

La qualité de l'air au carrefour de la science et des politiques de prévention

Christophe Declercq
Unité Air, Eau et Climat
Département Santé Environnement
Institut de Veille Sanitaire
Saint-Maurice

Des épisodes marquants

- Vallée de la Meuse (Belgique), 1930 : 60 morts
- Donora (Pennsylvanie, USA), 1948 : 20 morts
- Londres (UK), 1952 (*great smog*) : 4000 morts

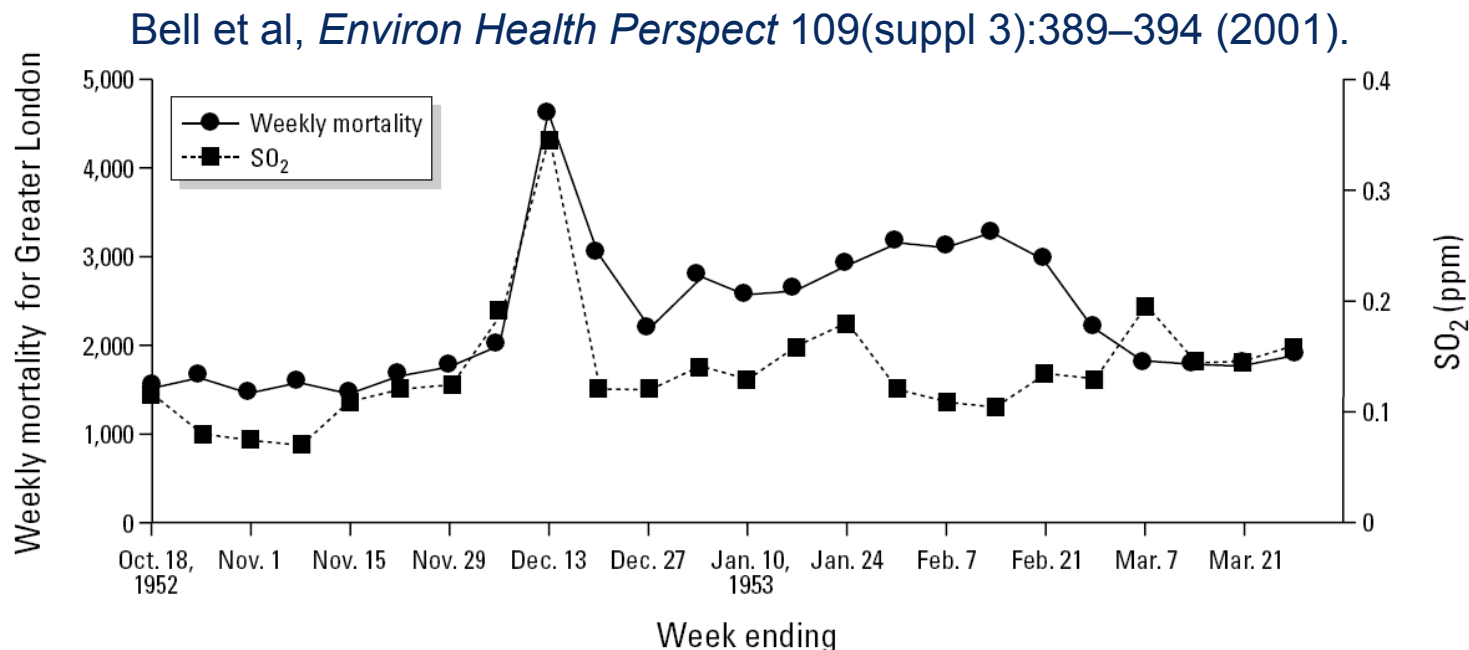


Figure 1. Approximate weekly mortality and SO₂ concentrations for Greater London, 1952–1953.

