



# Effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine : introduction scientifique et technique

**Prof. Isabella Annesi-Maesano** (DR1 INSERM)

Directeur Adjoint Institut Desbrest d'Epidémiologie et de Santé Publique, INSERM & Université de Montpellier, Montpellier France

**Inserm**



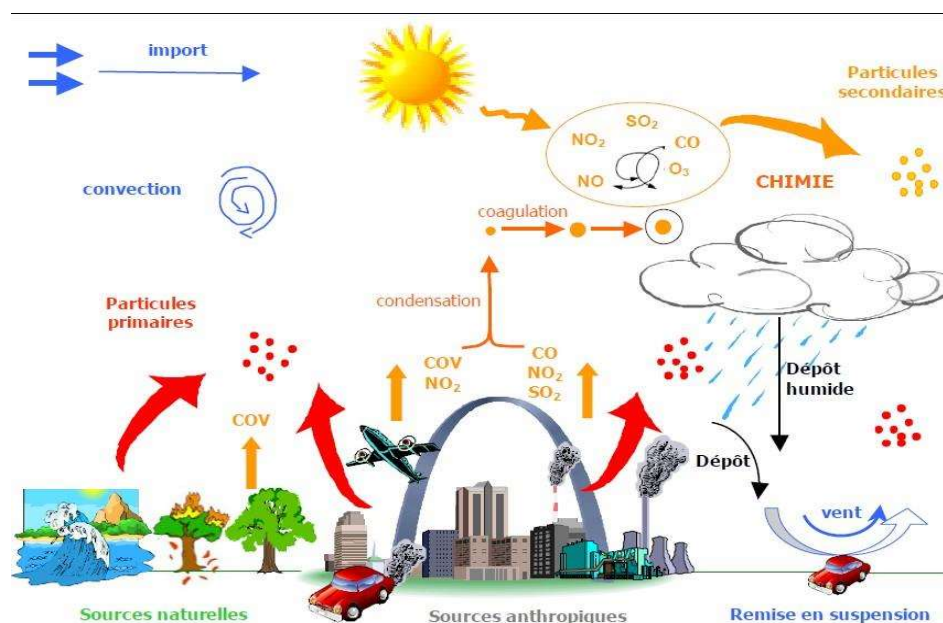
## COI

- ERS Ethics and Integrity Committee (Member)
- EAACI ROC
- AAAAI Environmental Exposures and Respiratory Health Committee
- ATS Health Policy Committee
  
- IRD Ethics Committee (President)
- Comité prévention et protection (CPP) MEDD
- SFA Scientific Committee (Member)
- CSTB Scientific Committee (Member)
- RNSA Scientific Committee (Member)
- Météo France (Commission Santé)
- Société de Pneumologie de Langue Française: GT PAPPEI

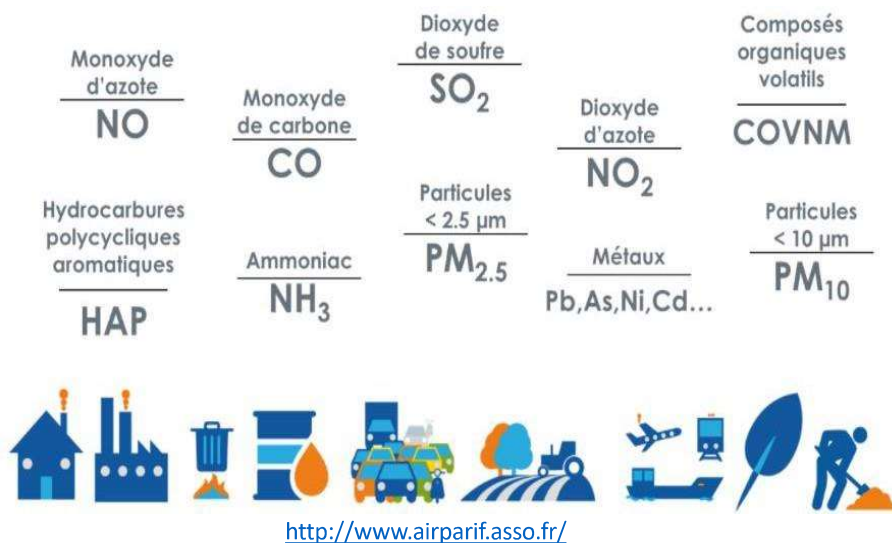
# Questions

1. **Quels sont les polluants et leurs sources?**
2. Quel est l'état de la pollution atmosphérique? Combien sommes nous exposés?
3. Quel est l'impact de la pollution atmosphérique sur l'asthme et les allergies (genèse et aggravation)?
4. Sommes-nous tous égaux face à la pollution?
5. Est-il possible de faire de la prévention?

## Quelles sources des polluants atmosphériques?



## Les polluants atmosphériques, un mélange complexe et ubiquitaire!



**Et il n'y a pas le choix: il faut respirer!**

## Outdoor air pollution: the main indicators monitored in France/Europe

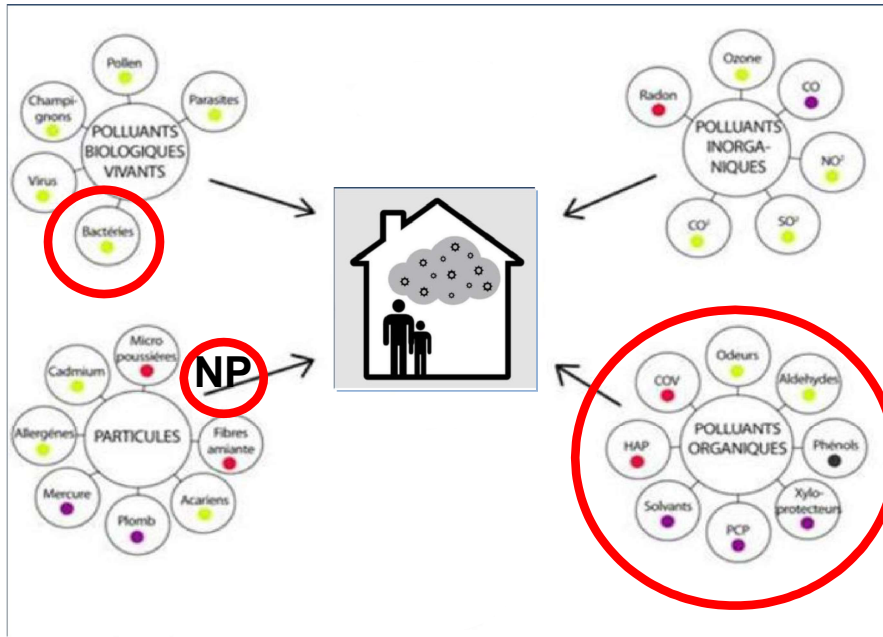
### From Industrial settings

- Sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>)
- Particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

