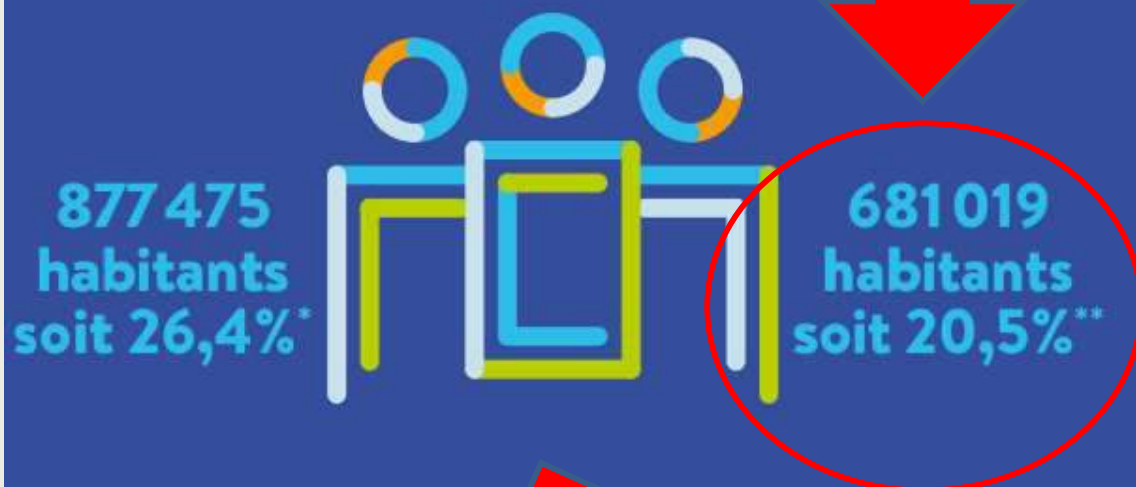
MOYENNE ANNUELLE DES PARTICULES PM10
(en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, modélisation à l'échelle communale, 2022)



SUREXPOSITION AUX PM10

Surface et nombre d'habitants exposés au-delà des recommandations de l'OMS.

✓ Population exposée :



(sur 3 325 032 habitants en Normandie)

✓ Surface exposée :

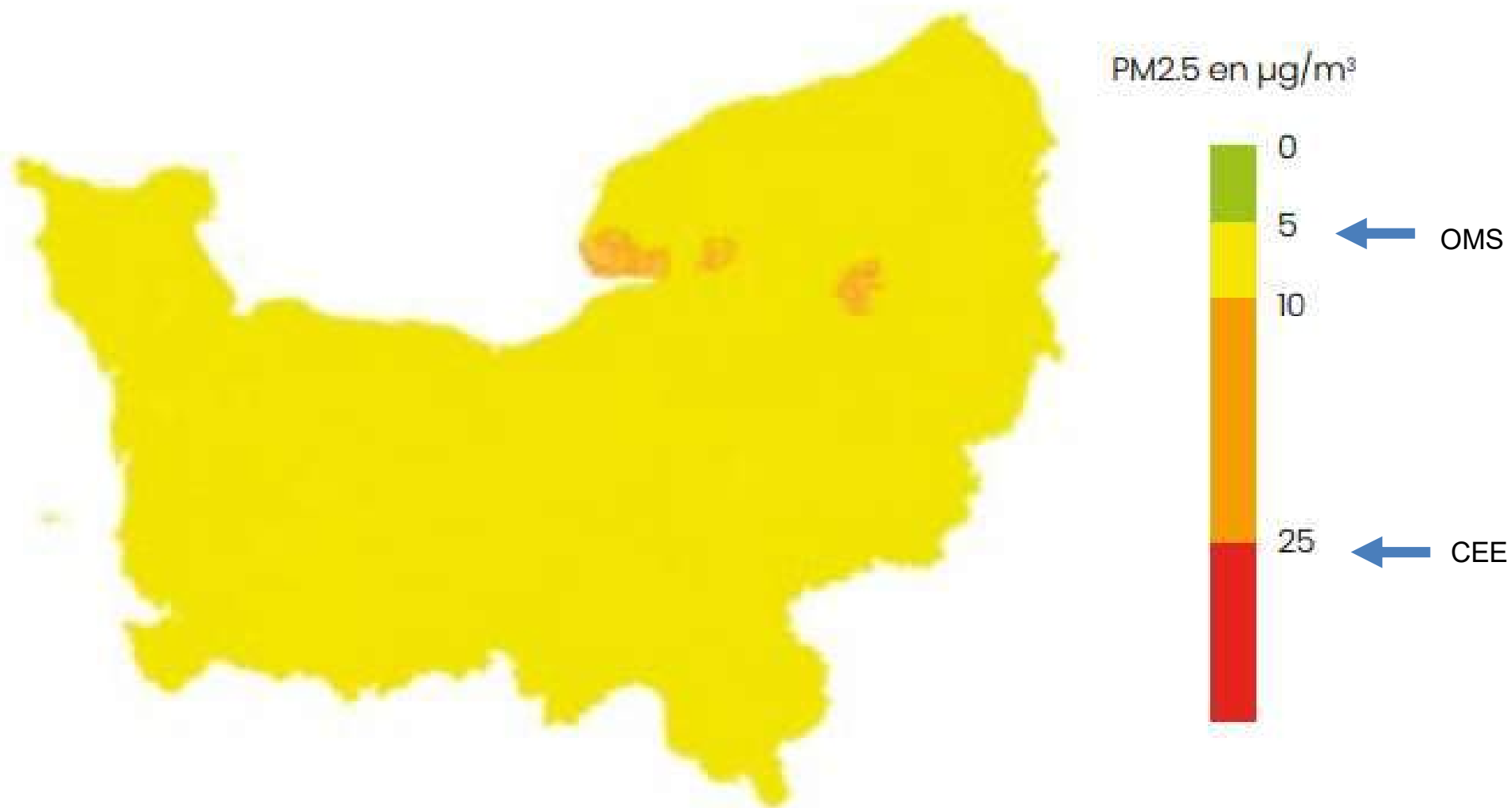


(sur 30 020 km² en Normandie)

* Soit plus de 3 jours avec une moyenne journalière en PM10 supérieure à 45 µg/m³.

** Soit une moyenne journalière en PM10 supérieure à 15 µg/m³.

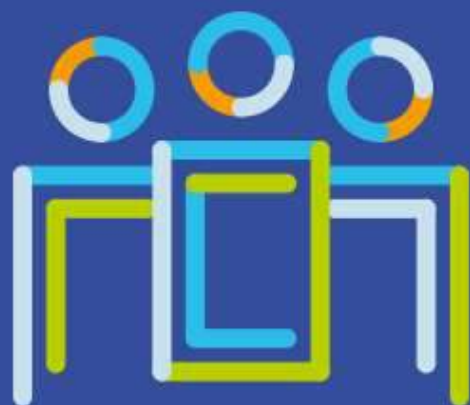
MOYENNE ANNUELLE DES PARTICULES PM_{2.5} (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, modélisation à l'échelle communale, 2022)



SUREXPOSITION AUX PM2.5

Surface et nombre d'habitants exposés au-delà des recommandations de l'OMS.

✓ Population exposée :



3 325 032
habitants
soit 100%*, **

(sur 3 325 032 habitants en Normandie)

✓ Surface exposée :



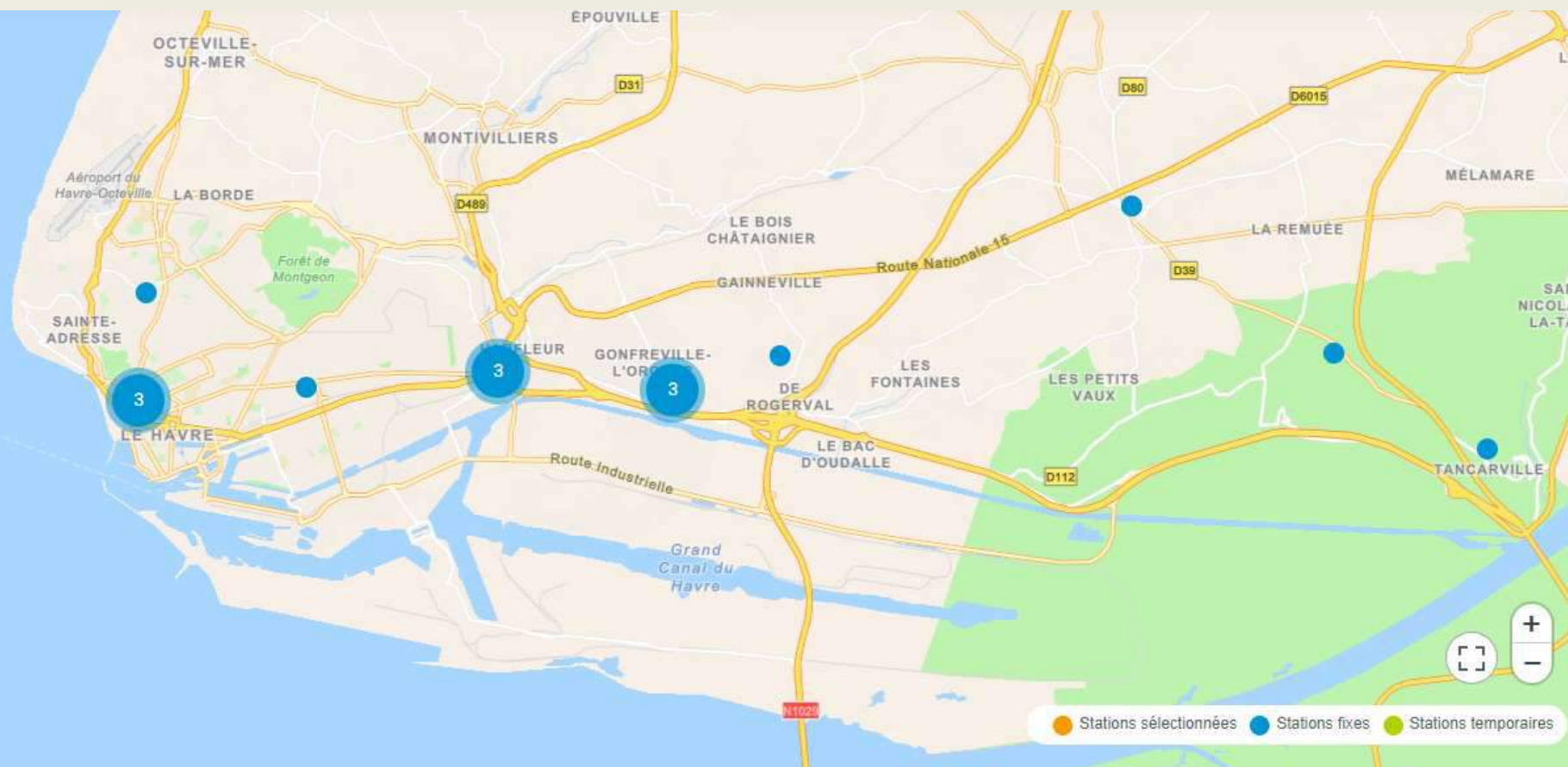
30 020 km²
soit 100%*, **

(sur 30 020 km² en Normandie)

* Soit plus de 3 jours avec une moyenne journalière en PM2.5 supérieure à 15 µg/m³.

** Soit une moyenne journalière en PM2.5 supérieure à 5 µg/m³.

51 stations



FILTRER PAR

Station de mesure

Le Havre - Lafaurie

Sélectionner un ou plusieurs polluants (max 5)

Dioxyde d'azote

Particules PM10

Particules fines PM2,5

Liste de polluants supplémentaires

Sélectionner votre pas de temps

Du 22/01/2024



au

23/01/2024



Choisir le pas de temps dans une limite de 5 ans précédant l'année en cours

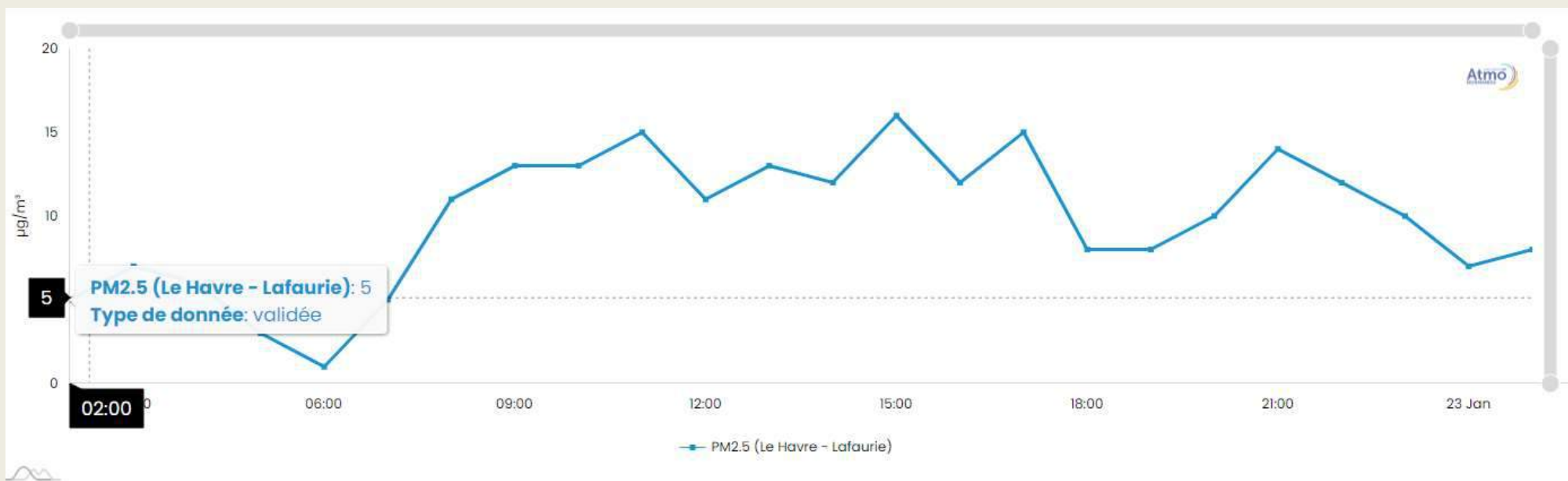
Période inférieure ou égale à 7 jours = données horaires

Période entre 7 jours et 1 an = données journalières

Période entre 1 an et 3 ans = données mensuelles

Période supérieure ou égale à 3 ans = données annuelles

AFFICHER LES MESURES



Villes les plus polluées du monde en 2019 (PM_{2.5})

Les villes les plus polluées selon les données cumulées de plus de 60 000 points de mesure.

Filtrer les villes par

Continent

Pays/Région

Région

Ville

Europe

France

Tout

Légende en PM_{2.5}

Objectif WHO

Bon

Modéré

Ma

Rang

Ville

Moyenne 2019

1

France
Saint-Denis, France

16.3

2

France
Paris, France

14.7

3

France
Roubaix, France

14.2

4

France
Seremange-Erzang...

14

5

France
Strasbourg, France

14

6

France
Melun, France

13.6

7

France
La Mulatiere, France

12.9

8

France
Rouen, France

12.5

Les villes les plus polluées selon les données cumulées de plus de 60 000 points de mesure.

Filtrer les villes par

Continent

Europe

Pays/Région

France

Région

Normandy

Ville

Légende en PM2.5 ⓘ

Objectif WHO

Bon

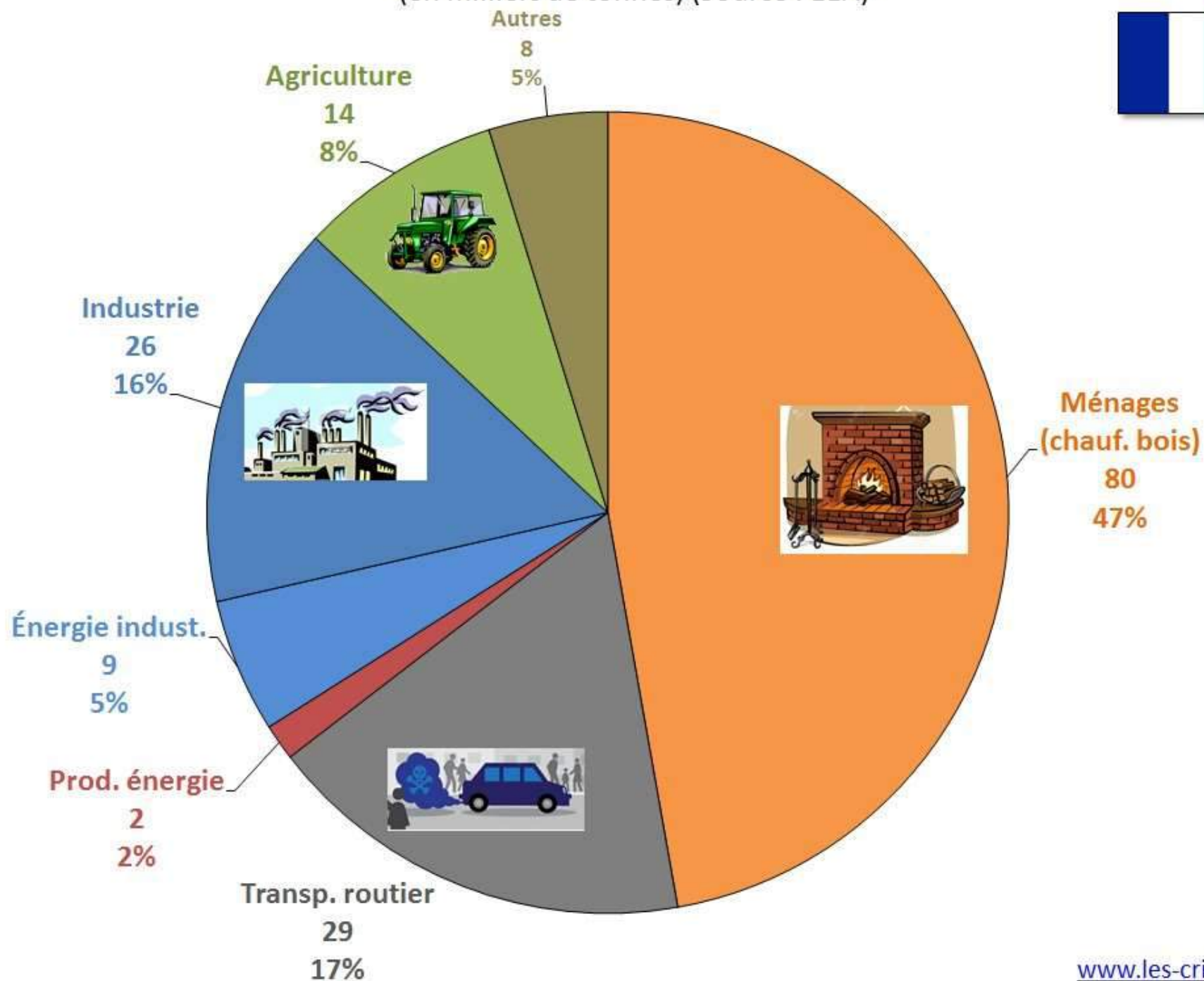
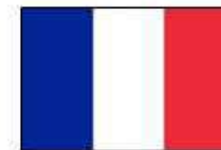
Modéré