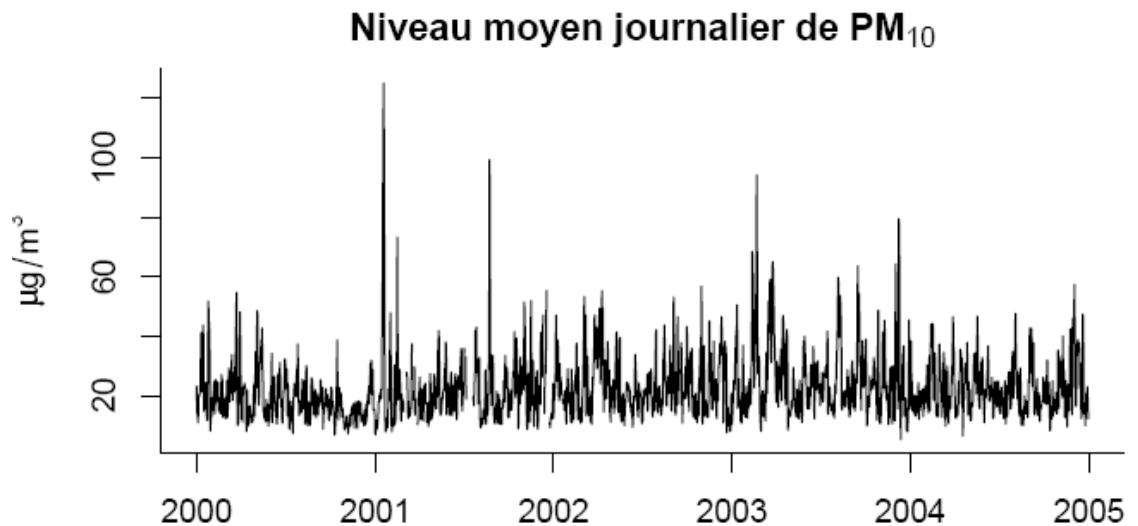
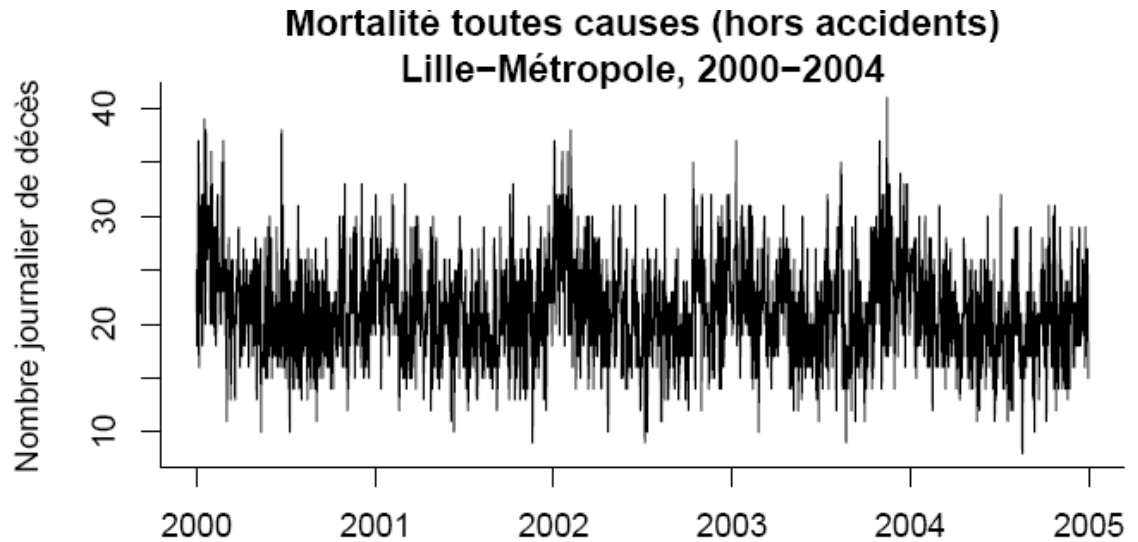
Une prise de conscience

- Un cadre législatif :
 - UK: Clean Air Act, 1956
 - USA: Air Pollution Control Act (1955) puis Clean Air Act (1963) étendu en 1970
 - France : loi du 2 août 1961 relative à la lutte contre les pollutions atmosphériques et les odeurs, peu contraignante, pas de référence à la santé
- Une baisse très importante des émissions des sources fixes (industrie, chauffage) : SO_2
- Une explosion du trafic routier : PM, NO_2 , Ozone

Controverses des années 1970-1980

- Holland et al., Am J Epidemiol, 1979 (revue de la littérature financée par l'American Iron and Steel Institute) : la pollution de l'air n'est plus un problème de santé publique
- Ware et al., Am Rev Respir Dis, 1986 (Harvard School of Public Health) : effet documenté sur la morbidité et la mortalité mais nombre limité d'études
- Mise en place de grandes études transversales : Six US cities (Ben Ferris et Frank Speizer, HSPH), PAARC (Joseph Lellouch et al, Inserm)