### From transport

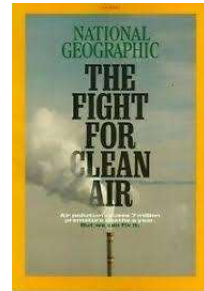
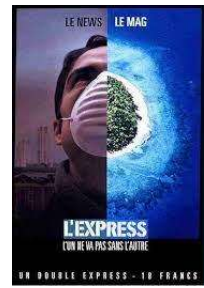
- Particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)
- Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>)
- Carbon monoxide (CO)
- Volatile organic compounds (VOC)
- Several toxic metals such as lead, arsenic, cadmium, nickel, or quicksilver.
- Ozone (O<sub>3</sub>)

## Et la qualité de l'air intérieur!



## Effets sanitaires de la pollution atmosphérique

# Préoccupation sanitaire majeure



**« Air pollution is the new tobacco »**

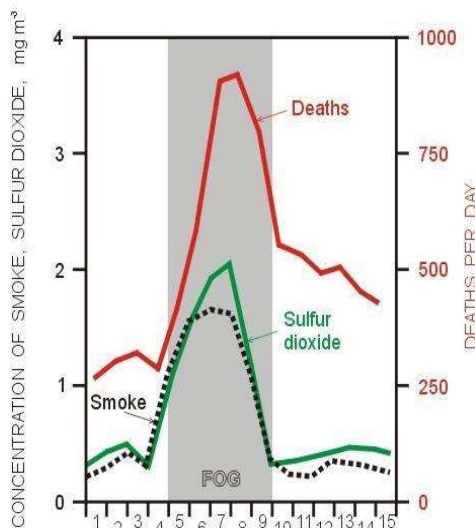
*Dr Tedros Adhanom Grebreyesus  
WHO Director-General*

20/05/2022

EIVP 2022

9

## Les pics de pollution et leurs impacts sanitaires: le « great smog » de Décembre 1952



**Premières estimations: 4000 décès**  
**Nouvelle évaluation: 12000 décès**

*"A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952"*  
Environ Health Perspect, 2004,112,6-8



# Old style air pollution

London 1952



New Delhi 2015



Annesi-Maesano, It is not time to lower the guard! ERJ 2015

20/05/2022

SPIF 2022

# New Style Air Pollution

lth

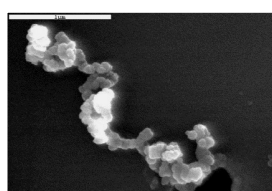
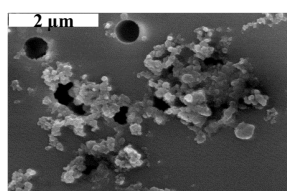
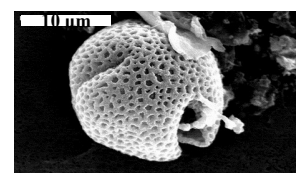
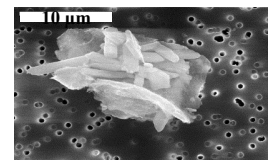
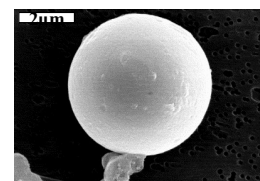
Car ban in the French capital

## Paris in the smog

Mar 17th 2014, 12:33 BY S.P. | PARIS

Timekeeper

The Economist



20/05/2022

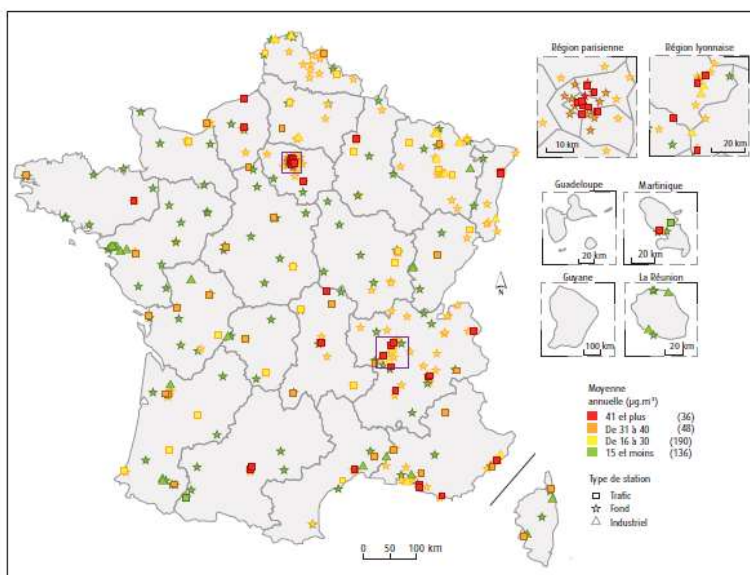
# Valeurs Guides OMS et UE

		Valeurs Guides OMS 2021 recommandées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeurs Guides OMS 2005 recommandées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeurs limites européennes réglementaires en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>Particules PM<sub>2,5</sub></b>	Moyenne annuelle	5	10	25
	24h	15	25	-
<b>Particules PM<sub>10</sub></b>	Moyenne annuelle	15	20	40
	24h	45	50	50 à ne pas dépasser + de 35 j/an
<b>Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub></b>	Moyenne annuelle	10	40	40
	24h	25	-	200 à ne pas dépasser + de 18 h/an
<b>Ozone O<sub>3</sub></b>	Pic saisonnier	60	-	-
	24h	100	100	-

20/05/2022

SPIF 2022

## Contentieux européen pour non respect de valeurs limites européennes



**NO<sub>2</sub>** **Marseille, Paris, Clermont-Ferrand, Montpellier, Strasbourg, Lyon, Rouen,** Toulon, Toulouse, Reims, Grenoble, Rennes, Nice, Tours, Saint-Etienne, Bordeaux, la zone urbaine régionale de Languedoc-Roussillon, la zone urbaine régionale de Poitou-Charentes, la Vallée de l'Arve