Rang	Ville	Moyenne 2019
1	 France Rouen, France	12.5
2	 France Dieppe, France	11.2
3	 France Moul, France	10
4	 France Le Havre, France	9.7
5	 France Calvados, France	9.2
6	 France Orne, France	6.6



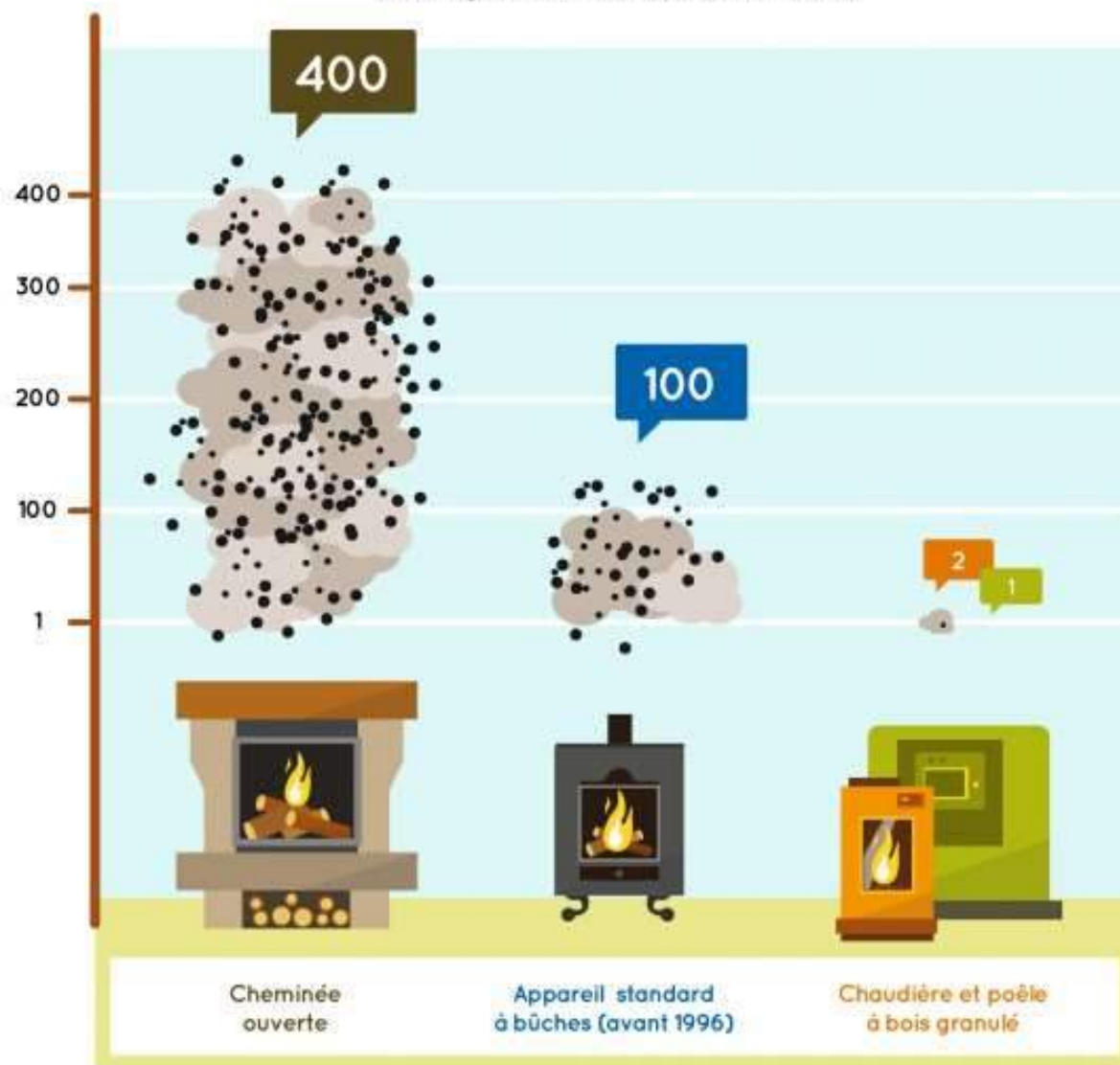
Émissions annuelles de particules fines PM_{2,5} en France en 2014

(en milliers de tonnes) (Source : EEA)



FACTEUR D'ÉMISSIONS DE PARTICULES PM10 SELON LE TYPE D'APPAREIL

source: Ageden - Air Rhône-Alpes - Flamme verte



Bruler 50 Kg de bois(½ stère) : 13 000 Km en voiture



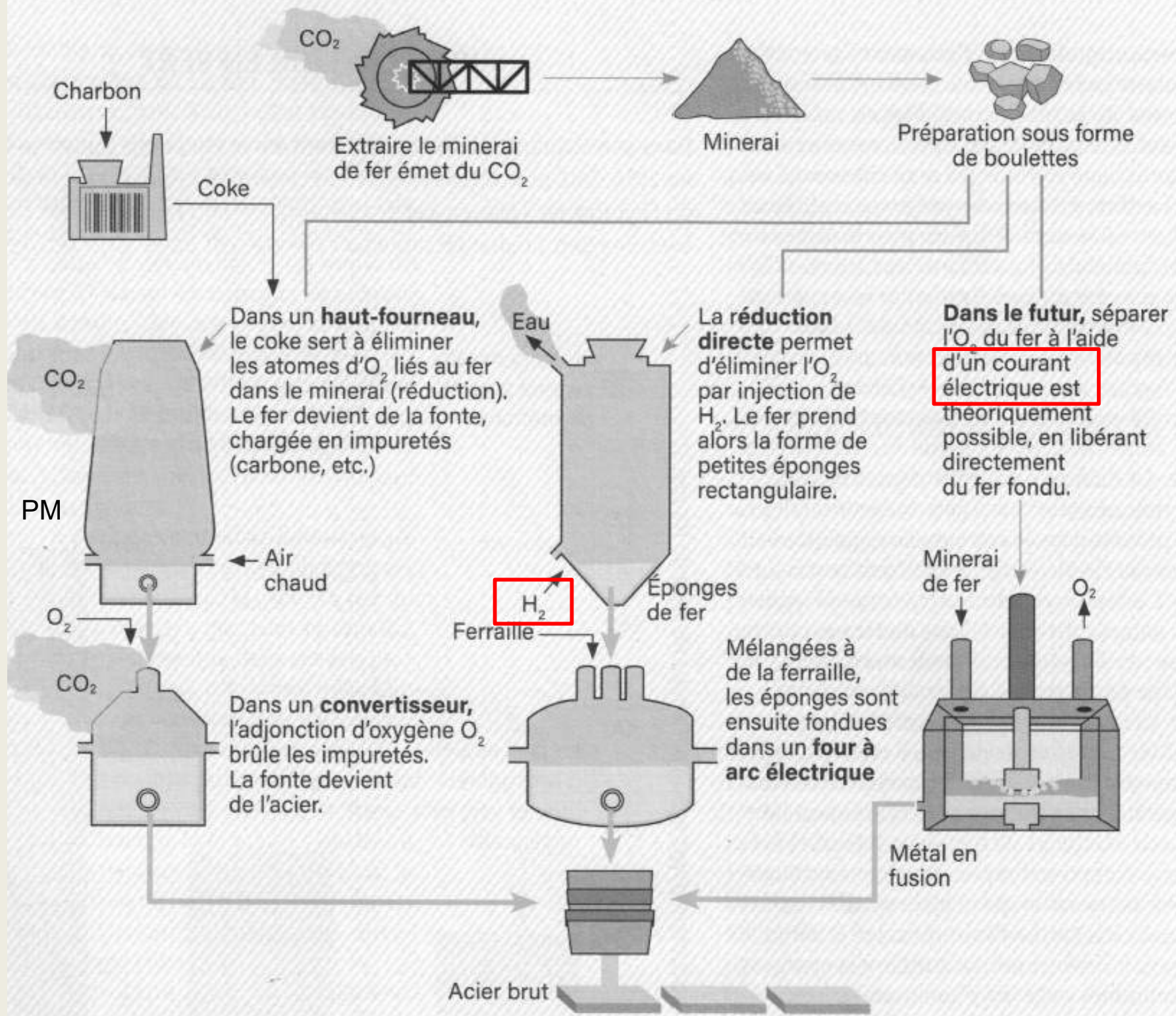
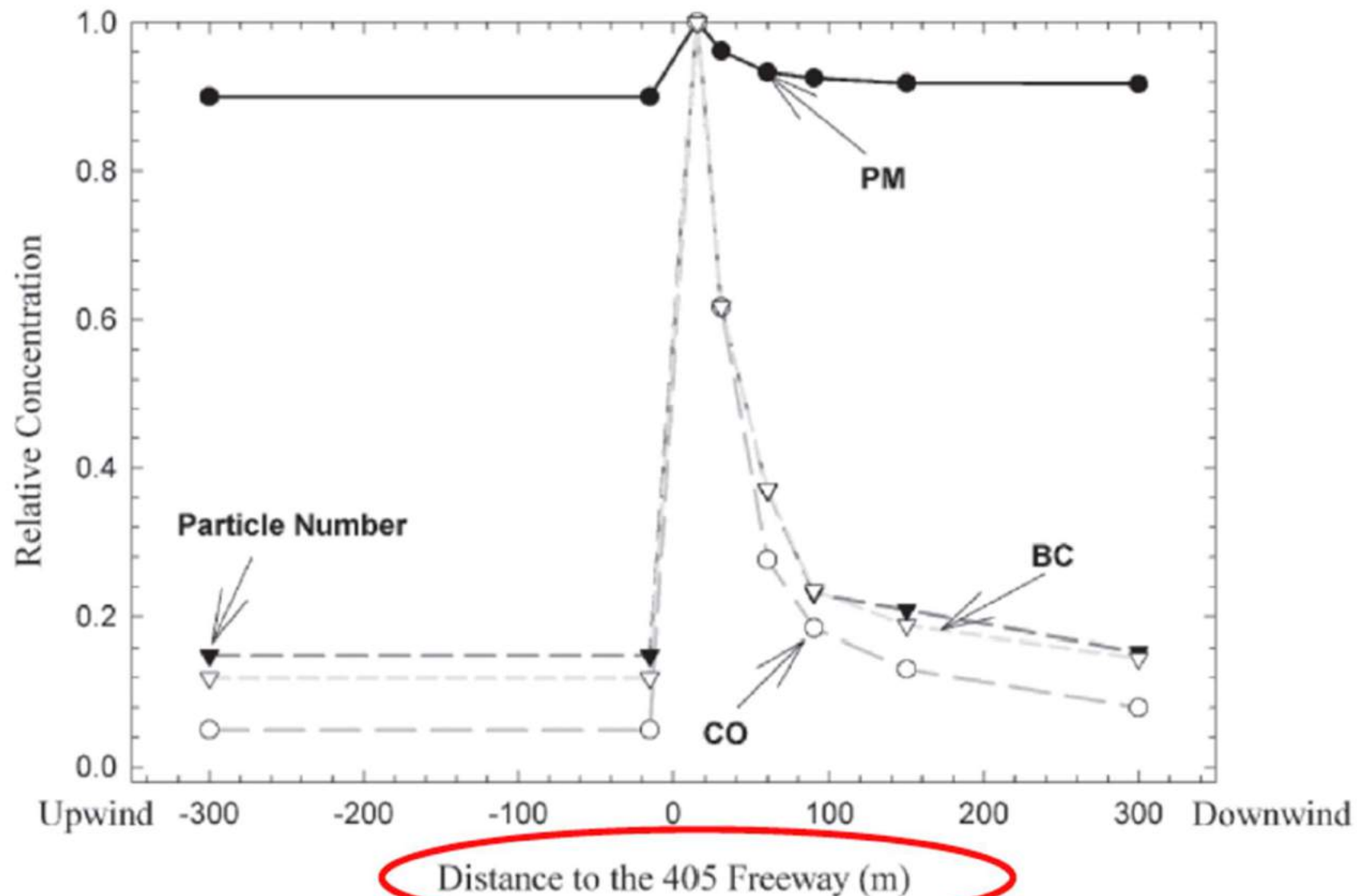




Fig. 1.22 Relative mass and number of ultrafine particles, and black carbon and carbon monoxide concentrations to downwind distance from a freeway

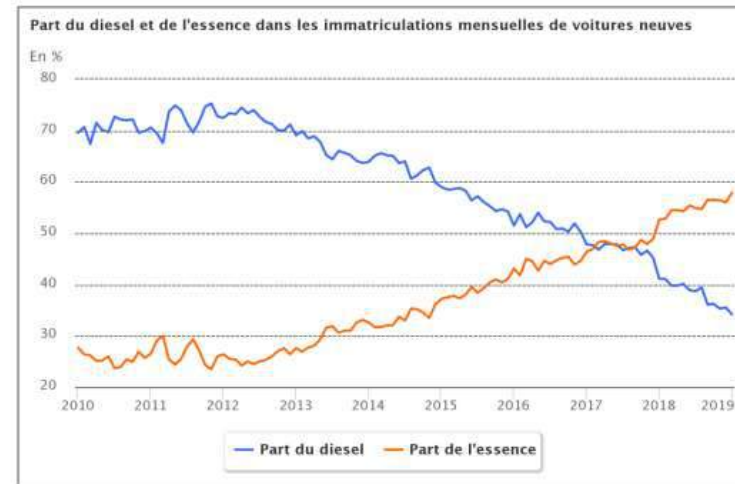


Vivre à moins de 50 m d'un axe routier augmente de 38 % la mortalité cardiovasculaire comparativement au fait de vivre à plus de 500 m, et ce, en tenant compte de facteurs confondants tels que le statut socio-économique et les facteurs de risque cardiovasculaire .

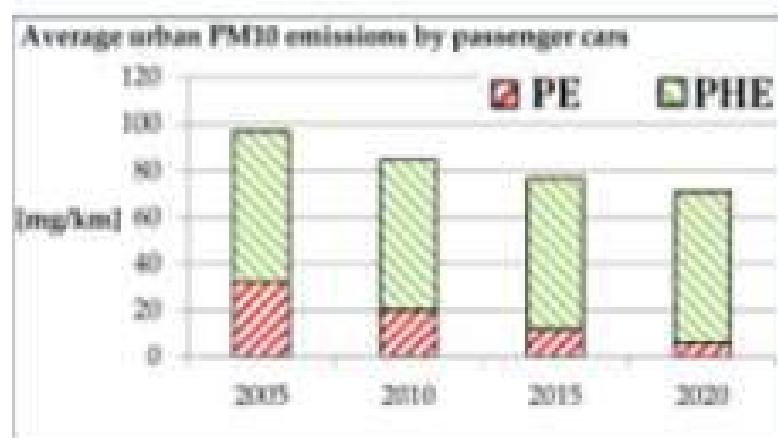




Graphique n° 11 : immatriculations mensuelles de VL par motorisation



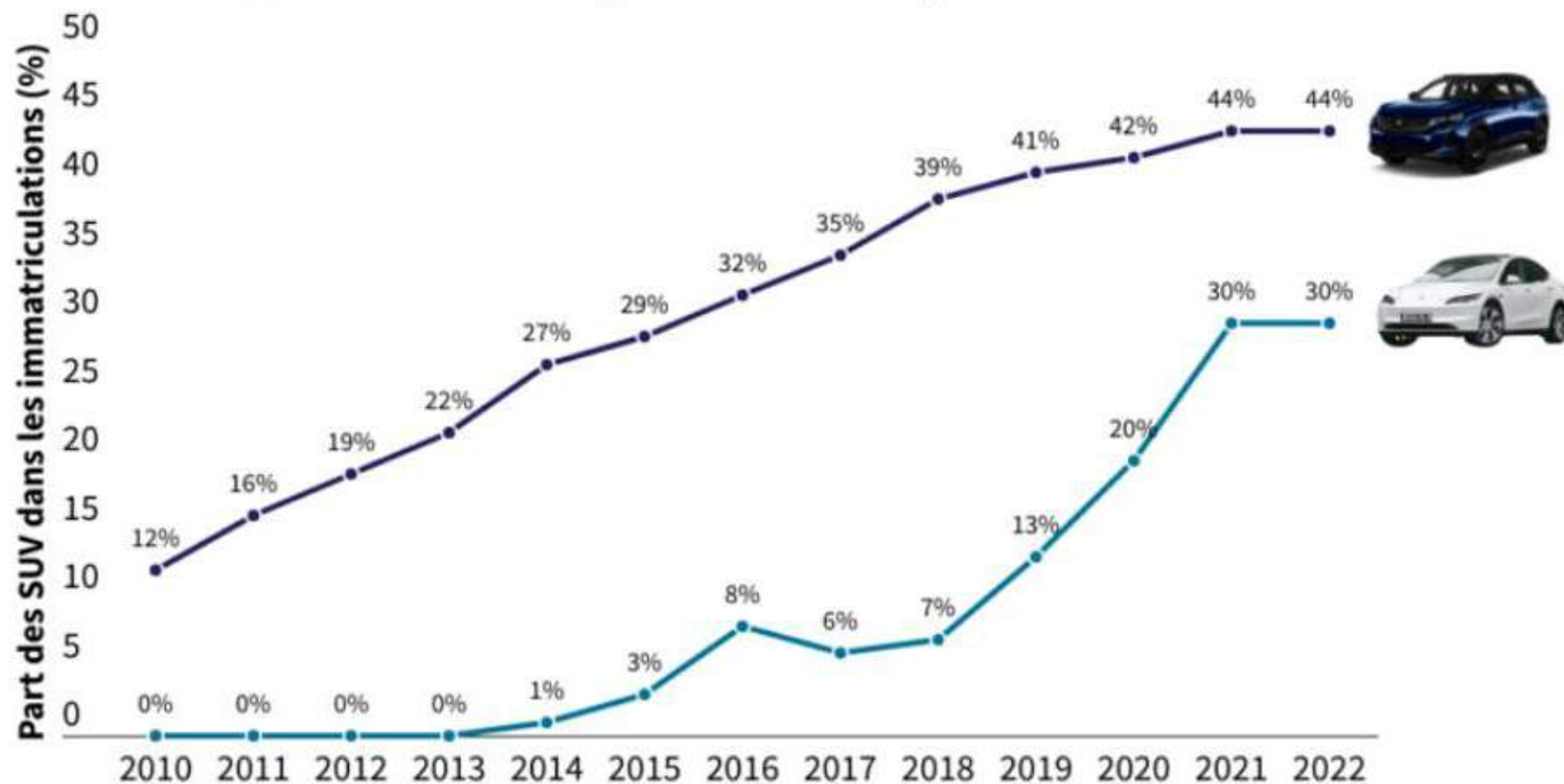
Source : MTES





Évolution des parts de marché des SUV en France

● Voitures neuves ● Voitures électriques neuves



Source : EEA (2010-2021) et Dataforce (2022). Immatriculations de véhicules particuliers neufs.