L'apport de l'analyse de séries temporelles





L'apport de l'analyse de séries temporelles

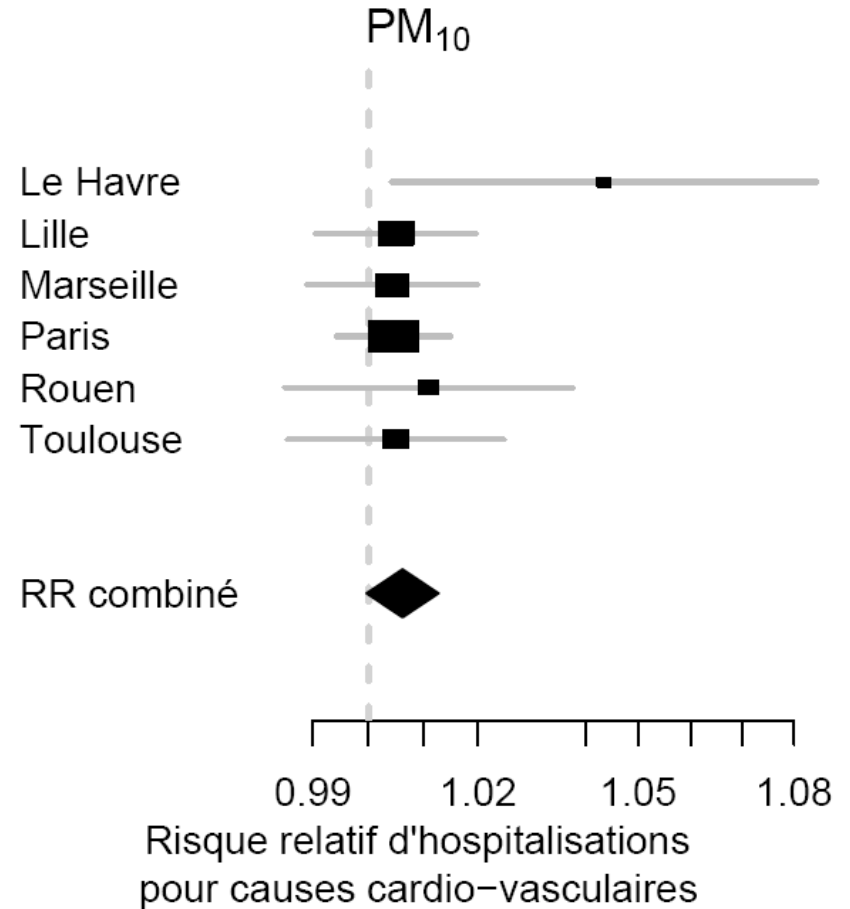
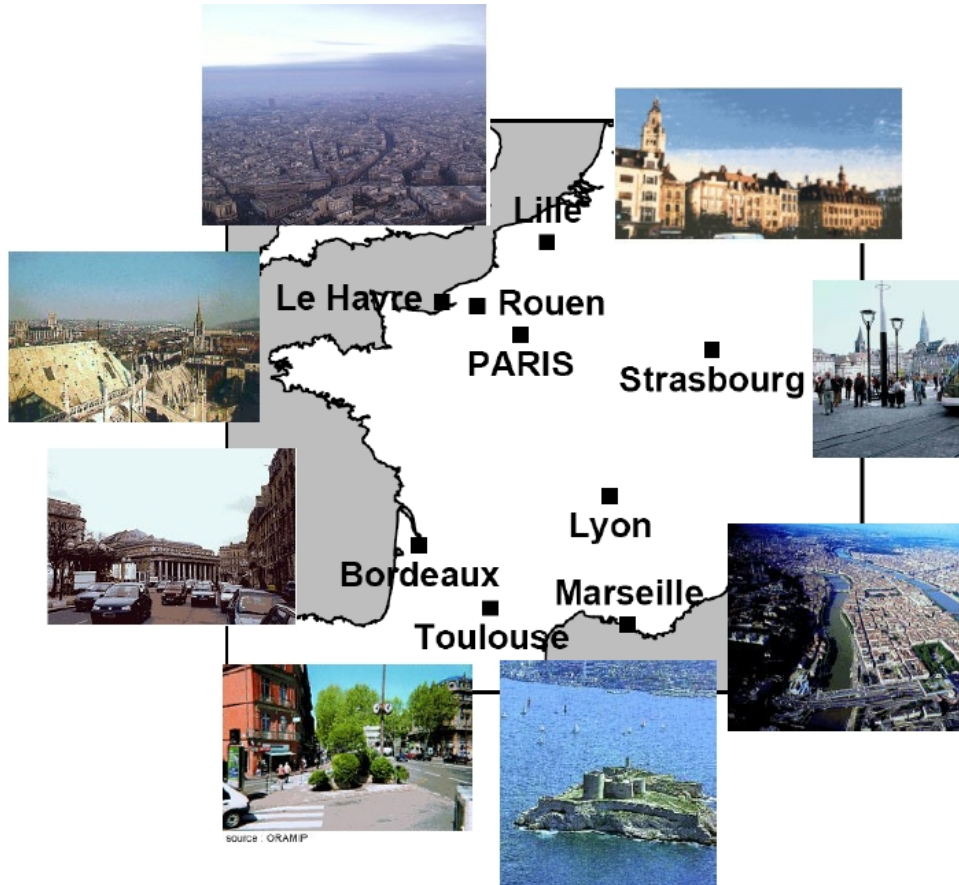
- Joël Schwartz (EPA puis HSPH) : Londres (1990), Steubenville (1992), Philadelphia (1992)
- Programme ERPURS de l'ORS Île-de-France
- APHEA (projet européen animé par Klea Katsouyanni)
- Programme Psas de l'InVS
- Projet NMMAPS (John Hopkins University)
- Nombreuses controverses méthodologiques (prise en compte de la météo, méthodes de modélisation) qui n'ont pas réussi à remettre en cause l'essentiel des résultats : effet significatif à court-terme des PM et de l'ozone sur la mortalité et la morbidité (des centaines de travaux épidémiologiques de part le monde)