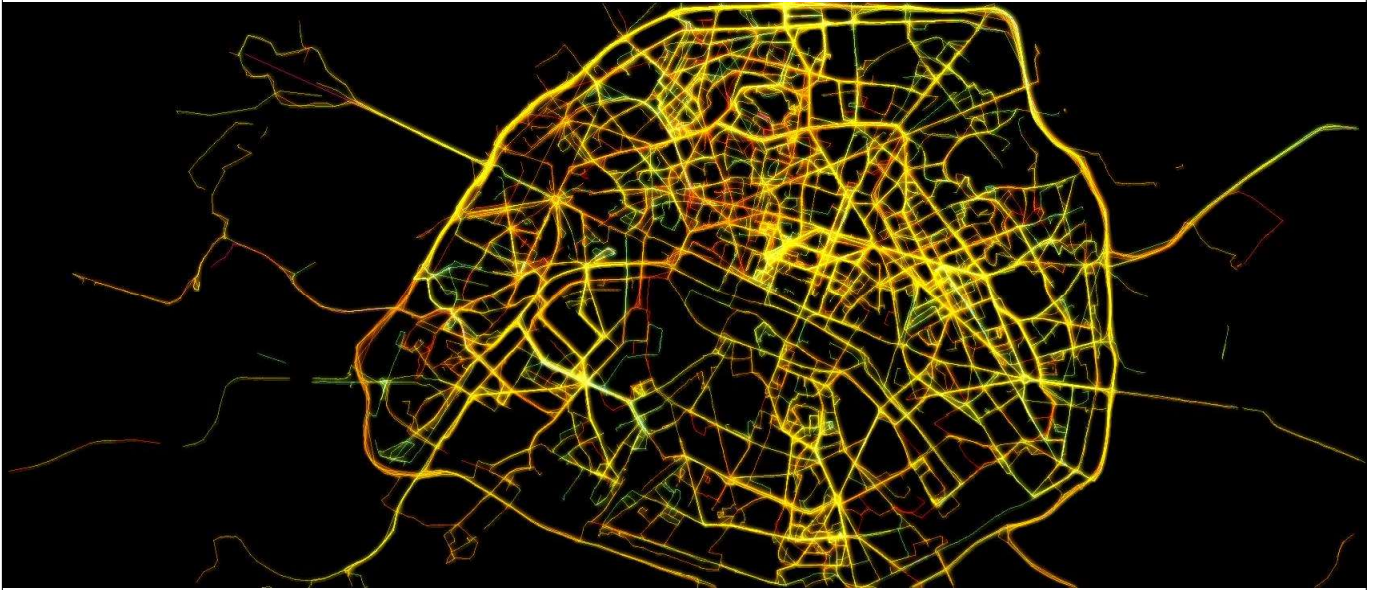
Note : seuil annuel pour la protection de la santé humaine : 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .  
Source : Géod'Aq, mai 2015, Traitements : SIAQ, 2015

**PM<sub>10</sub> : 10 zones et agglomérations**  
Paris, Lyon, Grenoble, Marseille, Martinique-ZUR, Rhône-Alpes-ZUR, PACA-ZUR, Nice, Toulon, et « Douai-Béthune-Valenciennes ».

20/05/2022

SPIF 2022

# Pollution in Paris



20/05/2022

SPIF 2022

# Air pollution exposure in Europe



## The clear and persistent impact of air pollution on chronic respiratory diseases: a call for interventions

Isabella Annesi-Maesano<sup>1</sup>, Francesco Forastiere<sup>2</sup>, John Balmes<sup>3,4,5</sup>, Erika Garcia<sup>6</sup>, Jack Harkema<sup>7</sup>, Stephen Holgate<sup>8</sup>, Frank Kelly<sup>9</sup>, Hanneen Khreis<sup>10</sup>, Barbara Hoffmann<sup>11</sup>, Cara Nichole Massano<sup>12</sup>, Rob McConnell<sup>13</sup>, David Peden<sup>14</sup>, Kent Pinkerton<sup>15</sup>, Tamara Schikowski<sup>16</sup>, George Thurston<sup>17</sup>, Laura S. Van Winkle<sup>18</sup> and Christopher Carlsten<sup>19</sup>

ERJ 2021



FIGURE 1 Exceedance of air quality standards and guidelines in European urban areas (data from www.eea.europa.eu/themes/air/health-impacts-of-air-pollution). WHO: World Health Organization; PM<sub>2.5</sub>: particulate matter of diameter of 2.5 µm; PM<sub>10</sub>: particulate matter of diameter of 10 µm; BaP: benzo(a)pyrene. EU reference values (annual value): PM<sub>2.5</sub>: 25 µg·m<sup>-3</sup>; PM<sub>10</sub>: 40 µg·m<sup>-3</sup>; NO<sub>2</sub>: 40 µg·m<sup>-3</sup>; O<sub>3</sub>: 120 µg·m<sup>-3</sup> (8-h mean); SO<sub>2</sub>: 125 µg·m<sup>-3</sup> (24-h mean); BaP: 1 ng·m<sup>-3</sup>. WHO air quality guidelines: EU reference values (annual value): PM<sub>2.5</sub>: 10 µg·m<sup>-3</sup>; PM<sub>10</sub>: 20 µg·m<sup>-3</sup>; NO<sub>2</sub>: 40 µg·m<sup>-3</sup>; O<sub>3</sub>: 100 µg·m<sup>-3</sup> (8-h mean); SO<sub>2</sub>: 20 µg·m<sup>-3</sup> (24-h mean); BaP: 0.12 ng·m<sup>-3</sup>.

**92-99% of the world population overexposed.**

20/05/2022

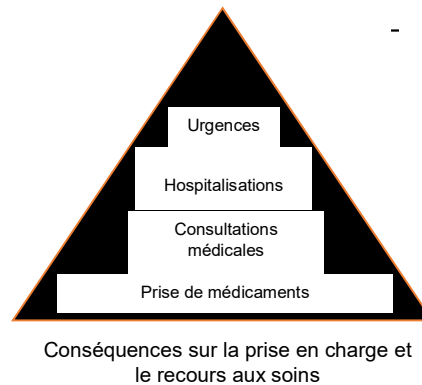
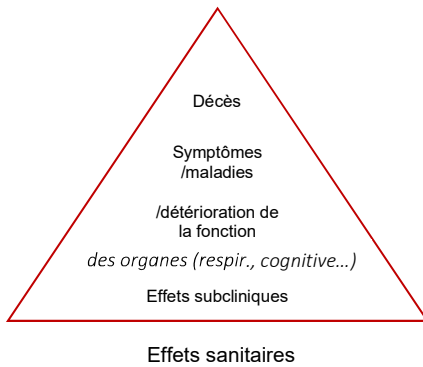
EIVP 2022

16



# Pyramide des effets sur la santé de la pollution atmosphérique et de leurs conséquences sur la prise en charge et le recours aux soins