La Voiture Moyenne depuis 1970							
<i>L'argus</i>	1970	1980	1990	2000	2010	2019	2020
Longueur (m)	4,09	4,04	4,05	4,07	4,13	4,21	4,19
Largeur (m)	1,57	1,61	1,64	1,69	1,75	1,79	1,79
Hauteur (m)	1,46	1,42	1,44	1,47	1,53	1,54	1,53
Empattement (m)	2,50	2,51	2,52	2,54	2,57	2,61	2,61
Poids (kg)	859	909	977	1 138	1 238	1 268	1 242
Cylindrée (cm³)	1 149	1 303	1 477	1 674	1 523	1 389	1 376
Puissance (ch)	58	62	75	88	99	118	118
Couple (Nm)	nc	nc	nc	162	206	219	216
Poids/puissance (kg/ch)	14,8	14,7	13	12,9	12,5	10,8	10,5
Vitesse maximale (km/h)	nc	150	154	175	178	187	176
Part du diesel (%)	nc	15	22	50	71	34	30,9
Consommation (l/100 km)	nc	nc	nc	nc	5,1	4,8	4,6
CO ₂ (g/km)	nc	nc	nc	nc	129	113	105
Prix (€ constants)	11 312	16 957	17 490	19 339	19 767	26 807	26 789
Équivalence (mois de Smic)	17,1	16,4	15	14,8	14,7	17,6	17,2

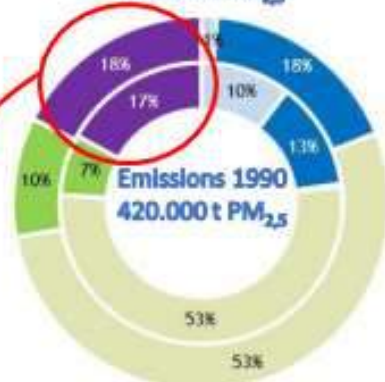
+70 %

Taxes en fonction du poids

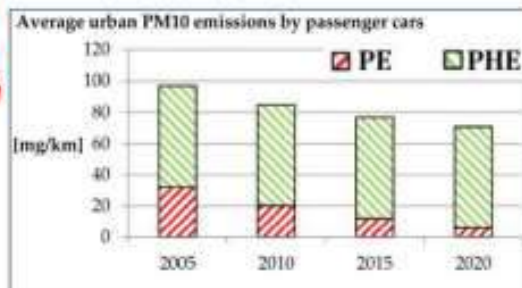
• Les émissions hors échappement

– Une contribution émergente et difficile à réduire

Emissions totales 2018
125.000 t PM_{2,5}



Industrie énergie	Industrie manufacturière
Résidentiel/tertiaire	Agriculture/sylviculture
Déchets (centralisés)	Transports



Poussière de la route (☼)

Particules d'usure des freins (●)

Particules d'usure des pneus (●)

Particules d'usure de la surface de la route (●)

Particules du contact pneu-chaussée (●, ●, ●, ●, ●)

Particules à l'échappement (▲)

PHE

PE

15-55% PHE
Usure des freins

Remise en
suspension
30-60% PHE

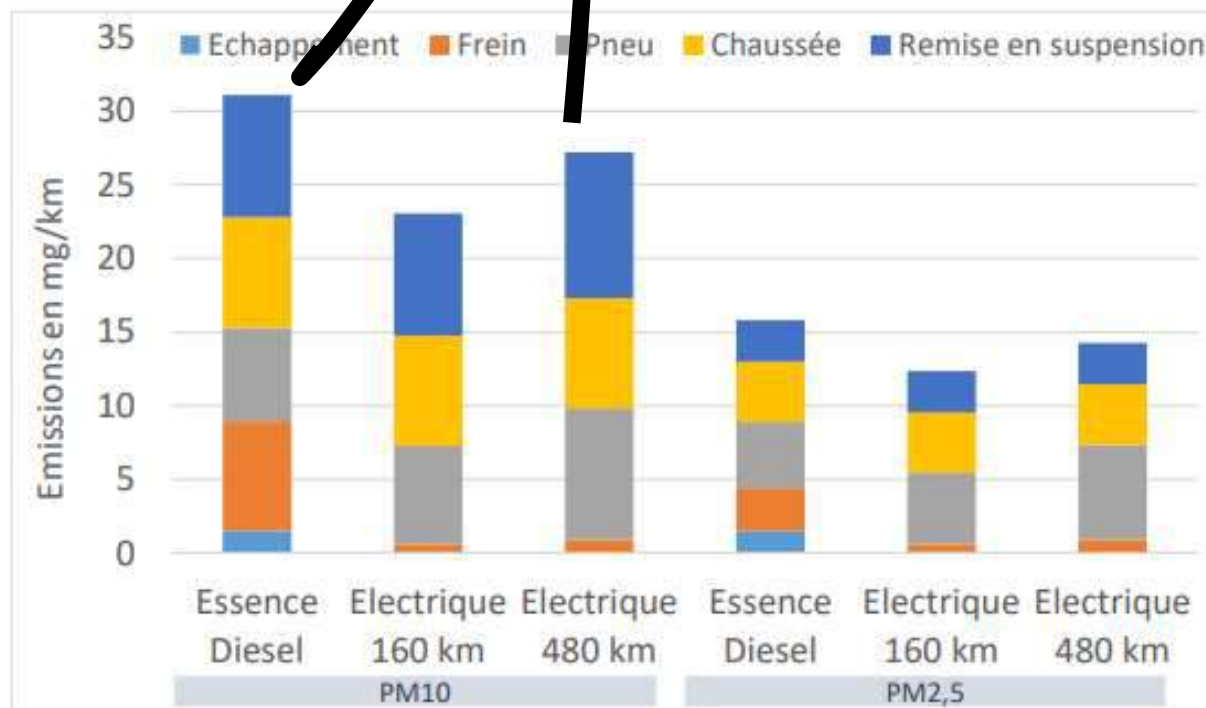
Contact pneu-chaussée
5-30% PHE

Usure de la route
5-30% PHE

Échappement

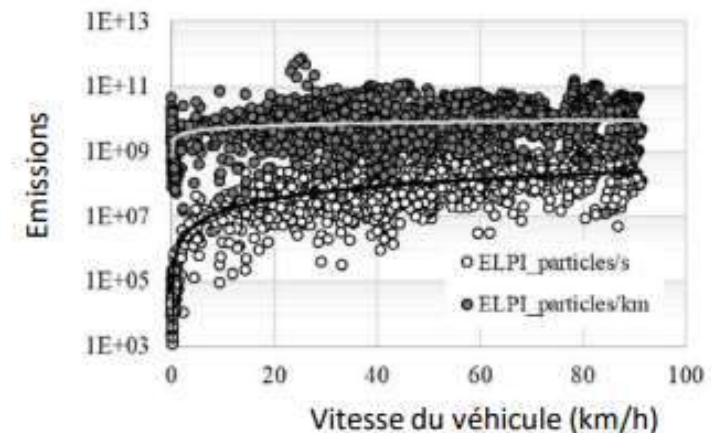
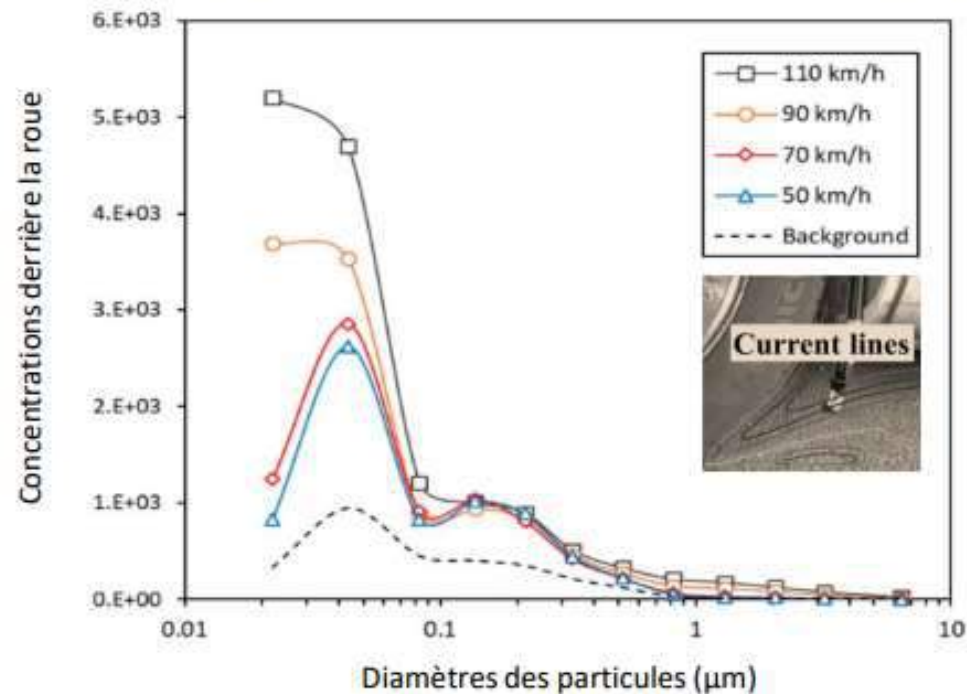
Quantités de PHE émises

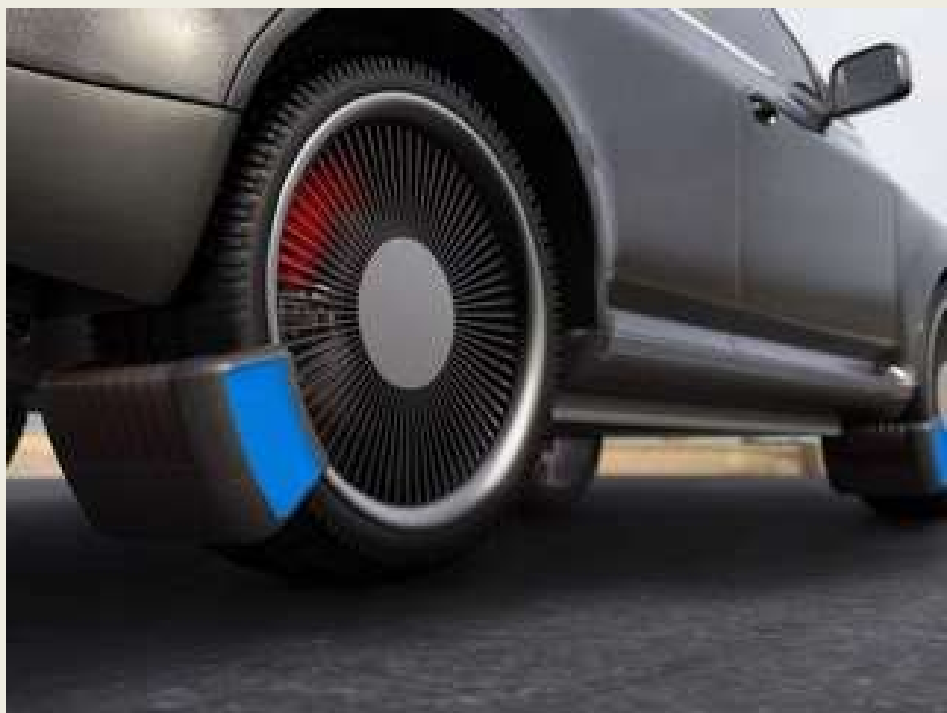
- Diminution des particules de frein pour les véhicules électriques (freinage régénératif)
- Masse des véhicules impacte la taille des pneus donc les émissions pneus / chaussée et remise en suspension
- VE : autonomie ↗ = masse et PM ↗
- Peu d'écart entre VE et VT pour les PHE
- **NOTA** : les VT émettent des particules (1 à 2 mg/km) et contribuent à la formation d'aérosols secondaires

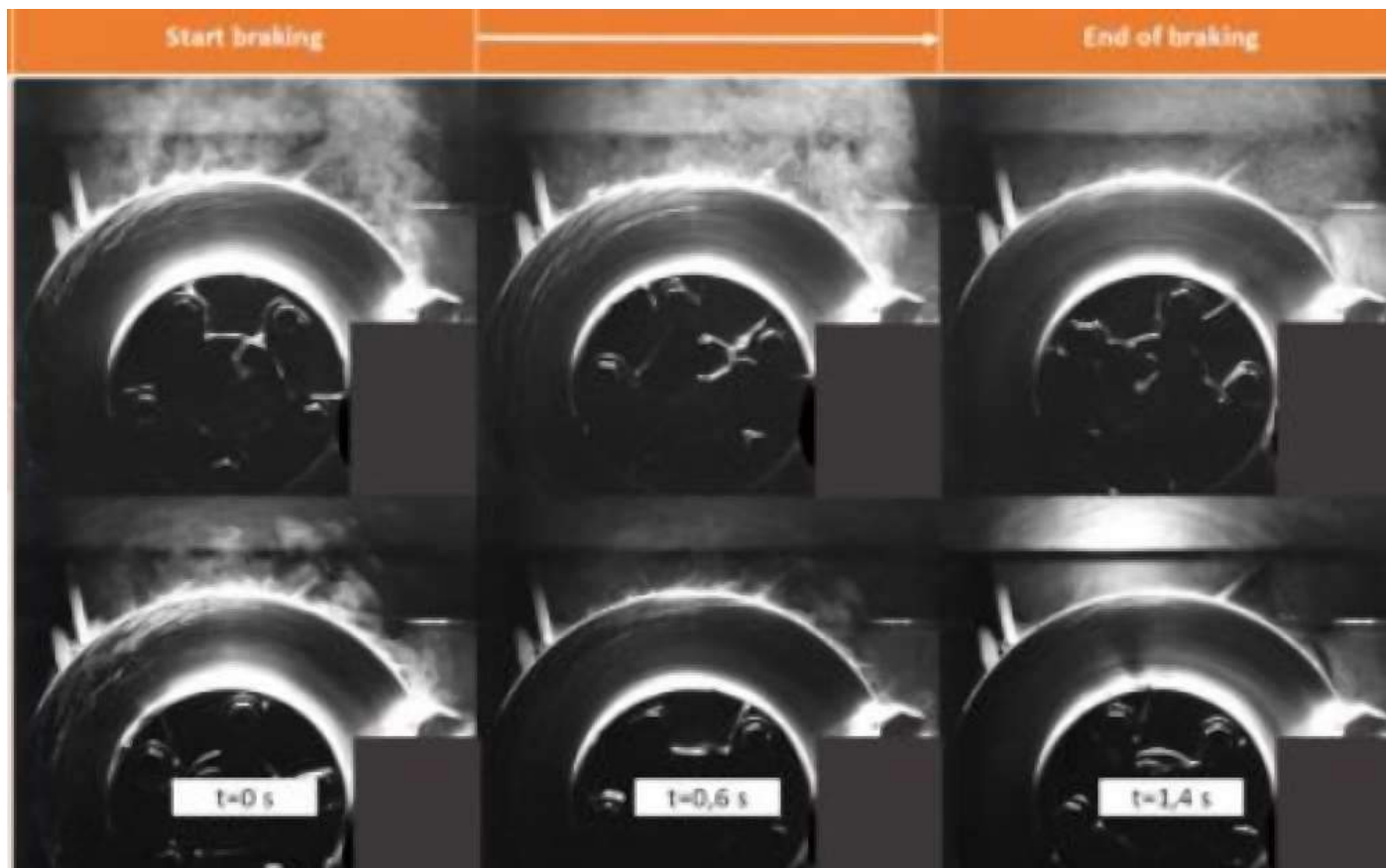


Les émissions du contact pneu-chaussée

- **Augmentation des niveaux avec la vitesse**
 - Des particules beaucoup plus fines qu'attendu







Des purificateurs d'air géants captent les particules fines dans une cour d'école à Paris

Moins de pollution pour nos enfants à l'école, c'est possible. Fin avril, dix "Para-PM" : des purificateurs d'air géants, ont été installés dans la cour d'une école parisienne. Selon les premiers résultats de l'expérimentation, ces appareils rendent effectivement l'air extérieur plus propre.



La loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 :

instauration de zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m) dans toutes les agglomérations métropolitaines de plus

de 150 000 habitants au plus tard au 1er janvier 2025.

DÉPLOIEMENT DES ZONES À FAIBLES ÉMISSIONS (ZFE)



● ZFE existantes

● ZFE à venir

△ dépassement régulier des normes de qualité de l'air constaté (2018-2022) : calendrier minimal de restrictions imposé par la loi pour la circulation des automobiles

○ teneur en polluants régulièrement supérieure aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé, mais pas de dépassement régulier constaté des normes de qualité de l'air (2018-2022)





INERIS: 100 grammes la quantité de particules émises pour un kilo de pneus brûlés

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 30 mai 2018

AVIS
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,
de l'environnement et du travail
relatif à l'« Evaluation du bénéfice sanitaire attendu de dispositifs respiratoires dits
antipollution »



Masque chirurgical: + 6 microns

FFP 2 : + 0,6 microns



FFP 3 : + 0,4 microns

Évaluation du bénéfice
sanitaire attendu
de dispositifs respiratoires
dits antipollution

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Mai 2018

Édition scientifique



Insuffisance des données
disponibles en vue de pouvoir
attester d'un bénéfice sanitaire lié
au port de masques dits
antipollution en conditions réelles
d'utilisation par la population
générale

Les suppléments antioxydants pour la prévention de la mortalité chez les personnes en bonne santé et les patients atteints de diverses maladies

✉ Goran Bjelakovic, Dimitrinka Nikolova, Lise Lotte Gluud, Rosa G Simonetti, Christian Gluud Authors' declarations of interest

Version published: 14 March 2012 Version history

<https://doi.org/10.1002/14651858.CD007176.pub2> 

Critères de sélection

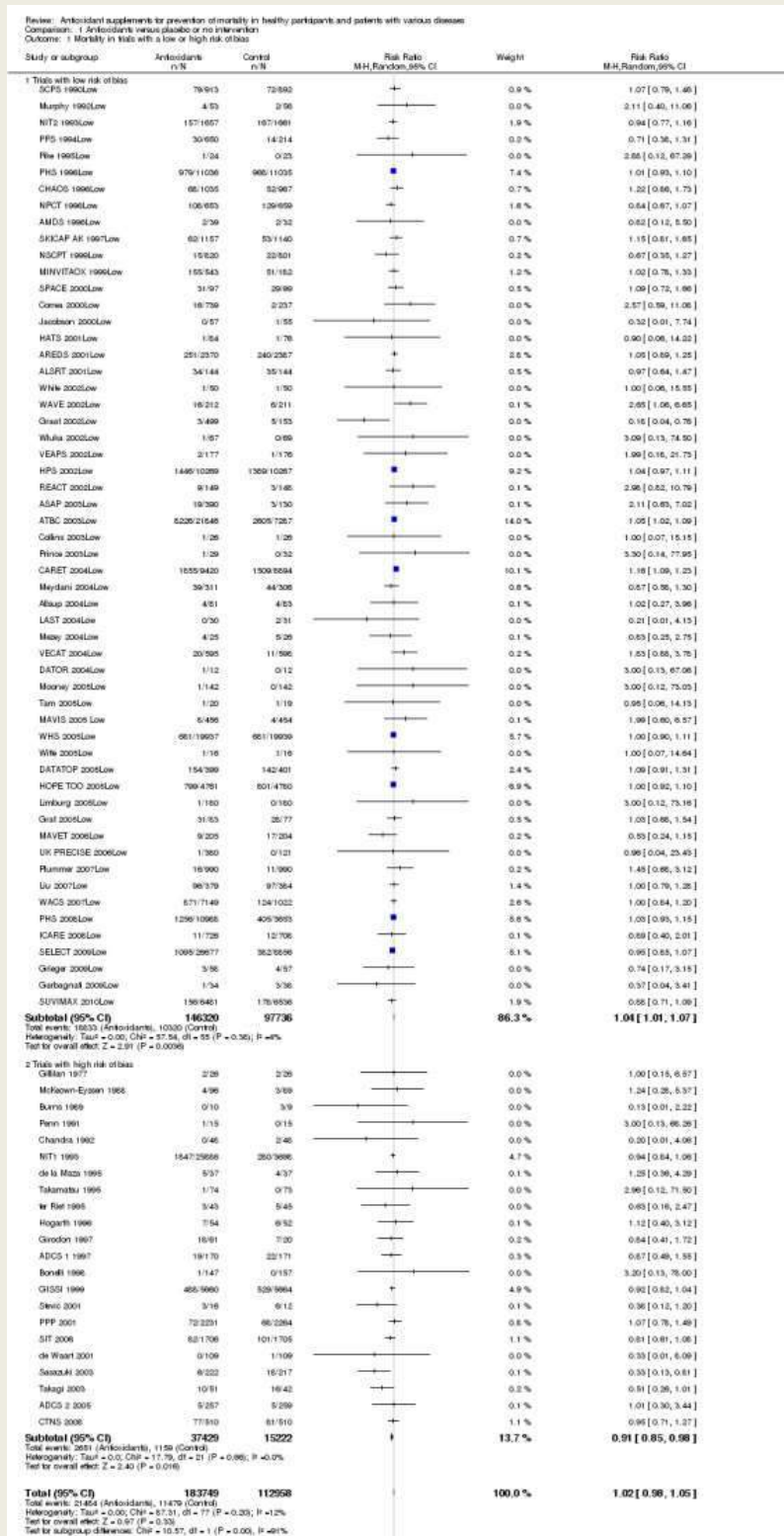
Nous avons inclus tous les essais cliniques randomisés de prévention primaire ou secondaire sur des suppléments antioxydants (bêta-carotène, vitamine A, vitamine C, vitamine E et sélénium) versus placebo ou versus absence d'intervention.

Recueil et analyse des données

Trois auteurs ont extrait les données. Des méta-analyses utilisant des modèles à effets aléatoires et à effet fixe ont été effectuées. Le risque de biais était pris en compte afin de minimiser le risque d'erreurs systématiques. Des analyses séquentielles d'essais ont été menées afin de minimiser le risque d'erreurs aléatoires. Des analyses de méta-régression utilisant un modèle à effets aléatoires ont été effectuées pour évaluer les sources d'hétérogénéité inter-essais.

Résultats principaux

Soixante dix huit essais randomisés totalisant 296 707 participants ont été inclus. Cinquante six essais portant sur 244 056 participants avaient un faible risque de biais. Vingt six essais incluaient 215 900 participants en bonne santé. Cinquante deux essais incluaient 80 807 participants atteints de diverses maladies en phase stable. L'âge moyen était de 63 ans (entre 18 et 103 ans). La proportion moyenne de femmes était de 46 %. Sur les 78 essais, 46 utilisaient le design en groupes parallèles, 30 le design factoriel, et 2 le design croisé. Tous les antioxydants avaient été administrés par voie orale, soit seuls, soit en association avec des vitamines, des minéraux ou d'autres interventions. La durée de la supplémentation variait de 28 jours à 12 ans (durée moyenne de 3 ans ; durée médiane de 2 ans). Dans une méta-analyse utilisant un modèle à effets aléatoires les suppléments



Conclusions des auteurs

Aucune preuve en faveur de l'utilisation de suppléments antioxydants pour la prévention primaire ou secondaire.

Le bêta-carotène et la vitamine E semblent accroître la mortalité, tout comme des doses plus élevées de vitamines A.

Les suppléments antioxydants devraient être considérés comme des médicaments et être soumis à une évaluation suffisante avant commercialisation.

Une réduction de la pollution de l'air ambiant et de la mortalité associée constatée pendant le premier confinement

Le confinement du printemps 2020, dont l'objectif était de limiter la circulation du virus sur le territoire, a plongé notre société dans un cadre totalement inédit et celui-ci a eu des conséquences sur la santé, les activités économiques et sociales, ainsi que sur l'environnement^{1,2}. Dans le cadre de son programme de surveillance Air et Santé, Santé publique France a évalué les impacts à court et long terme sur la mortalité en France métropolitaine de la diminution de l'exposition à la pollution atmosphérique liée au confinement.

Les résultats de l'évaluation quantitative d'impact sur la santé (EQIS) montrent que les bénéfices d'une moindre exposition à la pollution de l'air ambiant durant le premier confinement peuvent être estimés à environ :

- **2 300 décès évités en lien avec une diminution de l'exposition aux particules**, dont les sources sont multiples et qui représentent la pollution de fond,
- **1 200 décès évités en lien avec une diminution de l'exposition au dioxyde d'azote (NO₂)**, liée principalement au trafic routier.

➤ CONCLUSION (1)

La pollution atmosphérique

Les gaz

Les particules en suspension PM

Les PM sont classées en

- origine naturelles ou humaine
- taille : PM10 , PM 2,5, PM 0,1
- composition : organique, carboné, métallique
- concentration moyenne ou pic
- potentiel oxydatif

CONCLUSION (2)

LA TOXICITE PM est fonction
de la (petite) taille
des (fortes) concentrations
des métaux de transition
stress oxydatif
sans seuil d'inocuité

L'IMPACT SUR LA SANTÉ DES PM est
majeur : 48000 dc en France
global sur tt les organes
prédominant sur le cardio vasculaire
effet immédiat ou à long terme

CONCLUSION (3)

LES TAUX DE PM DE REFERENCES

OMS partout dépassé en PM 2,5
CEE en moyenne le double OMS

LES SOURCES DES PM

transport routier : (gaz), freins, pneus,
chauffage au bois
centrales à charbon et industries

CONCLUSION (4)

DES SOLUTIONS EXISTENT

Sobriété énergétique

Voitures légères et électriques

Industries propres

Chauffages adaptés

VOLONTÉS INDIVIDUELLES ET POLITIQUES

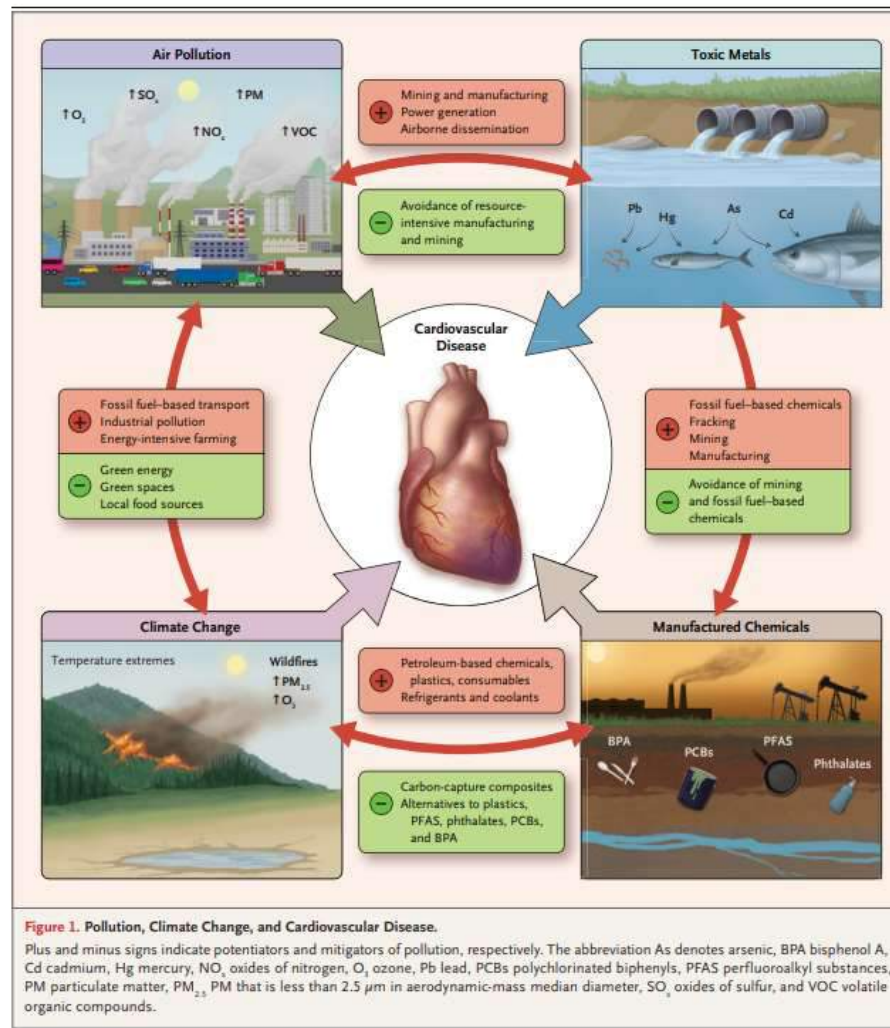
REVIEW ARTICLE

Dan L. Longo, M.D., Editor

Pollution and the Heart

DOI: 10.1056/NEJMp1709221 | www.nejm.org | April 19, 2018

THE NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE

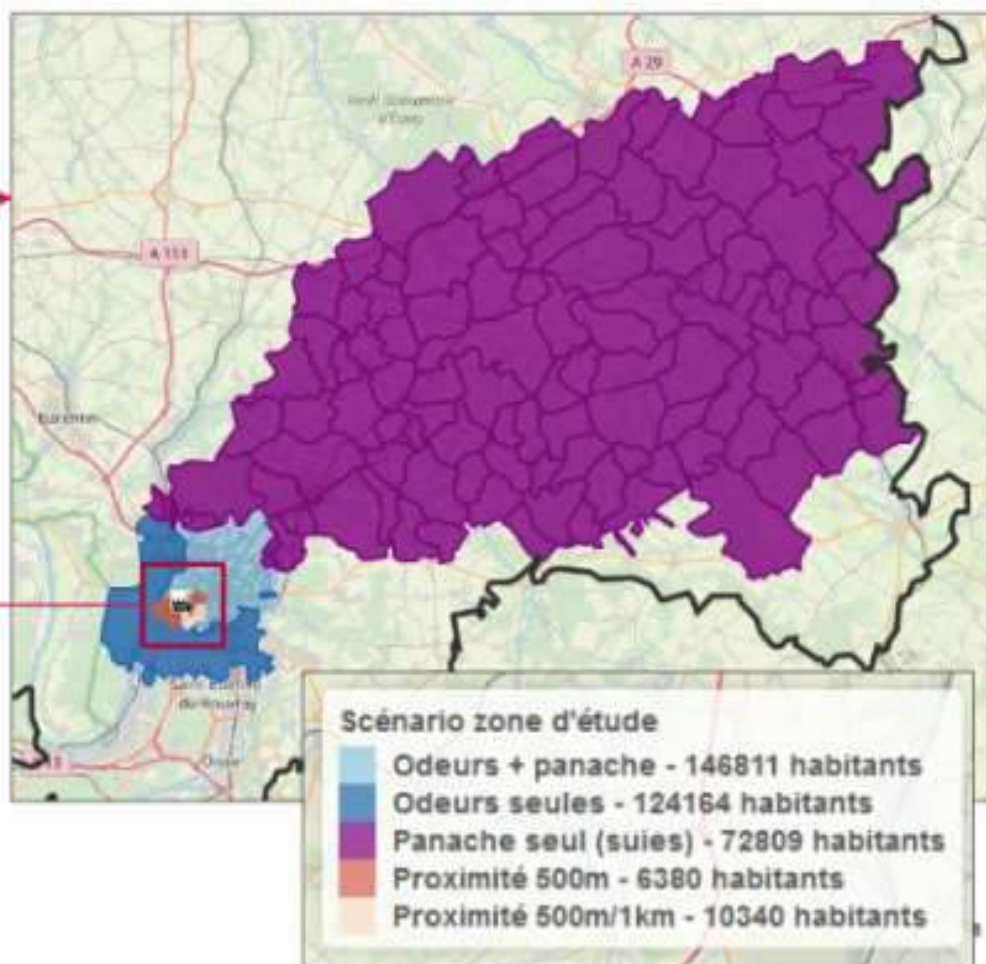
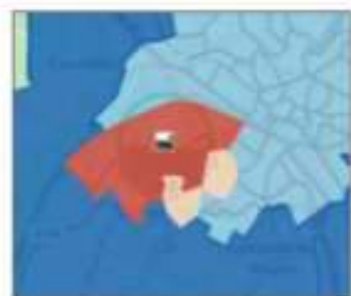


MERCI POUR VOTRE ATTENTION



26/09/2019





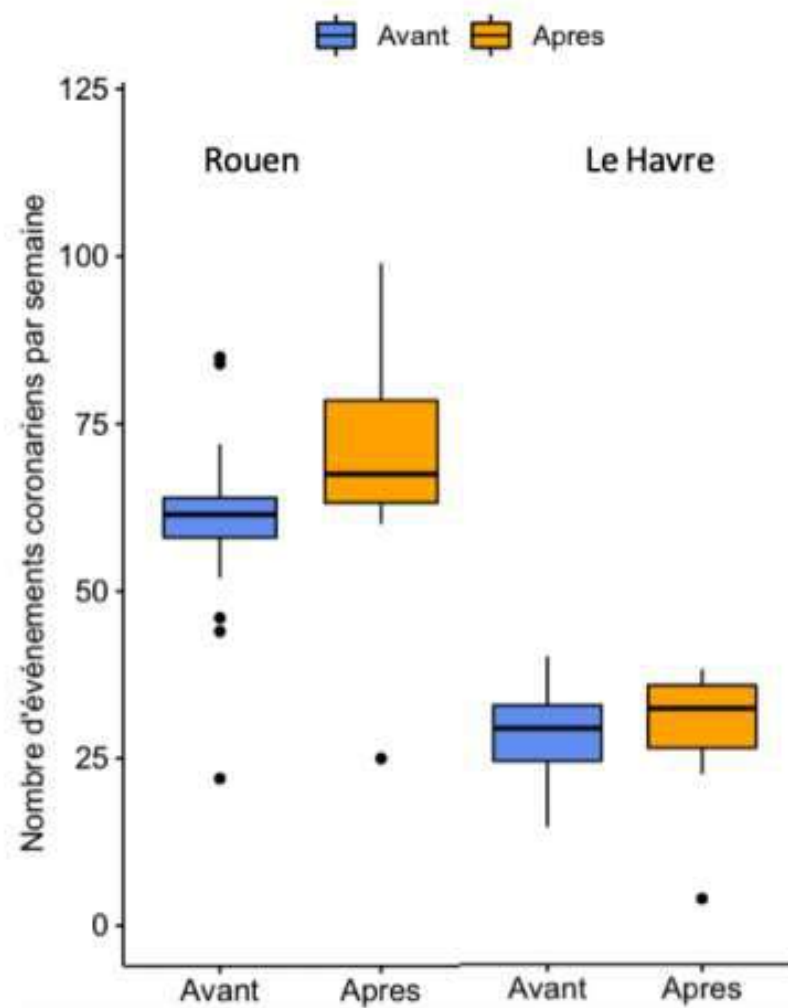


Figure 3 : Diagramme en boîte du nombre d'événements coronariens par semaine avant/après l'incendie Lubrizol à Rouen et au Havre.