- 2 types d'effets:
- À court terme
  - À long terme

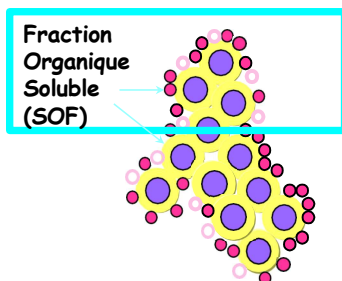


La base de la pyramide indique le pourcentage de la population atteinte

I. Annesi-Maesano, Revue des Maladies Respiratoires 2020

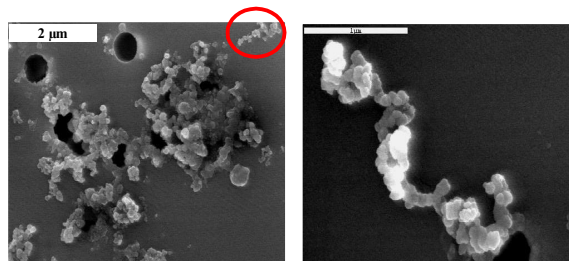
## Les particules atmosphériques fines ( PM 2.5) et ultrafines ( PM 0.1)

### Particules Diesel



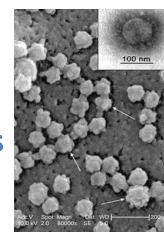
- sphères de carbone (0.01-0.08  $\mu\text{m}$ ) qui forment des agglomérats (0.05- 1  $\mu\text{m}$ )
- hydrocarbures adsorbés
- hydrocarbures condensés
- Sulfates hydratés

### Suies (60- 90% PM2.5 trafic)

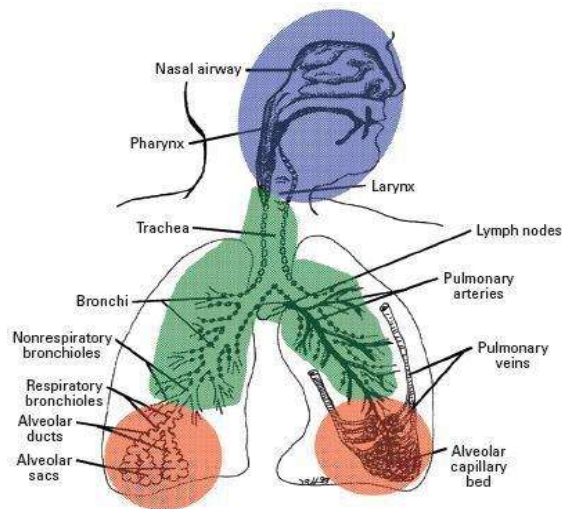


- Composés organiques
- Métaux
- Endotoxines bactériennes
- Allergènes
- Virus

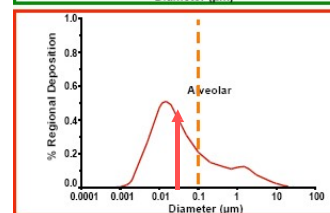
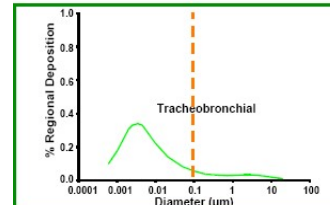
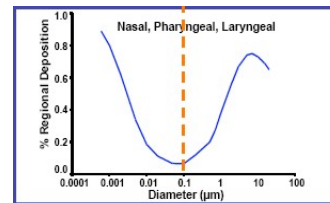
Sars Cov 2?



## Les particules se déposent dans l'appareil respiratoire en fonction de leur taille



Surface 140 m<sup>2</sup>



Oberdorster, EHP, 2005

## Qu'est-ce que nous avons récemment appris sur les effets sanitaires de la pollution de l'air?

1. La pollution atmosphérique touche plusieurs organes avec des effets à court ou à long terme
2. Il n'y a pas de seuil au dessous duquel les individus sont protégés
  - Effets observés aussi à des concentrations considérées comme protectives (selon les standards de l'OMS ou la CE) lorsqu'il s'agit d'expositions chroniques
  - Effets augmentés chez certains sujets, bien évidemment les sujets malades de maladies chroniques les enfants, les personnes âgées, mais aussi certaines personnes actives très exposées

## Tous les organes sont atteints

20/05/2022

SPIF 2022

## Les impacts de la pollution de fond: l'importance des particules fines

- Etude ACS « Américan Cancer Society »
- Pope et al 2002

➤ 500 000 sujets âgés de plus de 30 ans suivis pendant 16 ans

➤ Augmentation de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  du niveau de  $\text{PM}_{2.5}$  associée à une augmentation du risque de décès

- toutes causes : + 6 %
- pour causes cardio-pulmonaires : + 9 %
- par cancer du poumon : + 8 %



# UN AIR IRRESPIRABLE

→ LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE TUE ET COÛTE DE L'ARGENT ←

La pollution atmosphérique est le quatrième facteur de risque mortel dans le monde.





**UN DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LES PLUS MORTELS!**

Les pertes en vies humaines provoquées par la pollution de l'air sont sources de souffrances et de ralentissement économique.

**CHAQUE ANNÉE 16% DE TOUS LES DÉCÈS ATTRIBUABLES À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE**


 EDITORIAL  
 AIR POLLUTION


## The clear and persistent impact of air pollution on chronic respiratory diseases: a call for interventions

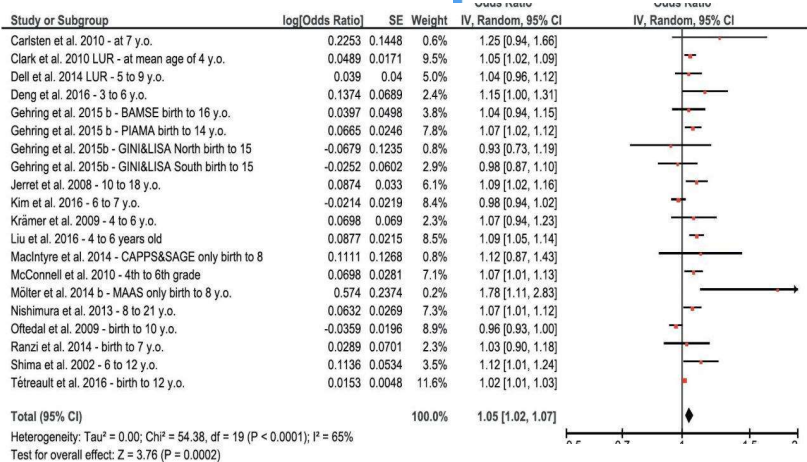
Isabella Annesi-Maesano <sup>1</sup>, Francesco Forastiere<sup>2</sup>, John Balmes<sup>3,4,5</sup>, Erika Garcia <sup>6</sup>, Jack Harkema<sup>7</sup>, Stephen Holgate<sup>8</sup>, Frank Kelly<sup>2</sup>, Haneen Khreis<sup>9</sup>, Barbara Hoffmann<sup>10</sup>, Cara Nichole Maesano<sup>1</sup>, Rob McConnell<sup>11</sup>, David Peden <sup>12</sup>, Kent Pinkerton<sup>13</sup>, Tamara Schikowski<sup>14</sup>, George Thurston<sup>15</sup>, Laura S. Van Winkle<sup>16</sup> and Christopher Carlsten <sup>17</sup>