CONCLUSION :

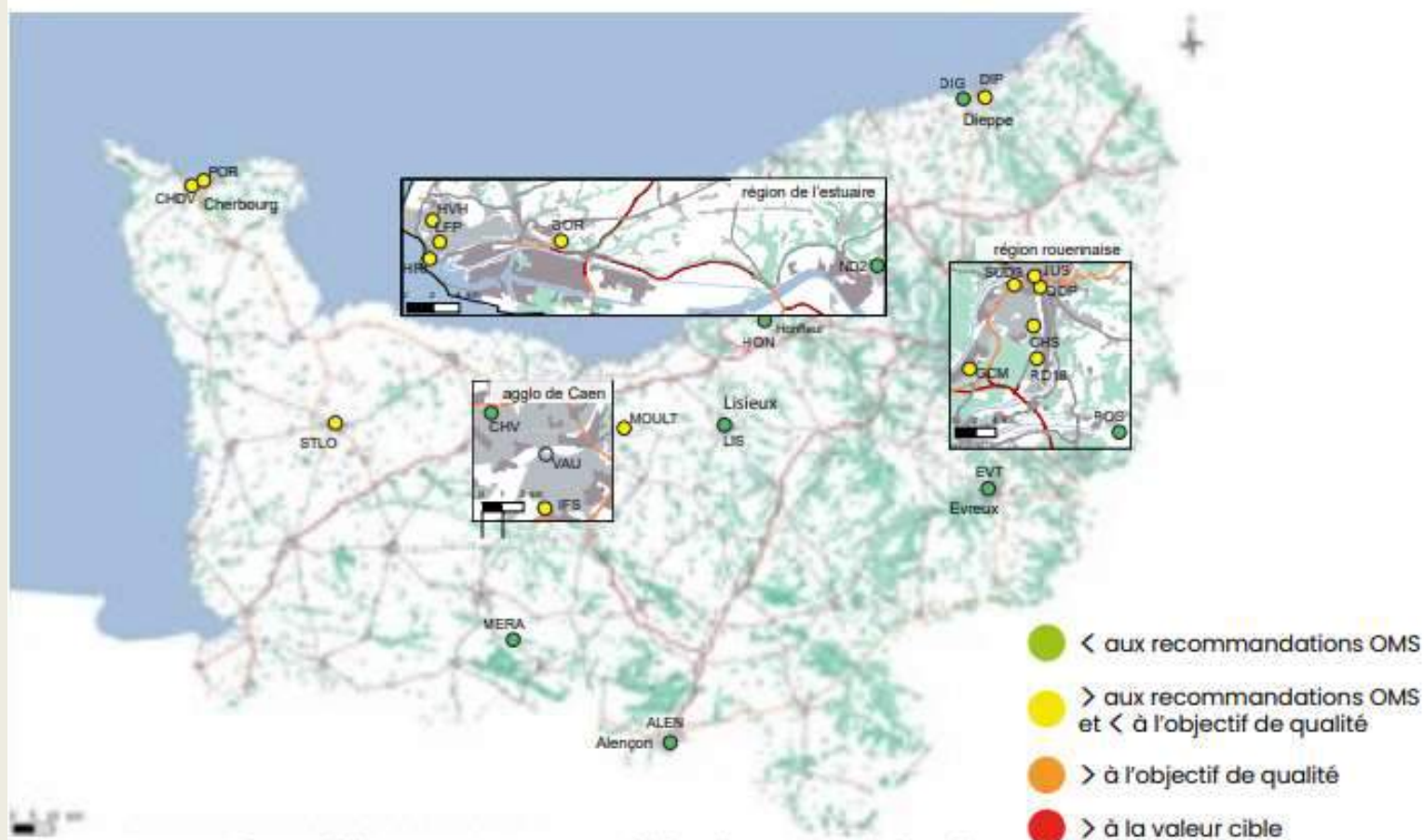
Travail rétrospectif

Augmentation des syndromes coronariens à Rouen dans les 3 mois après l'incendie de l'usine Lubrizol en comparaison avec les 5 mois précédents.

Majoration des cas apparaissait retardée par rapport à l'événement et prédominait sur les SCA.

En raison de nombreux facteurs de confusions, il n'est pas possible d'établir un lien de causalité à ce stade.

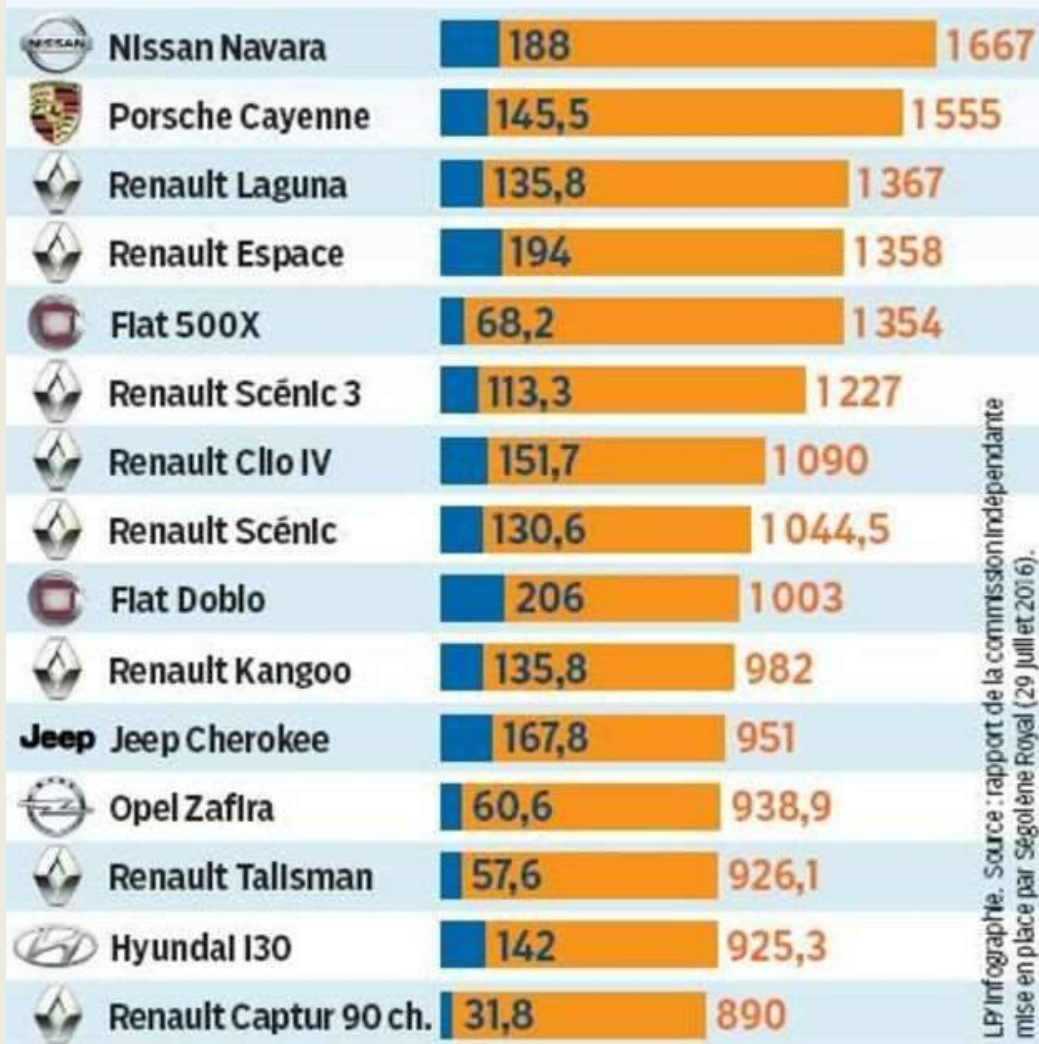
PM10 : SITUATION AUX STATIONS EN 2022 (vis-à-vis des normes réglementaires et recommandations OMS)



Source : Atmo Normandie - CLC2012 - BD TOPO® © IGN PARIS - 2015, Copie et reproduction interdite

DES ÉCARTS SPECTACULAIRES ENTRE VALEURS ANNONCÉES ET VALEURS MESURÉES

- Emissions de NOx annoncées par les constructeurs (en mg/km), contrôlées en laboratoire et notifiées à la Commission européenne.
- Emissions de NOx mesurées par la commission indépendante (en mg/km) lors de tests sur piste.



LP/Infographie. Source : rapport de la commission indépendante mise en place par Ségolène Royal (29 juillet 2016).



Oxidative stress and the cardiovascular effects of air pollution
 Mark R. Miller

Free Radical Biology and Medicine, <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.01.004>

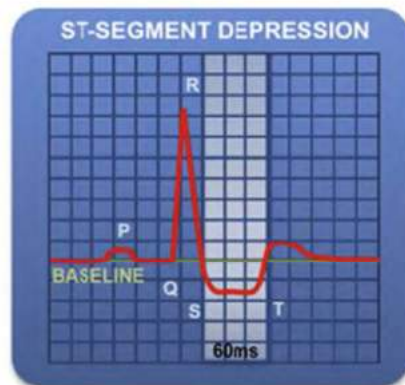
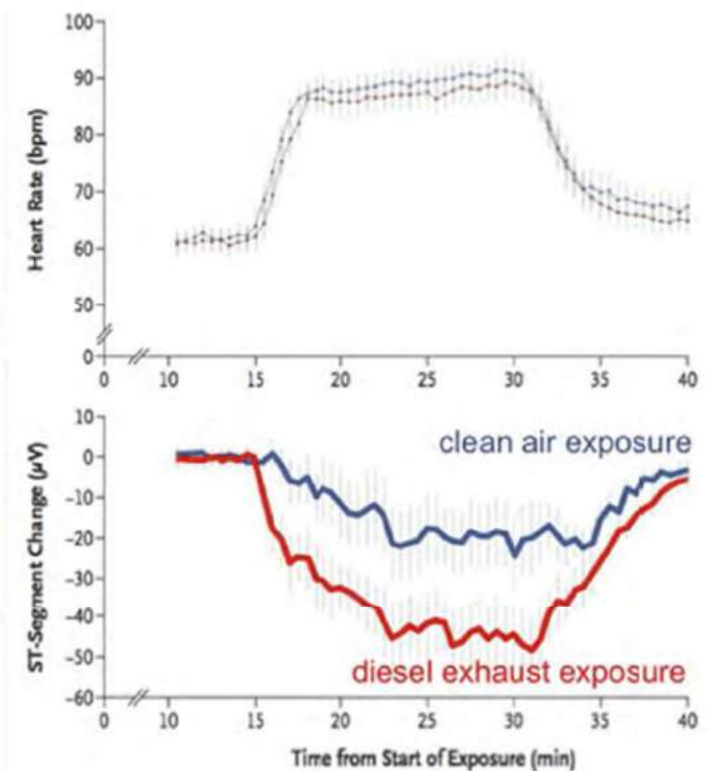


Fig. 4. Acute exposure to dilute diesel exhaust exacerbates cardiac ischaemic stress in patients with ischaemic heart disease. Volunteers were asked to inhale diesel exhaust ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for 1 h) during an exercise test. Ischaemic stress was measured as the extent of S-T segment depression in the ECG. Data from Mills et al. 2007 [204].



Conclusions

L'exposition à la pollution de l'air entraine des maladies cardiovasculaires, pulmonaires, des cancers et multiples maladies.

48 000 DC prématurés /100 milliards d'euros par an

Les particules fines sont les principales responsables

Absence de seuil en dessous duquel il n'y a pas d'effet

Les nanoparticules sont les plus dangereuses

seules mesures préventives efficaces:

contrôler les émissions

des cheminées à conduit ouvert

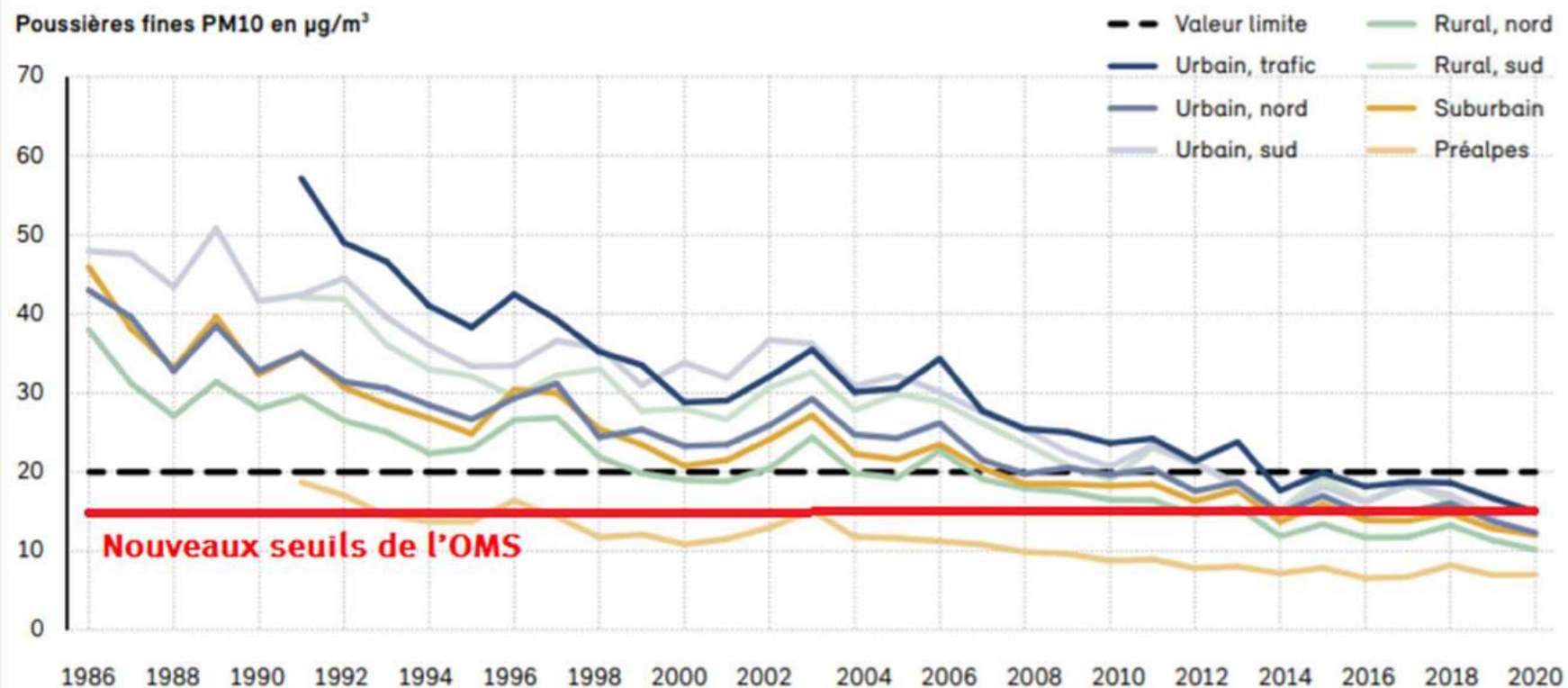
trafic routier

des entreprises

respiratoires pouvant conduire à une hospitalisation, et dans les cas les plus graves au décès ; les effets à long terme (après des expositions répétées ou continues tout au long de la vie) : les polluants de l'air favorisent la poursuite et/ou l'accroissement d'événements de santé, induisent une surmortalité et une baisse de l'espérance de vie. Ils

Fig. 8 : Moyennes annuelles des poussières fines (PM10)

Les concentrations mesurées dans les différentes stations NABEL sont regroupées en ensembles de charges polluantes similaires. Les valeurs d'avant 1997 ont été calculées à partir de mesures des TSP.