**Affiliations:** <sup>1</sup>Sorbonne Université and INSERM, Epidemiology of Allergic and Respiratory Diseases Dept, Institut Pierre Louis of Epidemiology and Public Health, Paris, France. <sup>2</sup>Environmental Research Group, King's College, London, UK. <sup>3</sup>University of California Berkeley-University of California San Francisco Joint Medical Program, Berkeley, CA, USA. <sup>4</sup>School of Public Health, University of California, Berkeley, CA, USA. <sup>5</sup>Dept of Medicine, School of Medicine, University of California, San Francisco, CA, USA. <sup>6</sup>Dept of Preventive Medicine, Keck School of Medicine, University of Southern California, Los Angeles, CA, USA. <sup>7</sup>Dept of Pathobiology and Diagnostic Investigation, College of Veterinary Medicine, Michigan State University, East Lansing, MI, USA. <sup>8</sup>Clinical and Experimental Sciences, Faculty of Medicine, University of Southampton, Southampton, UK. <sup>9</sup>Center for Advancing Research in Transportation Emissions, Energy, and Health (CARTEEH), Texas A&M Transportation Institute (TTI), College Station, TX, USA. <sup>10</sup>Institute for Occupational, Social and Environmental Medicine, Center for Health and Society, Heinrich Heine University of Düsseldorf



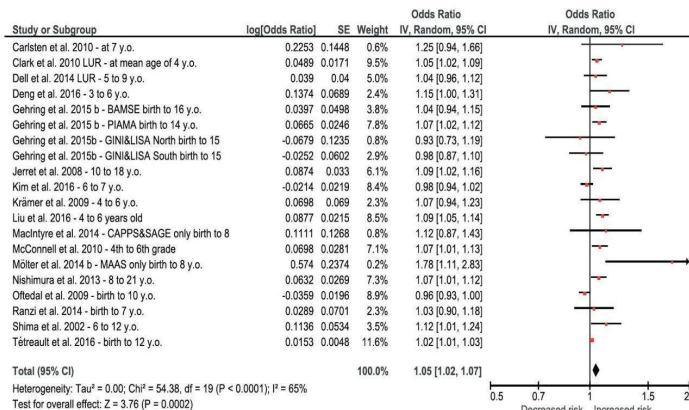
**Outdoor Air Pollution and New-Onset Airway Disease. An Official American Thoracic Society Workshop Report**

George D. Thurston, John R. Balmes, Erika Garcia, Frank D. Gilliland, Mary B. Rice, Tamara Schikowski, Laura S. Van Winkle, Isabella Annesi-Maesano, Esteban G. Burchard, Christopher Carlsten, Jack R. Harkema, [Show All...](#)



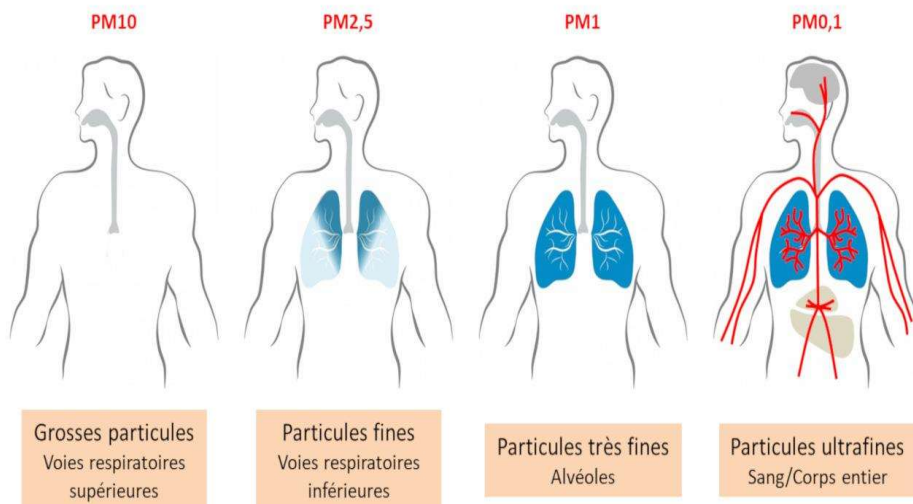
NO<sub>2</sub>

BC



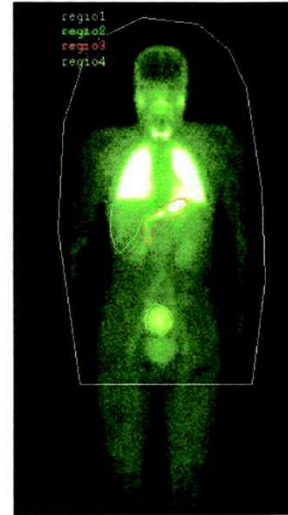
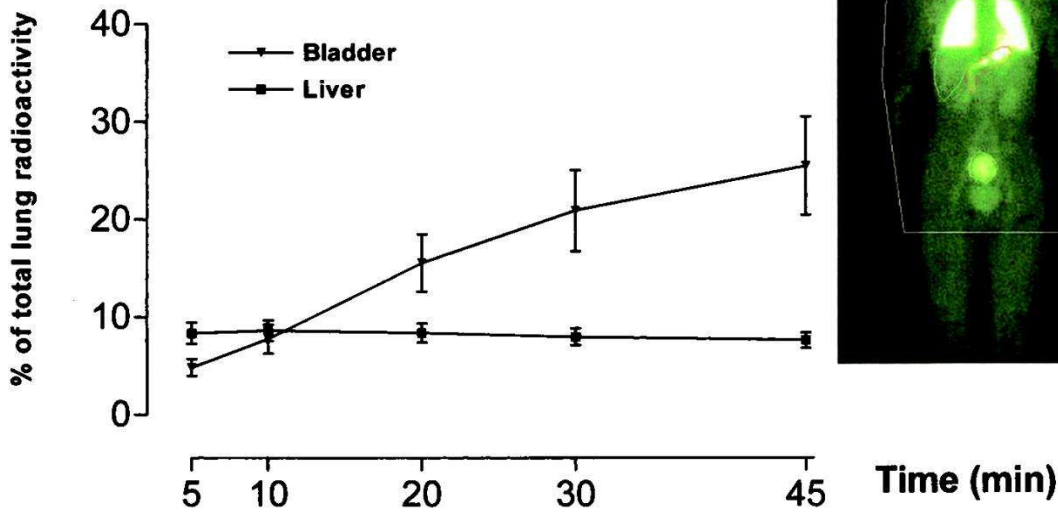
20/05/2022

# Donc les particules vont plus loin



# Passage of Inhaled Particles Into the Blood Circulation in Humans. Nemmar et al. Circulation 2002;105:411.

Ultrafine carbon black particles labeled with Technetium-99 were detected in the blood of human volunteers within 5 – 20 minutes after inhalation



The radioactivity recorded over the liver and bladder expressed as a percentage of the initial lung radioactivity

SPIF 2022

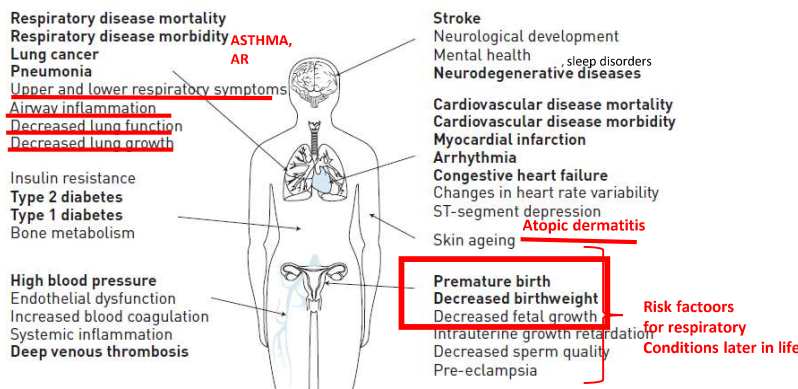
## A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework



George D. Thurston<sup>1</sup>, Howard Kipen<sup>2</sup>, Isabella Annesi-Maesano<sup>3</sup>, John Balmes<sup>4,5</sup>, Robert D. Brook<sup>6</sup>, Kevin Cromar<sup>7</sup>, Sara De Matteis<sup>8</sup>, Francesco Forastiere<sup>7</sup>, Bertil Forsberg<sup>10</sup>, Mark W. Frampton<sup>11</sup>, Jonathan Grigg<sup>12</sup>, Dick Heederik<sup>13</sup>, Frank J. Kelly<sup>14</sup>, Nino Kuenzli<sup>15,16</sup>, Robert Laumbach<sup>2</sup>, Annette Peters<sup>17</sup>, Sanjay T. Rajagopalan<sup>18</sup>, David Rich<sup>19</sup>, Beate Ritz<sup>20</sup>, Jonathan M. Samet<sup>21</sup>, Thomas Sandstrom<sup>11</sup>, Torben Sigsgaard<sup>22</sup>, Jordi Sunyer<sup>23</sup> and Bert Brunekreef<sup>13,24</sup>

## Several organs and diseases

FIGURE 1 Overview of diseases, conditions and biomarkers affected by outdoor air pollution. Updated based on [31]. Bold type indicates conditions currently included in the Global Burden of Disease categories.



4 modes of penetration

1. Inhalation
2. Contact
3. Ingestion
4. Blood-brain barrier (via inhalation)

and actions on the fetus (placental passage)

# Effets visibles à faibles doses

Des effets observés aussi à des concentrations considérées comme protectives

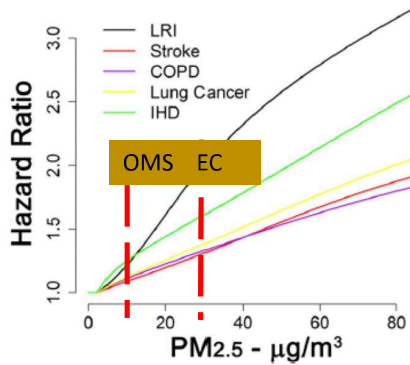
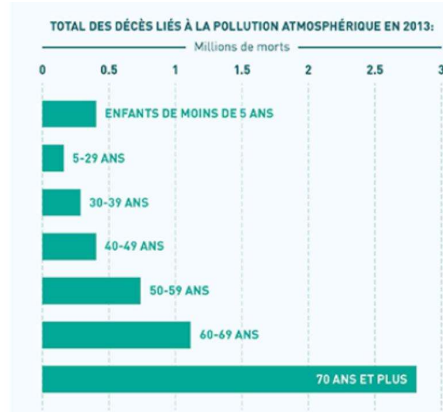
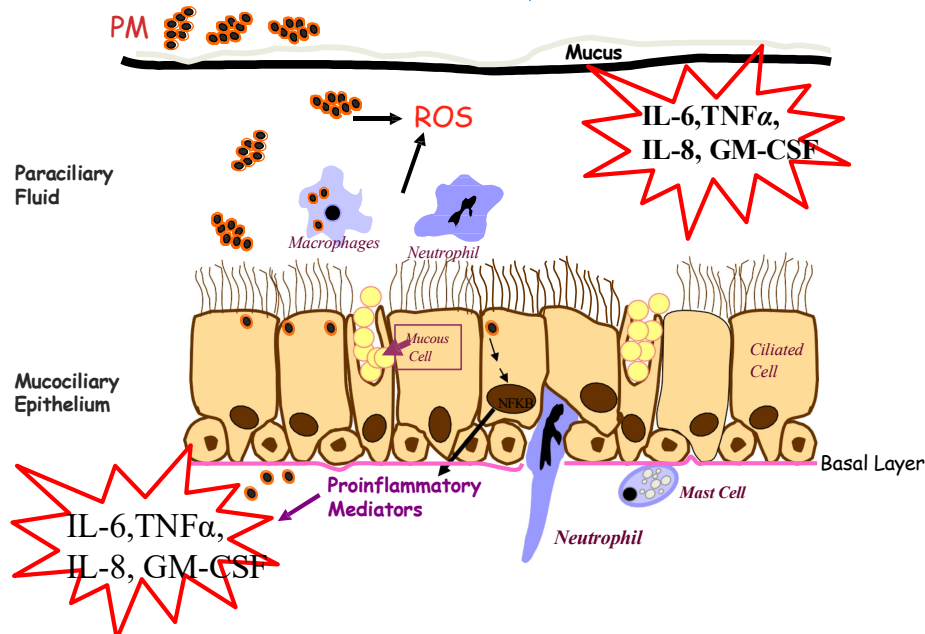


Fig. 1. GEMM hazard ratio predictions over PM<sub>2.5</sub> exposure range for noncommunicable diseases plus LRIs (NCD+LRI). (Top) With 95% confidence interval (gray shaded area). (Bottom) GEMM predictions for each of the five causes of death displayed. GEMM NCD+LRI, GEMM IHD, and GEMM stroke were based on the 60- to 64-y-old age group.