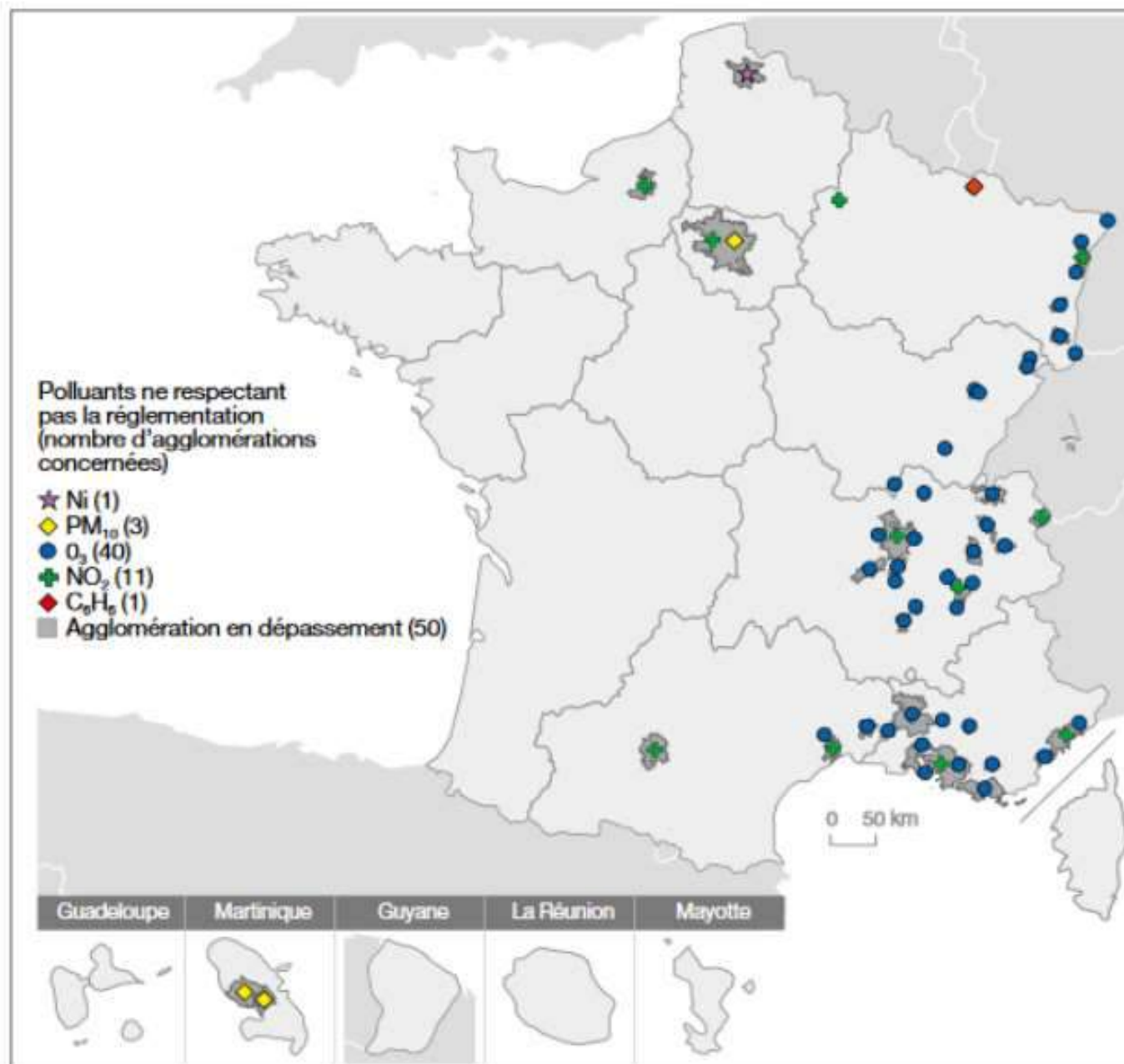
Le développement des micro-capteurs

Depuis plusieurs années se développent, à l'échelle nationale ou européenne, des capteurs individuels permettant de mesurer la pollution environnante quasiment en direct. Leur déploiement, parfois encouragé et encadré par des AASQA, doit pourtant s'accompagner de précautions.

Le laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA) a mené début 2018 un premier ~~essai national d'aptitude des microcapteurs. Aucun des dispositifs testés ne respectait ainsi les objectifs de qualité de données des directives européennes pour les mesures en sites fixes (et ne peuvent donc pas se substituer aux appareils classiques de surveillance). Certains appareils donnent~~ toutefois des résultats satisfaisants pour une mesure indicative des $PM_{2,5}$.



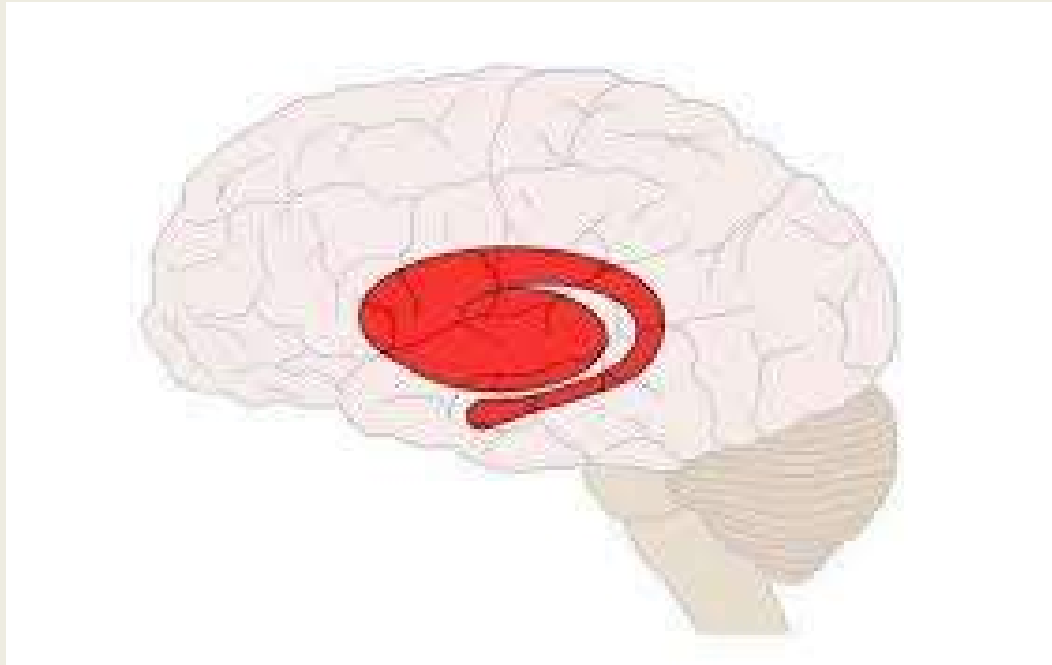
Carte n° 5 : dépassements de valeurs limites en 2018





Hier notre cerveau était notre allié
Il nous a permis de survivre et de nous développer.

Aujourd'hui il est en passe de devenir notre pire ennemi: Surpopulation, surpoids, surproduction, surconsommation, surchauffe, surendettement....



STRIATUM: sécrétion de dopamine:

récompense les comportements « appropriés » en fournissant du plaisir au cerveau:
nous pousse à demander toujours plus.

»la clé de la prospérité économique c'est la création d'une insatisfaction organisée «



EXERCISE

Welcome to America.

Pollution de l'air extérieur:

- Matières gazeuses : CO₂, CH₄ , O₃, Nox, ect
- Allergènes (pollen..)
- Pesticides
- Matières particulaires PM: **Particules Fines**
P pour particulate
M pour matter

La pollution atmosphérique : qu'est-ce que c'est ?

La pollution de l'air, c'est la modification de la composition de l'air par des polluants nuisibles à la santé et à l'environnement.

Ces polluants proviennent de la nature (feux de forêt par exemple)

ou des activités humaines (trafic routier, chauffage, industrie, agriculture...).

POLLUTION ATMOSPHERIQUE, PARTICULES FINES:





Trafic routier



Épandages agricoles



Industries, fioul, charbon



NO_x



NH_3



SO_2



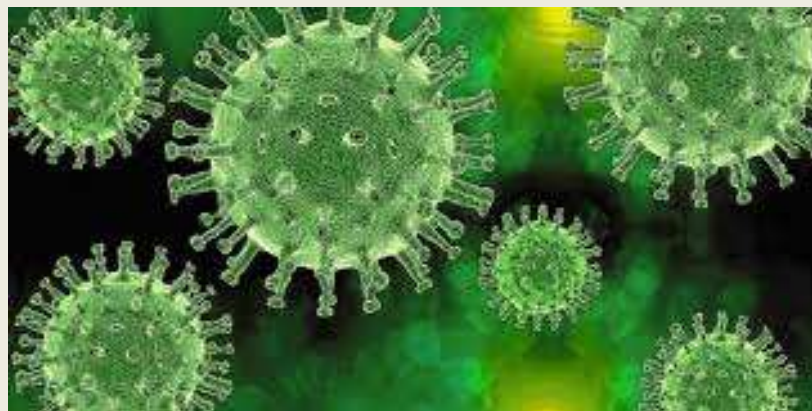
Rayons UV

Ozone



Nitrate
d'ammonium
Sulfate
d'ammonium

km	hm	dam	m	dm	cm	mm			μm
			1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0





Volume 40, Issue 20
21 May 2019

JOURNAL ARTICLE EDITOR'S CHOICE

Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions

Jos Lelieveld ✉, Klaus Klingmüller, Andrea Pozzer, Ulrich Pöschl, Mohammed Fnaïs, Andreas Daiber, Thomas Münzel ✉

European Heart Journal, Volume 40, Issue 20, 21 May 2019, Pages 1590–1596,
<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz135>

Estimated annual excess mortality attributed to air pollution^a

	All risks	From air pollution ^b							
	Total CVD mortality ($\times 10^3$)	CEV ($\times 10^3$)	IHD ($\times 10^3$)	CVD ^c ($\times 10^3$)	Other NCD ^c ($\times 10^3$)	All diseases ^d ($\times 10^3$)	Deaths per 100 000	YLL ($\times 10^6$)	LLE (years)
Europe	2138	64	313	377 (48%)	255 (32%)	790	133	14	2.2
EU-28	1849	48	216	264 (40%)	249 (38%)	659	129	11.5	2.1
Germany	330	7	42	49 (40%)	48 (39%)	124	154	2.1	2.4
Italy	221	6	23	29 (36%)	35 (43%)	81	136	1.2	1.9
Poland	180	6	27	33 (57%)	13 (22%)	58	150	1.1	2.8
United Kingdom	147	3	14	17 (27%)	29 (45%)	64	98	1.1	1.5
France	144	3	13	16 (24%)	38 (57%)	67	105	1.1	1.6

^a Data for all EU countries, including 95% CI, are given in the [Supplementary material online](#) (overall uncertainty about $\pm 50\%$).

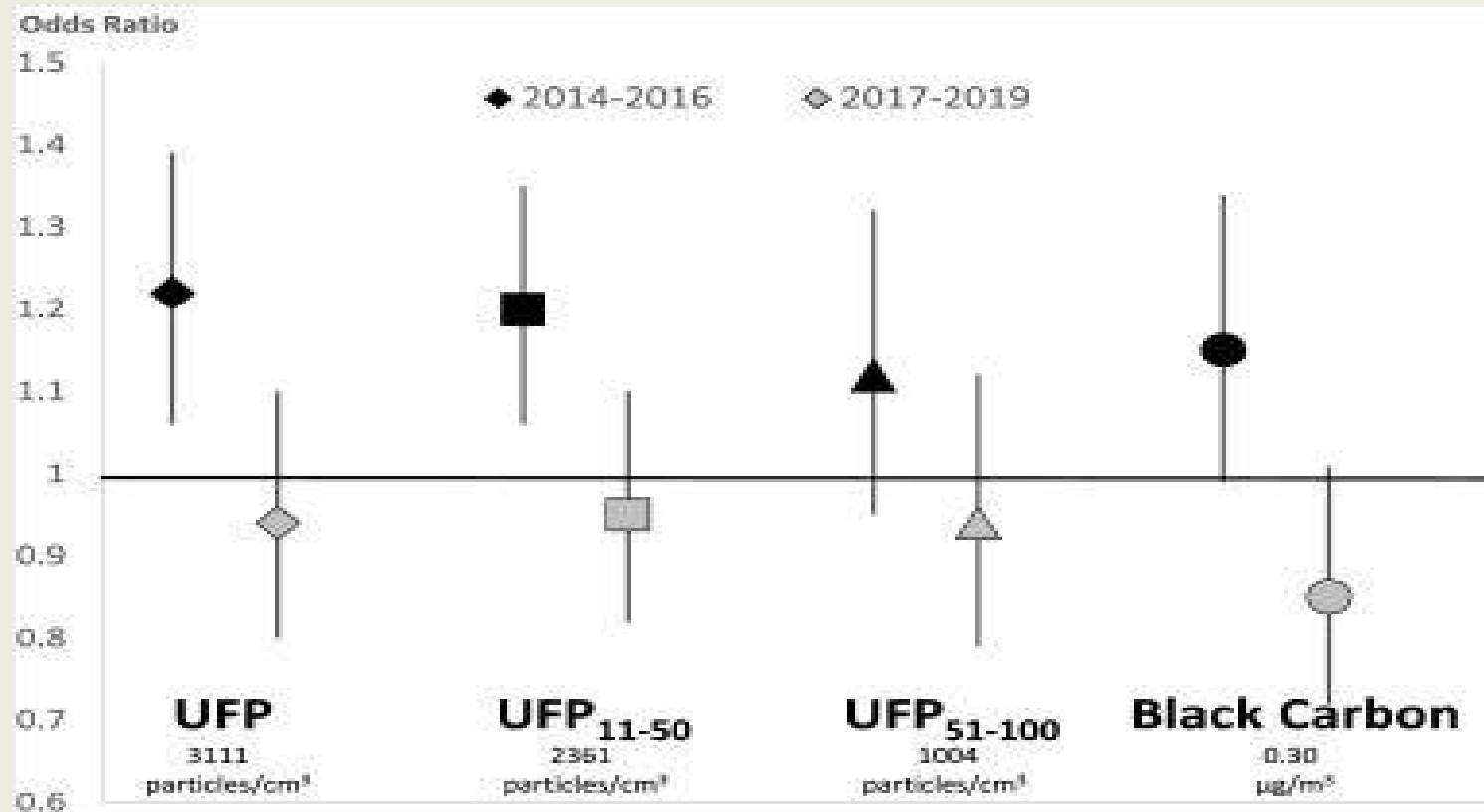
^b CEV is cerebrovascular disease, IHD is ischaemic heart disease, CVD are total cardiovascular diseases (CEV + IHD), NCD are non-communicable diseases. YLL are years of life lost. LLE is loss of life expectancy.

^c Percentages refer to fractional contributions of CVD and other NCD to attributable mortality from all diseases.

^d All diseases refers to NCD + LLD according to Burnett et al.¹³

Triggering of ST-elevation myocardial infarction by ultrafine particles in New York: Changes following Tier 3 vehicle introduction

Catherine S. Yount^a, Mark J. Utell^{b,c}, Philip K. Hopke^{a,d}, Sally W. Thurston^{c,e}, Shao Lin^f, Frederick S. Ling^g, Yunle Chen^a, David Chalupa^c, Xinlei Deng^f, David Q. Rich^{a,b,c}  





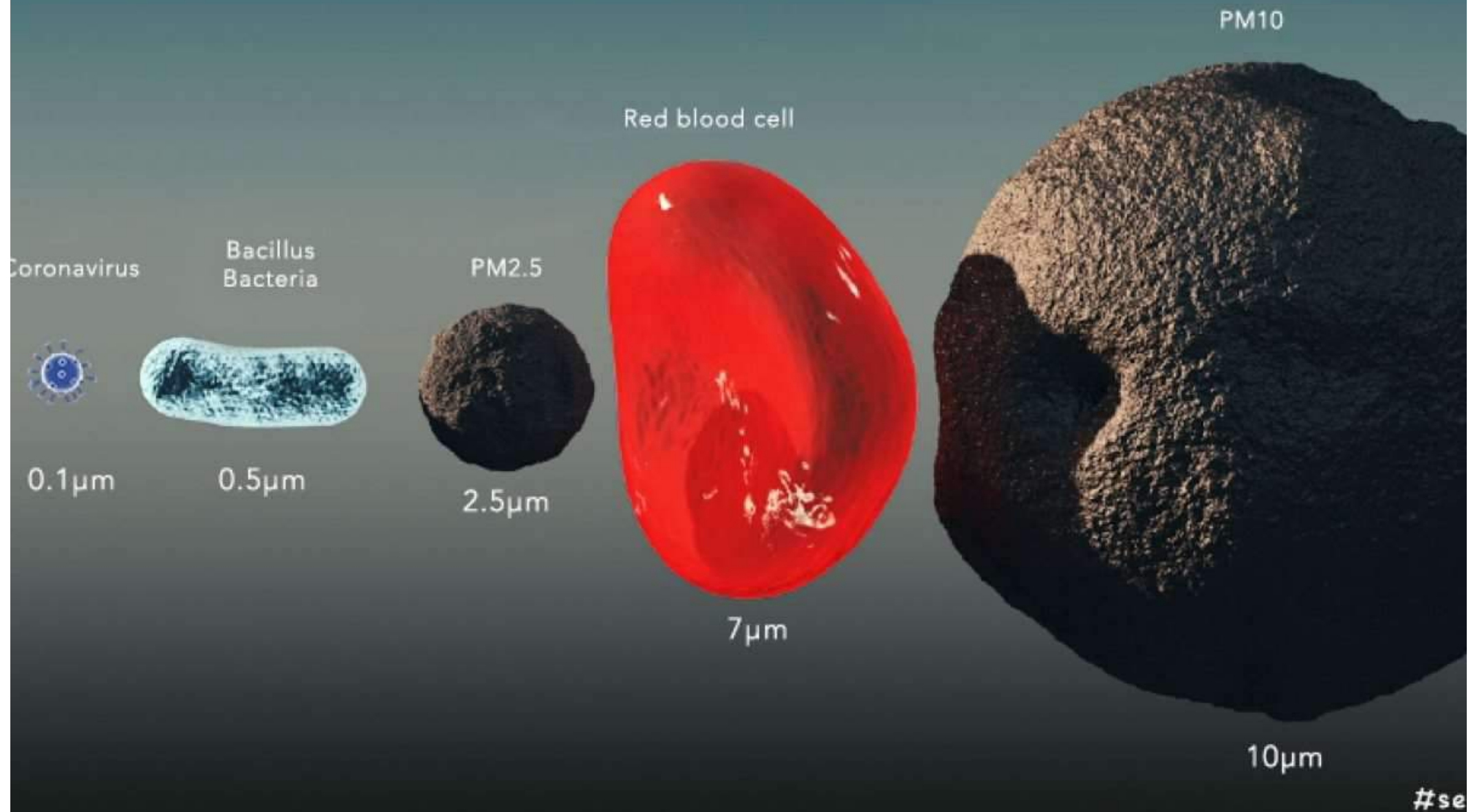


La première : prendre le striatum à son propre jeu. «

*Plutôt que de s'opposer à son action de manière frontale il s'agira de
détourner son énergie*

La seconde: faire appel à une capacité unique de l'être humain : la conscience.