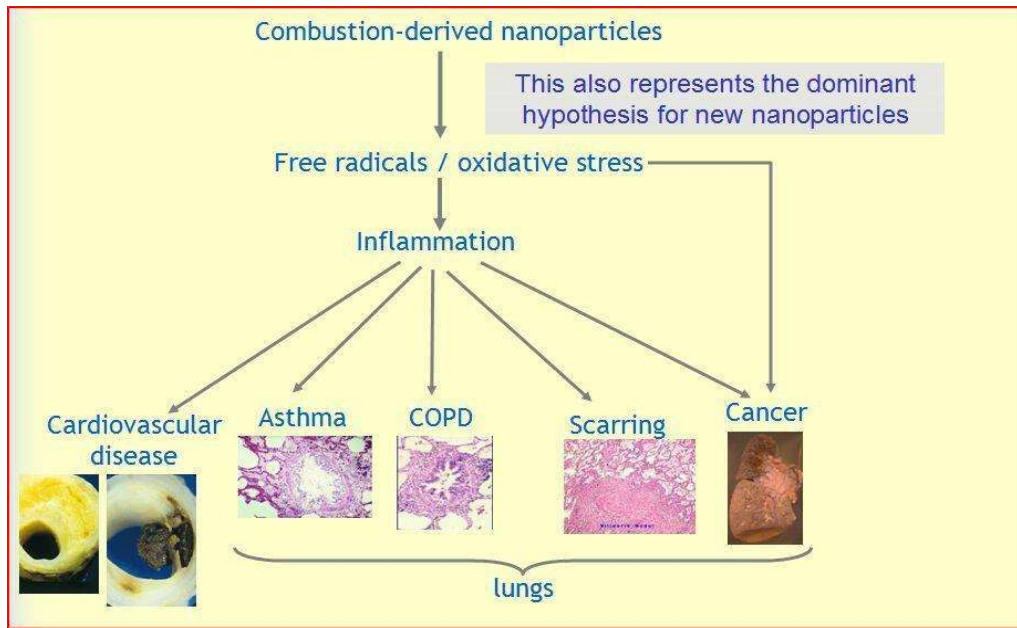
Effets augmentés chez les sujets susceptibles



Les Particules atmosphériques induisent une inflammation dans les voies respiratoires  
Rôle du microbiote pulmonaire?



## L'inflammation pulmonaire chronique peut conduire à des maladies



## Association of Improved Air Quality with Lung Development in Children

lth

W. James Gauderman, Ph.D., Robert Urman, M.S., Edward Avol, M.S., Kiros Berhane, Ph.D., Rob McConnell, M.D., Edward Rappaport, M.S., Roger Chang, Ph.D., Fred Lurmann, M.S., and Frank Gilliland, M.D., Ph.D.

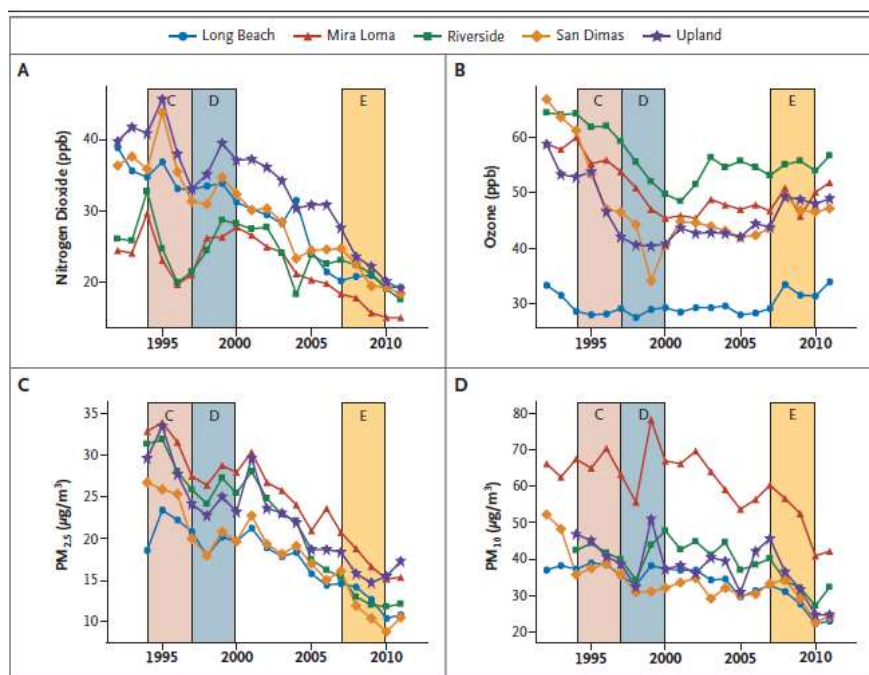
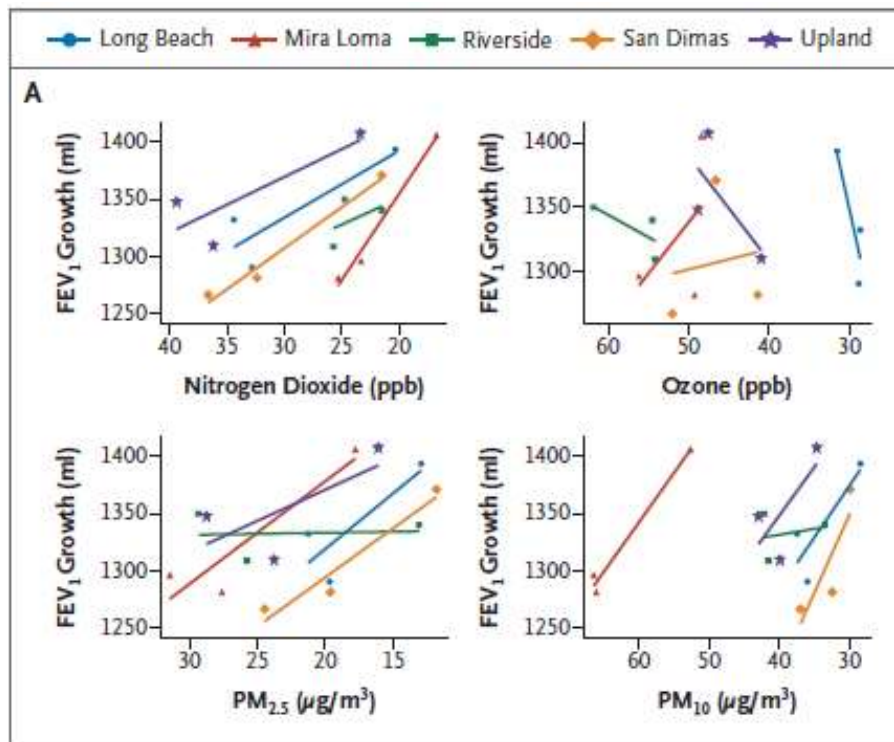


Figure 1. Levels of Four Air Pollutants from 1994 to 2011 in Five Southern California Communities.

Colored bands represent the relevant 4-year averaging period for the analysis of lung-function growth in each of the three cohorts; C, D, and E. PM<sub>2.5</sub> denotes particulate matter with an aerodynamic diameter of less than 2.5 µm, and PM<sub>10</sub> particulate matter with an aerodynamic diameter of less than 10 µm.



Figure 2. Mean 4-Year Lung-Function Growth versus the Mean Levels of Four Pollutants.



20/05/2022

Yaoundé 2021

N ENGL J MED 372:10 NEJM.ORG 33 MARCH 5, 2015

## A long terme



### Interdiction du diesel à Tokyo en 2003 - maintien à Osaka

Déclin NO<sub>2</sub> similaire Tokyo vs Osaka

**Mais déclin plus important à Tokyo des PM 2,5**

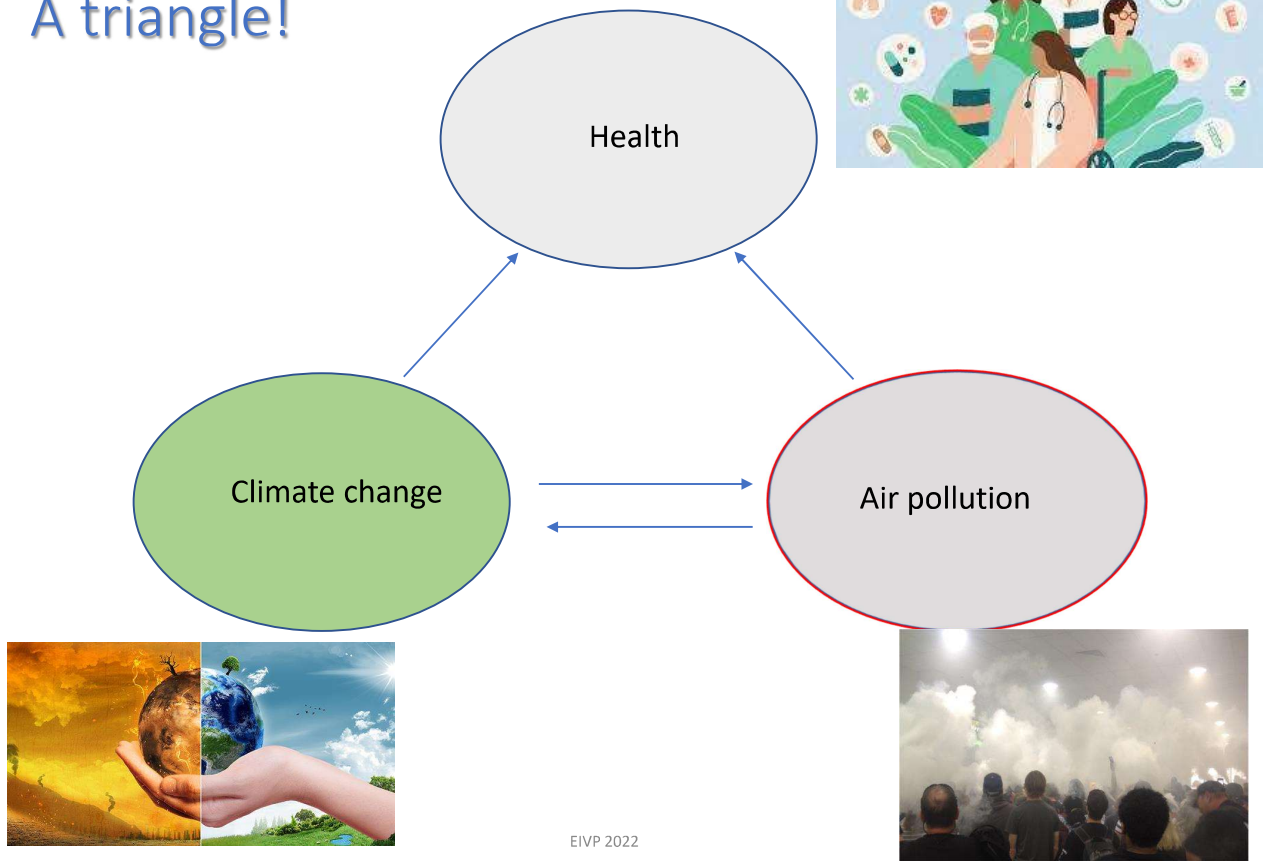
Après ajustement sur les taux de mortalité standardisés pour l'âge à Osaka

Le pourcentage de changement entre les **3 premières années** (Octobre 2000 à Septembre 2003) et les **3 dernières années** (Octobre 2009 à Septembre 2012) :

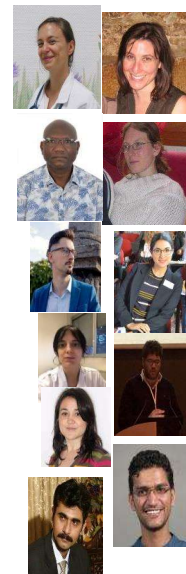
Toutes causes	- 6%
Causes cardio-vasculaires	-11%
Cardiopathies ischémiques	-10%
Maladies vasculaires cérébrales	- 6%
<b>Maladies pulmonaires</b>	<b>- 22%</b>
Cancer du poumon	- 5%

Yorifuji T, Kashima S, Doi H. Fine-particulate Air Pollution from Diesel Emission Control and Mortality Rates in Tokyo: A Quasi-experimental Study. *Epidemiology*. 2016;27(6):1.

# A triangle!



# MERCI



**isabella.annesi-maesano@inserm.fr**