*« Amener notre degré de conscience à un niveau comparable avec notre
intelligence sera sans doute un enjeu de premier plan pour l'avenir de notre
espèce ».*



Polluants	Effets cardiovasculaires
Particules fines et ultrafines	Maladies coronariennes AVC Insuffisance cardiaque Hypertension Thrombose Arythmies
Ozone	Hypertension AVC Arrêt cardiaque extrahospitalier
Monoxyde de carbone	Insuffisance cardiaque Arrêt cardiaque extrahospitalier Infarctus du myocarde
Oxydes d'azote	Insuffisance cardiaque AVC Infarctus du myocarde
Dioxyde de soufre	Insuffisance cardiaque Infarctus du myocarde

Tableau 1. Effets cardiovasculaires des principales composantes de la pollution atmosphérique. Adapté de [Chin](#)

Le stress oxydant

- Habituellement, **oxygène glucose acide gras** au niveau de la **mitochondrie**, et par le biais d'**électrons**, aboutit à la production d'**énergie**, ce qui permet à nos cellules de se **maintenir en vie**
- Mais cette **opération n'est pas parfaite**: 3 à 5% des électrons concernés peuvent **rester libres** et avoir l'occasion de **s'agréger à l'oxygène** et être à l'origine de la formation des **espèces oxygénées réactives (EOR)**
- Il s'agit d'éléments réactionnels qui vont interagir avec différents constituants biologiques qu'ils vont modifier en les oxydant et entraîner différentes pathologies.

[nature](#) > [articles](#) > article

Article | [Published: 18 November 2020](#)

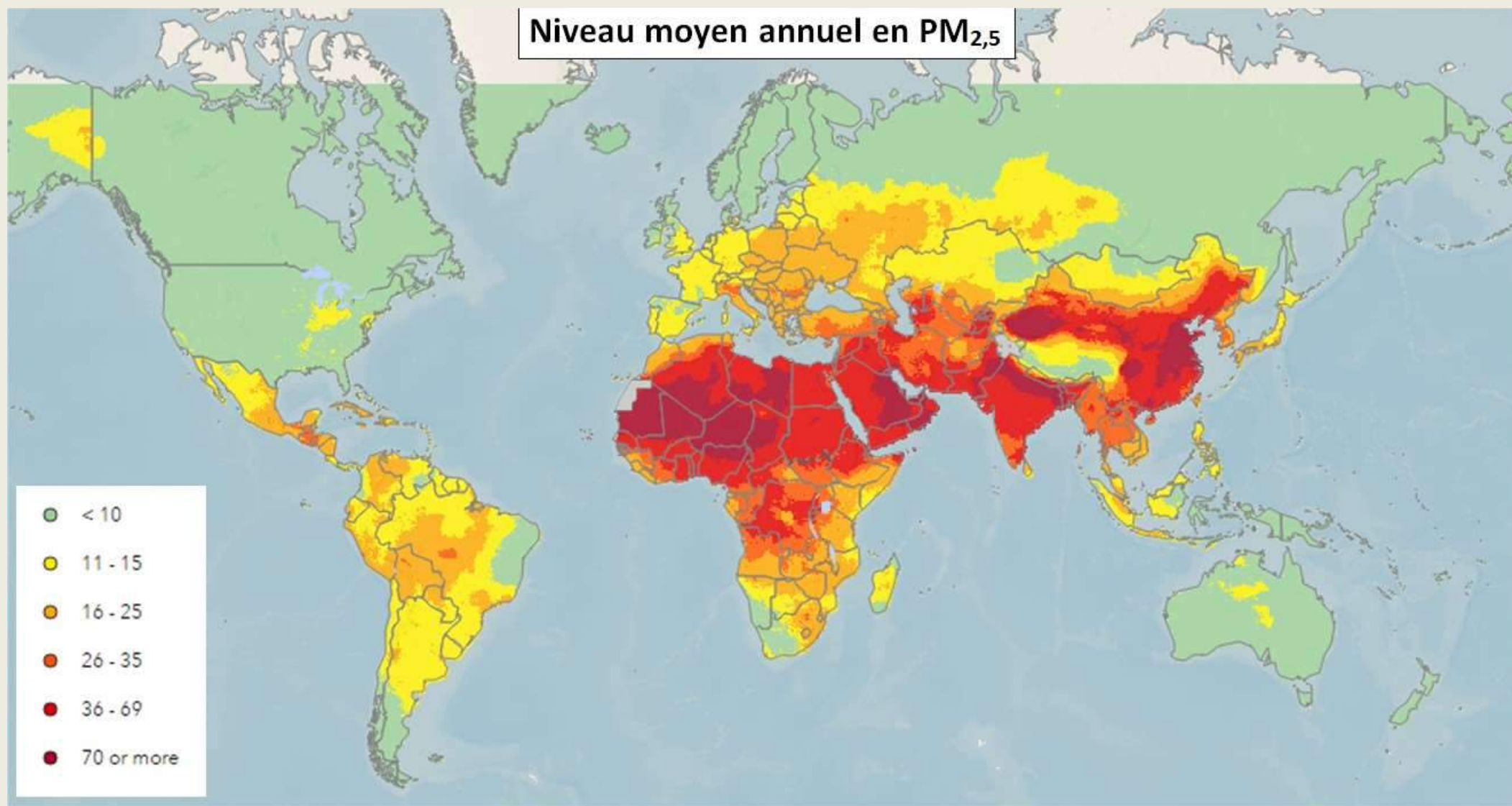
Sources of particulate-matter air pollution and its oxidative potential in Europe

[Kaspar R. Daellenbach](#), [Gaëlle Uzu](#), [Jianhui Jiang](#) , [Laure-Estelle Cassagnes](#), [Zaira Leni](#), [Athanasia Vlachou](#),

Modélisation de la moyenne annuelle en PM2.5 pour 2021 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, modélisation à l'échelle communale)



Niveau moyen annuel en $PM_{2,5}$



Rang	Ville	Pays	PM2,5
1	N'Djamena	Tchad	89,7
2	New Delhi	Inde	89,1
3	Bagdad	Irak	86,7
4	Manama	Bahreïn	66,6
5	Dhaka	Bangladesh	65,8
6	Ougadougou	Burkina Faso	63
7	Koweït City	Koweït	57,5
8	Abu Dhabi	Émirats arabes unis	48
9	Douchanbé	Tadjikistan	47,7
10	Le Caire	Égypte	47,4
11	Abuja	Nigeria	46,5
12	Riyad	Arabie saoudite	46,2
13	Khartoum	Soudan	44,6
14	Kigali	Rwanda	44
15	Doha	Qatar	41,8
16	Kathmandu	Népal	40,7
17	Islamabad	Pakistan	40,6
18	Hanoi	Vietnam	40,1
19	Kampala	Ouganda	39,6
20	Jakarta	Indonésie	36,2

Source: Rapport mondial sur la qualité de l'air

Cour des comptes

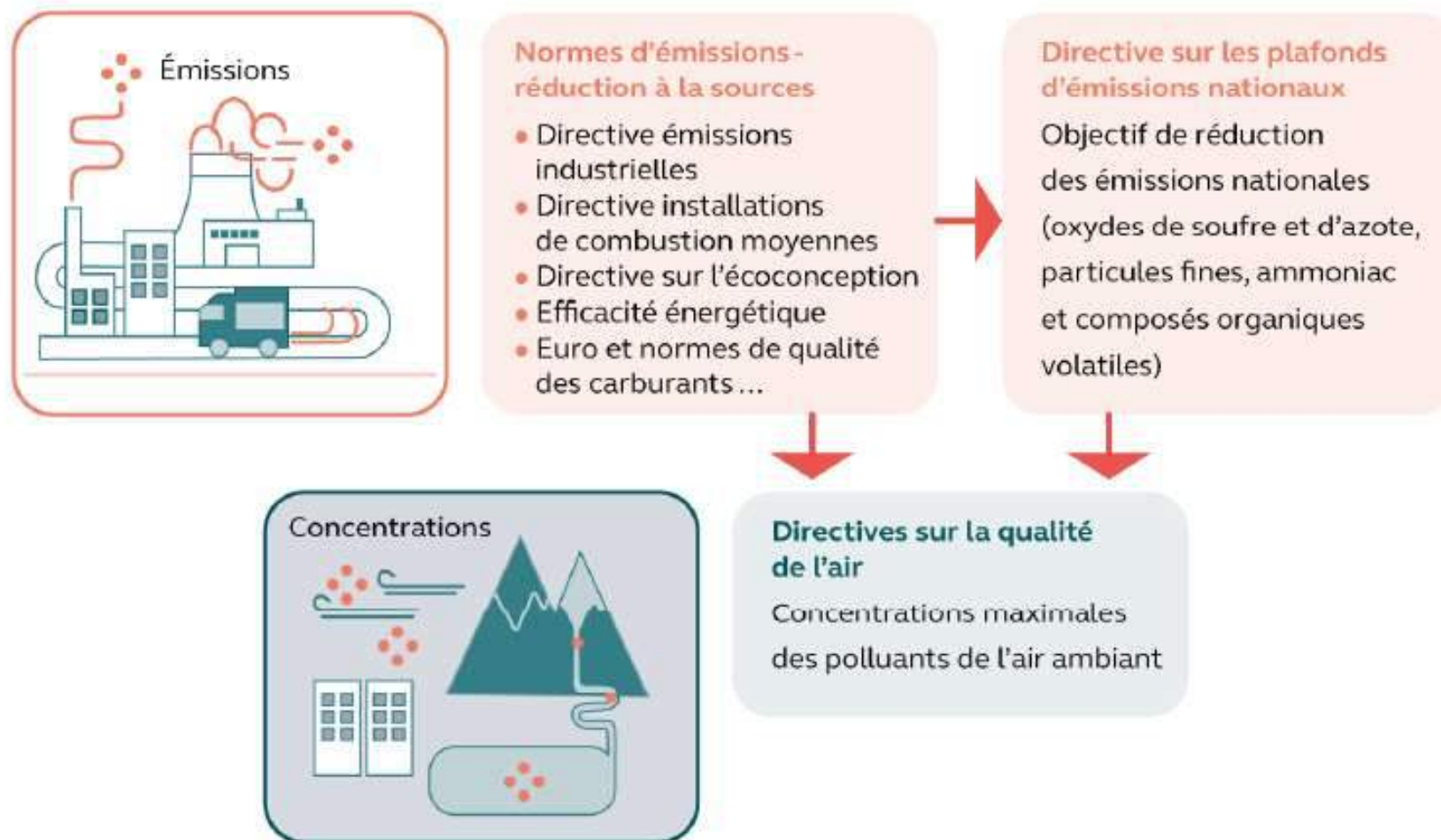


LES POLITIQUES DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION DE L'AIR

Enquête demandée par la Commission des finances du Sénat

juillet 2020

Schéma n° 2 : cadre européen pour la politique de la qualité de l'air



CONCLUSION

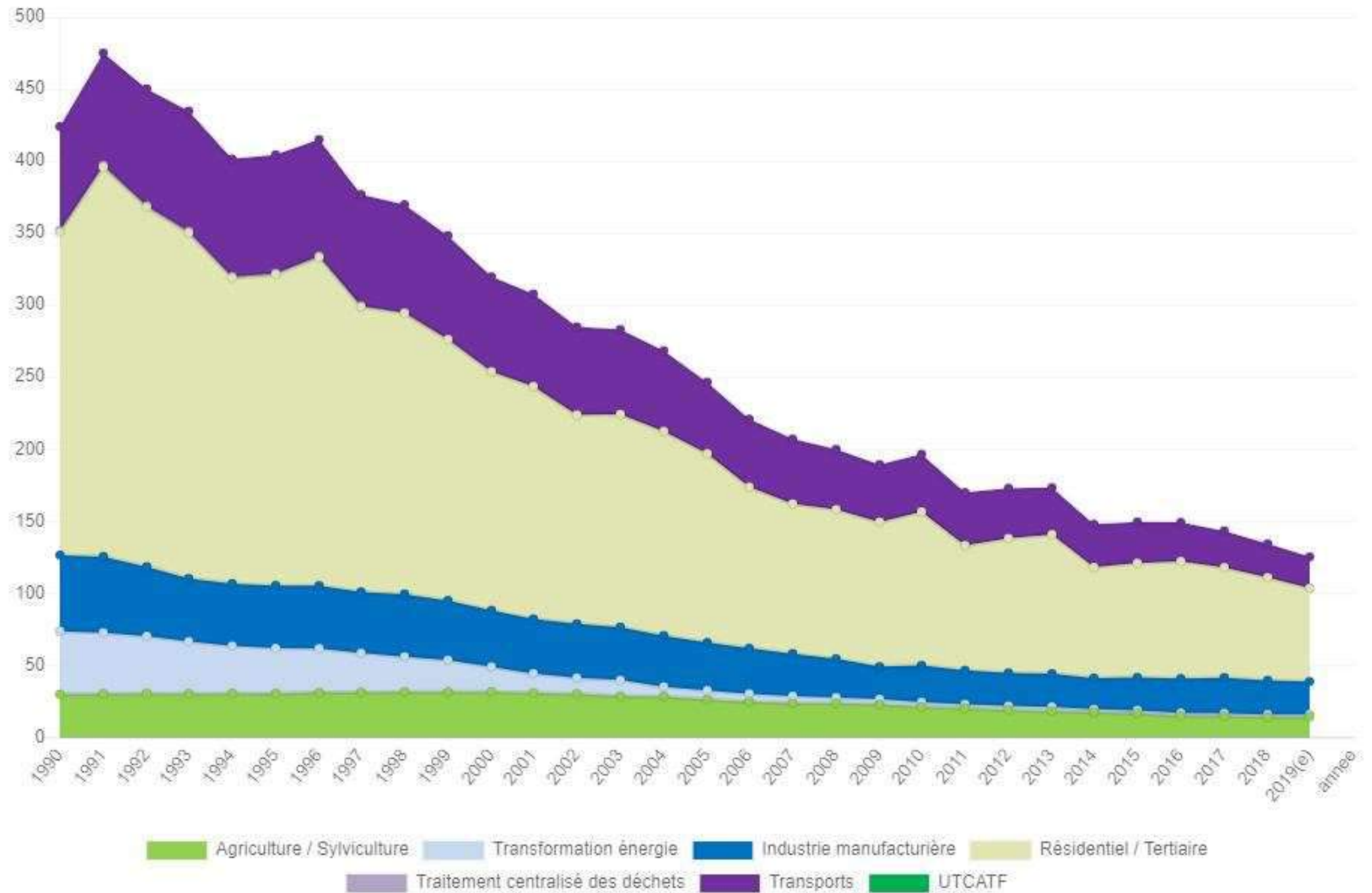
Les effets des principaux polluants atmosphériques sur la santé et l'environnement sont désormais bien établis. La progression des connaissances et des techniques de mesure a conduit à revoir à la hausse les effets négatifs de la pollution atmosphérique, qui figure parmi les principales causes de mortalité prématurée, et à identifier de nouvelles sources de risques auparavant méconnues.

Les émissions de polluants atmosphériques ont diminué depuis plusieurs décennies en France, du fait des efforts entrepris et de phénomènes structurels, dont la désindustrialisation. Toutefois, ces baisses n'ont pas permis d'atteindre une qualité de l'air conforme aux normes établies par la réglementation européenne, et encore moins aux valeurs guides définies par l'OMS au regard de l'impact sanitaire. Encore 12 agglomérations demeurent en situation de dépassements réguliers des concentrations maximales autorisées pour les oxydes d'azote ou les particules fines.

Pollution de l'air : l'Etat de nouveau condamné par le Conseil d'Etat, qui lui inflige une amende record de 20 millions d'euros

Dans une décision rendue lundi, la haute juridiction administrative sanctionne le gouvernement pour son incapacité à faire respecter les normes de niveaux de pollution dans les principales agglomérations. Après une première condamnation en août 2021, la facture s'élève désormais à 30 millions d'euros pour l'Etat.

Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie



L'expérience démarrée en juin à l'école Victoire va se poursuivre jusqu'en février. Le **projet dans sa totalité a couté 170.000 euros**, financé pour moitié par l'ADEME (Agence de la transition écologique à Paris), pour moitié par l'entreprise Aérophile. La mairie a financé l'installation et l'étude auprès d'un organisme indépendant.

Les 10 Para-PM sont allumés dix minutes avant la récréation, puis pendant. Ils permettent de **nettoyer 10 m³ par seconde**, l'équivalent du volume de 15 piscines olympiques en une heure.

"Quand les appareils ne fonctionnent pas, la pollution est la même dans la rue et dans l'école. Quand ils sont allumés, la pollution de l'école est inférieure de 30 à 40% à celle de la rue."



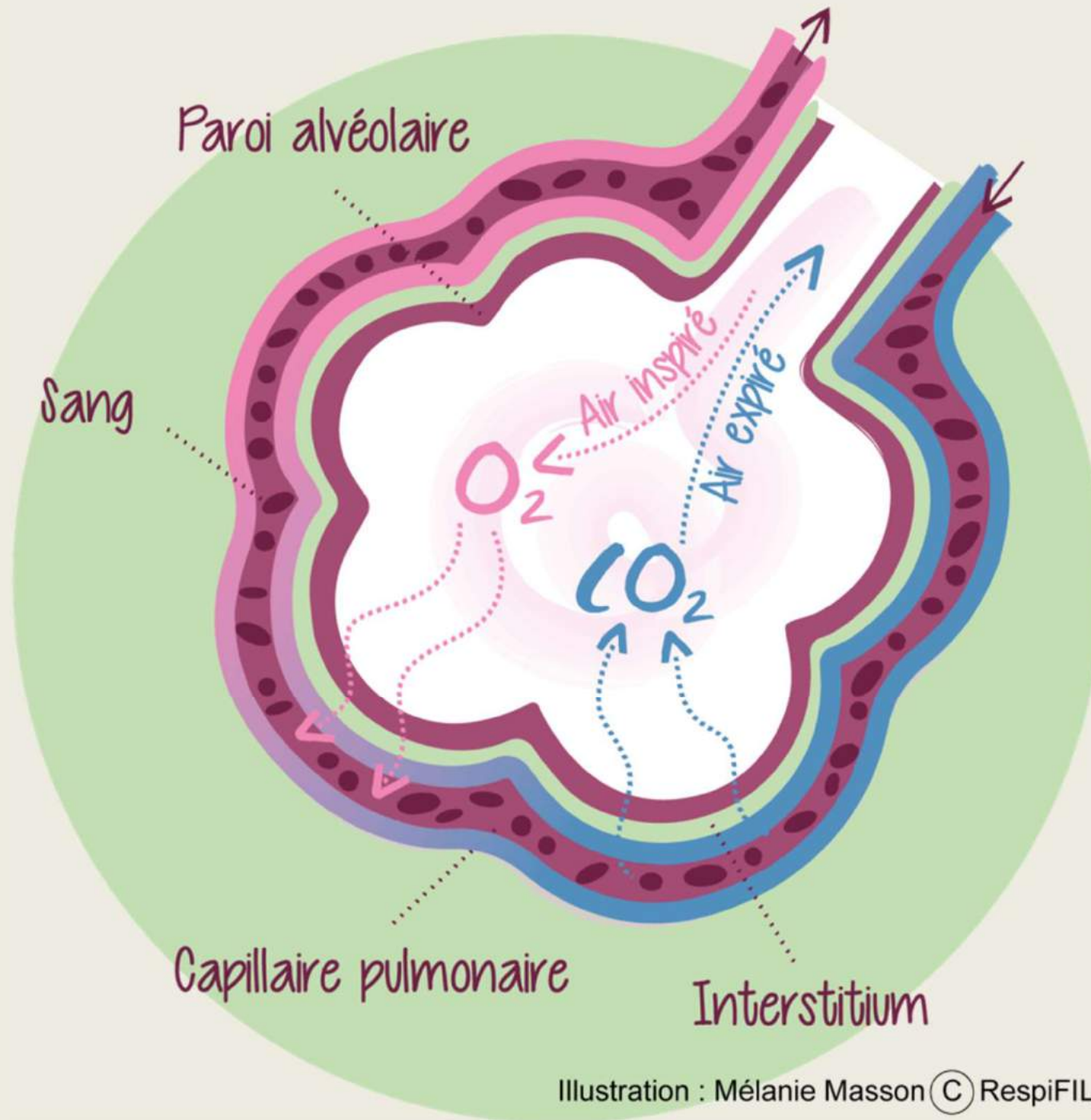
Taxes en fonction du poids



Urtikan.net

Tabac: 75 000 DC en france

Alvéole pulmonaire et échange gazeux



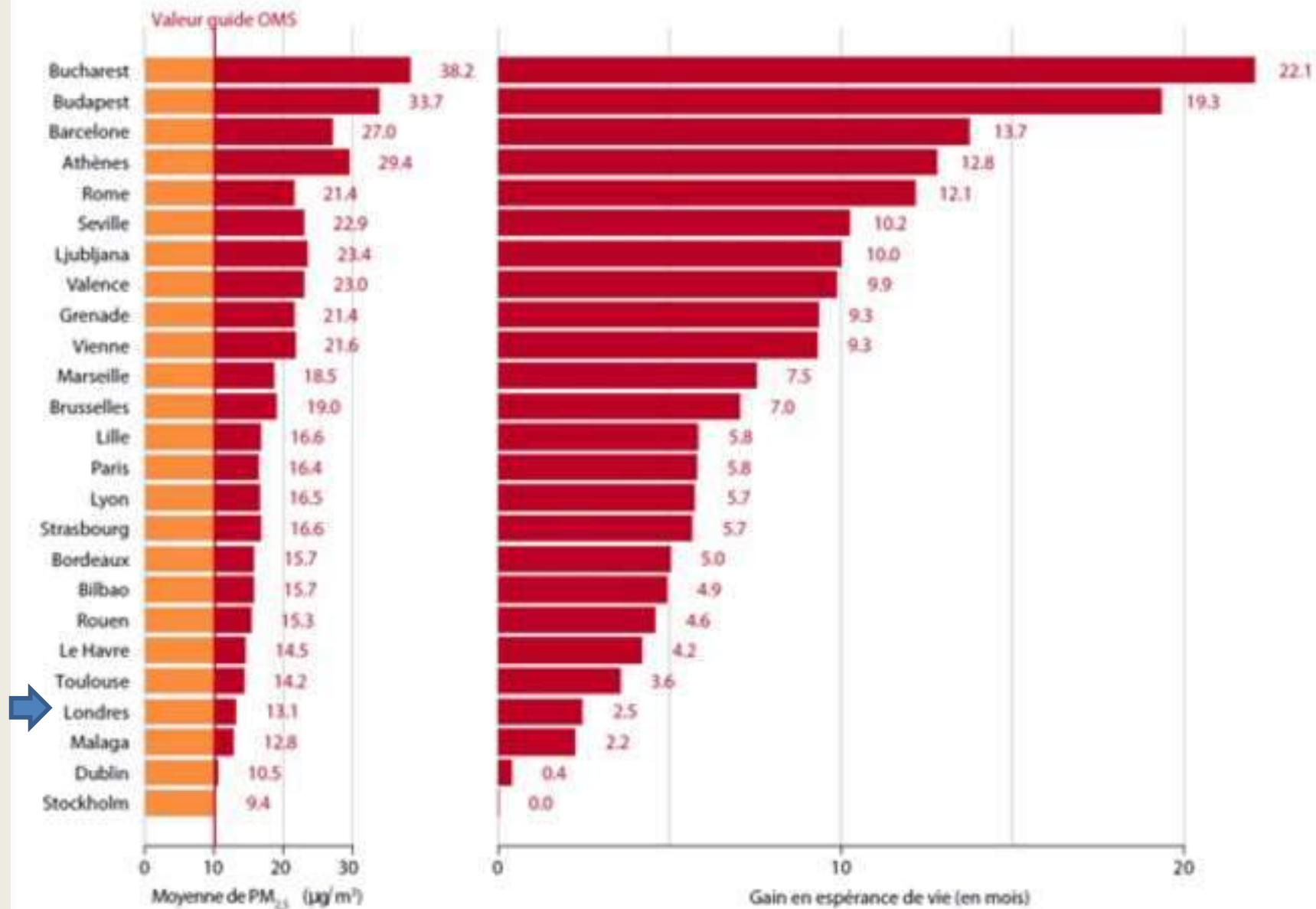
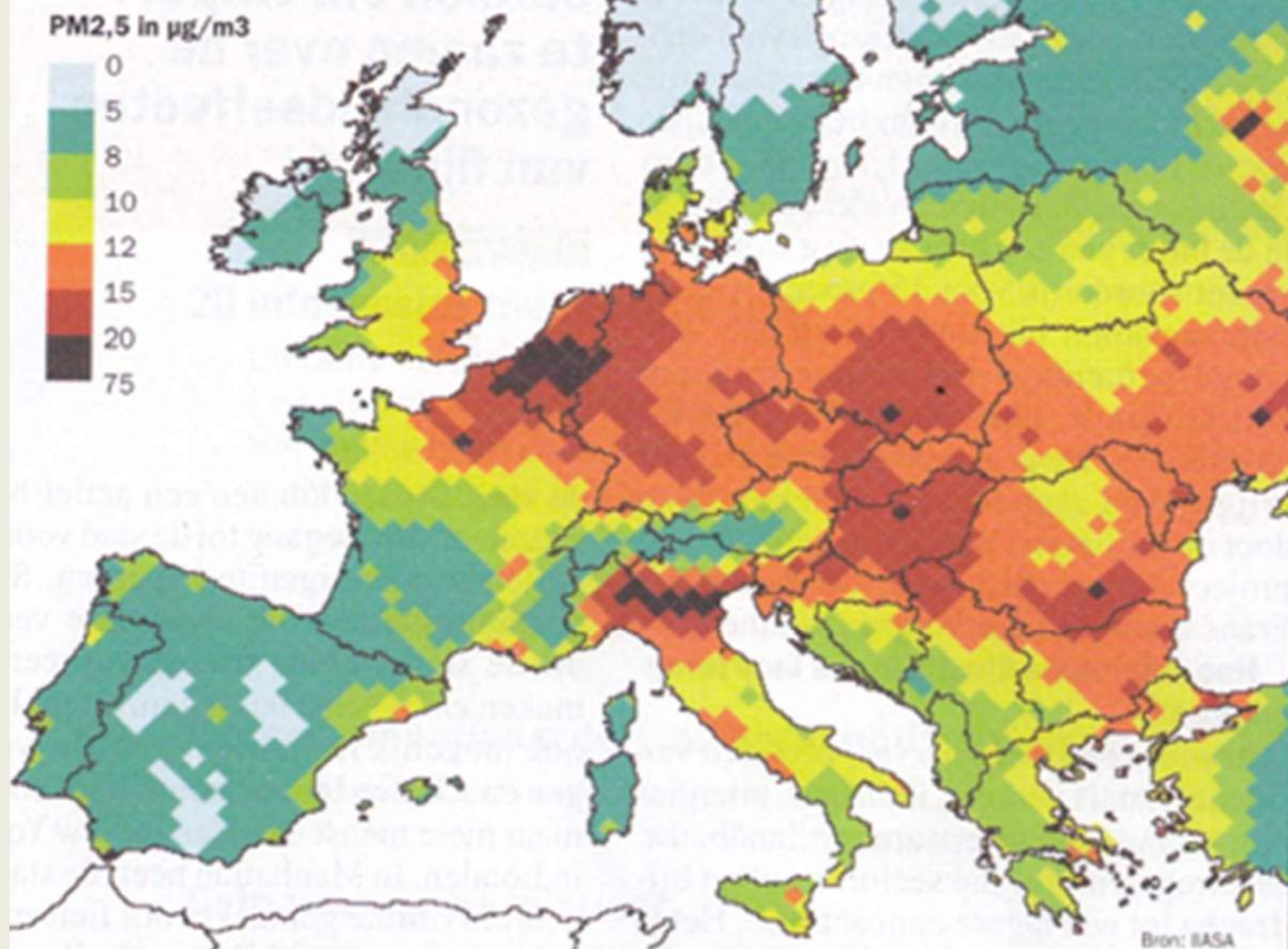
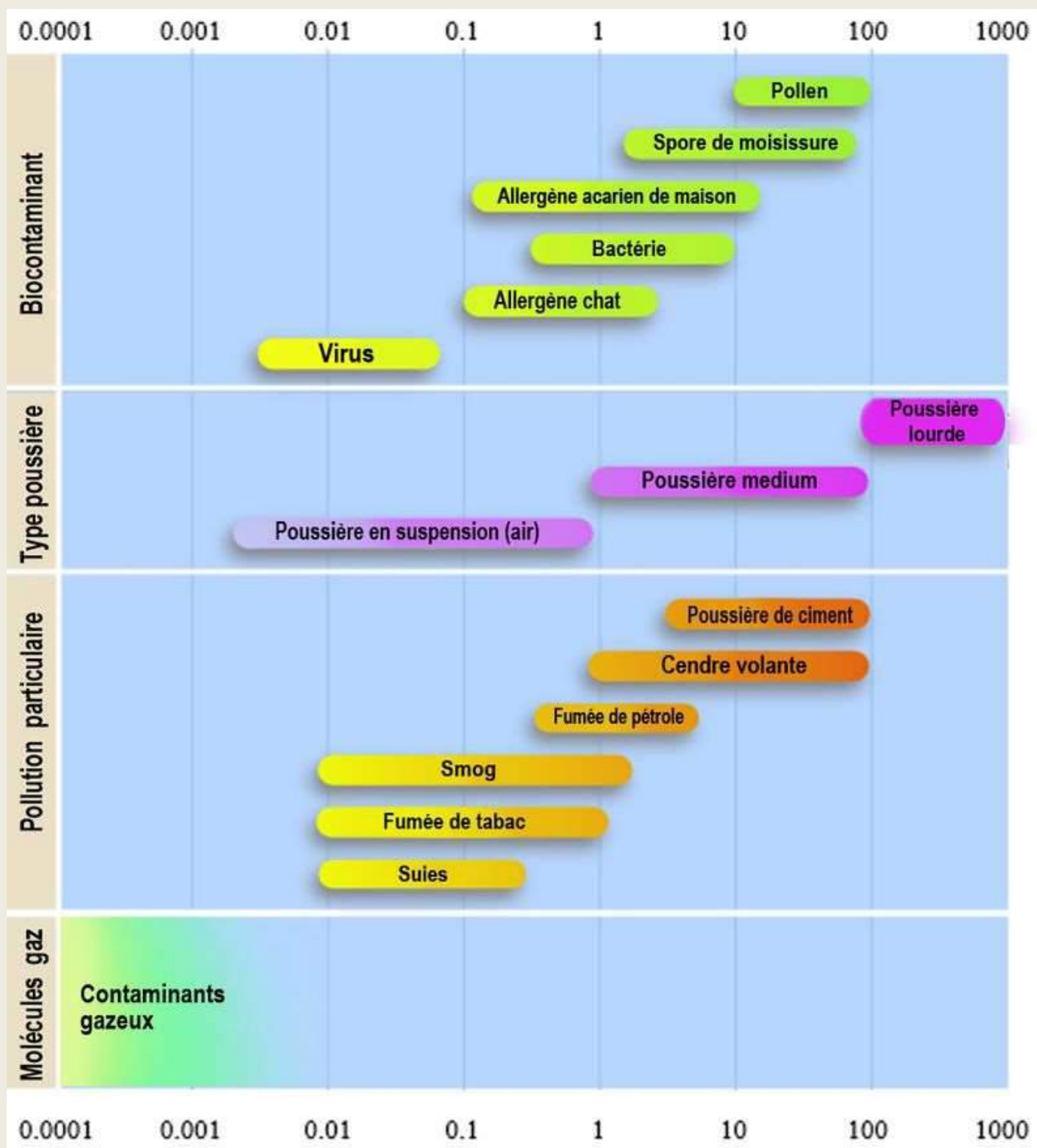


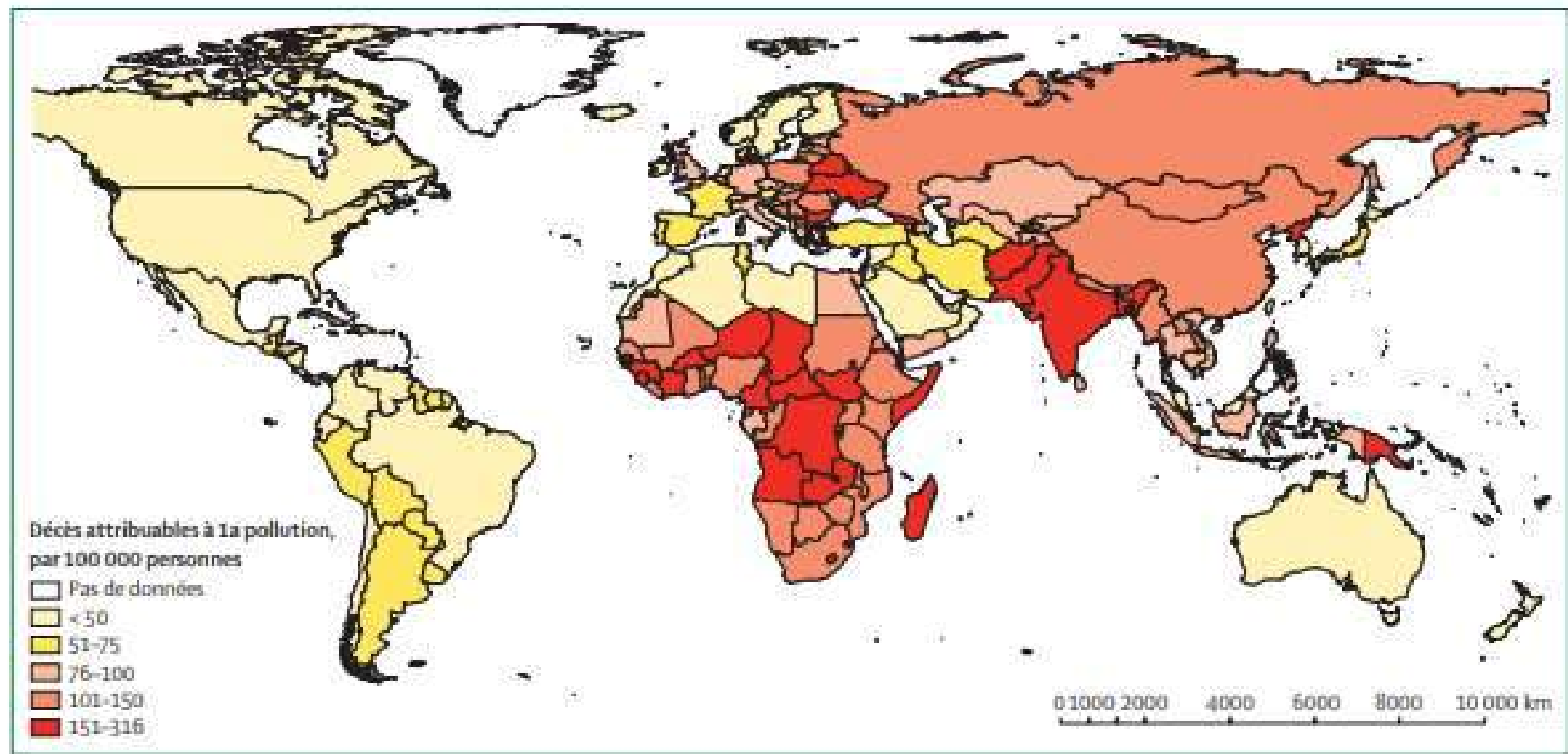
Figure a : Gain d'espérance de vie pour les personnes de 30 ans et plus dans 25 villes européennes si les niveaux annuels moyens en PM_{2,5} étaient ramenés à la valeur guide OMS de 10 µg/m³

Source : Direction de la santé publique de Montréal 2003

Concentrations moyennes annuelles
de particules fines exprimées
en microgrammes de particules
de taille 2,5 microns par m³
(2002 mais valable encore aujourd'hui)







7 Millions de morts par an, 15 % de la mortalité

Évolution des rejets de particules fines PM2.5 en France depuis 1990