La loi LAURE de 1996

- Art. 1er. - L'État et ses établissements publics, les collectivités territoriales et leurs établissements publics ainsi que les personnes privées concourent, chacun dans le domaine de sa compétence et dans les limites de sa responsabilité, à une politique dont l'objectif est la mise en oeuvre du droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé.
- Art. 3. - L'État assure, avec le concours des collectivités territoriales dans le respect de leur libre administration et des principes de la décentralisation, la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement.
→ Surveillance de la qualité de l'air (AASQA) et de ses effets sur la santé (RNSP puis InVS : programme Psas)
- Plans d'action : PRQA, PPA, PDU (LOTI de 1982)

Le Programme de Surveillance Air et Santé de l'InVS



Le Programme de Surveillance Air et Santé de l'InVS

Tableau 1 Excès de risque combinés (%) et intervalle de confiance à 95 % pour la mortalité toutes causes, pour causes cardiovasculaires et cardiaques associés à une augmentation de 10 µg/m³ du niveau de l'indicateur de pollution, dans neuf villes françaises, 2000-2004 / *Table 1 Combined excess risk (%) and 95% confidence interval for mortality due to all causes, cardiovascular and heart causes associated with a 10 µg/m³ increase of the level of the pollution indicator, in nine French cities, 2000-2004*

	ERR* de mortalité [IC à 95 %] associés à une augmentation de 10 µg/m ³ du niveau des indicateurs de pollution		
	PM ₁₀	NO ₂	O ₃ (été uniquement)
Mortalité toutes causes*			
Tous âges	1,4 [0,7 ; 2,1]	1,3 [0,6 ; 1,9]	0,9 [0,4 ; 1,5]
65 ans et plus	1,4 [0,6 ; 2,2]	1,3 [0,5 ; 2,1]	1,0 [0,4 ; 1,6]
Cause cardiovasculaire			
Tous âges	2,4 [0,9 ; 3,9]	2,0 [0,7 ; 3,3]	1,1 [0,2 ; 2,0]
65 ans et plus	2,9 [1,3 ; 4,5]	2,2 [0,9 ; 3,6]	1,4 [0,5 ; 2,2]
Cause cardiaque			
Tous âges	2,0 [0,7 ; 3,4]	1,6 [0,5 ; 2,7]	1,3 [0,4 ; 2,1]
65 ans et plus	2,5 [1,0 ; 3,9]	1,9 [0,7 ; 3,1]	1,3 [0,6 ; 2,1]

* ERR : excès de risque relatif

Une remise en question des seuils

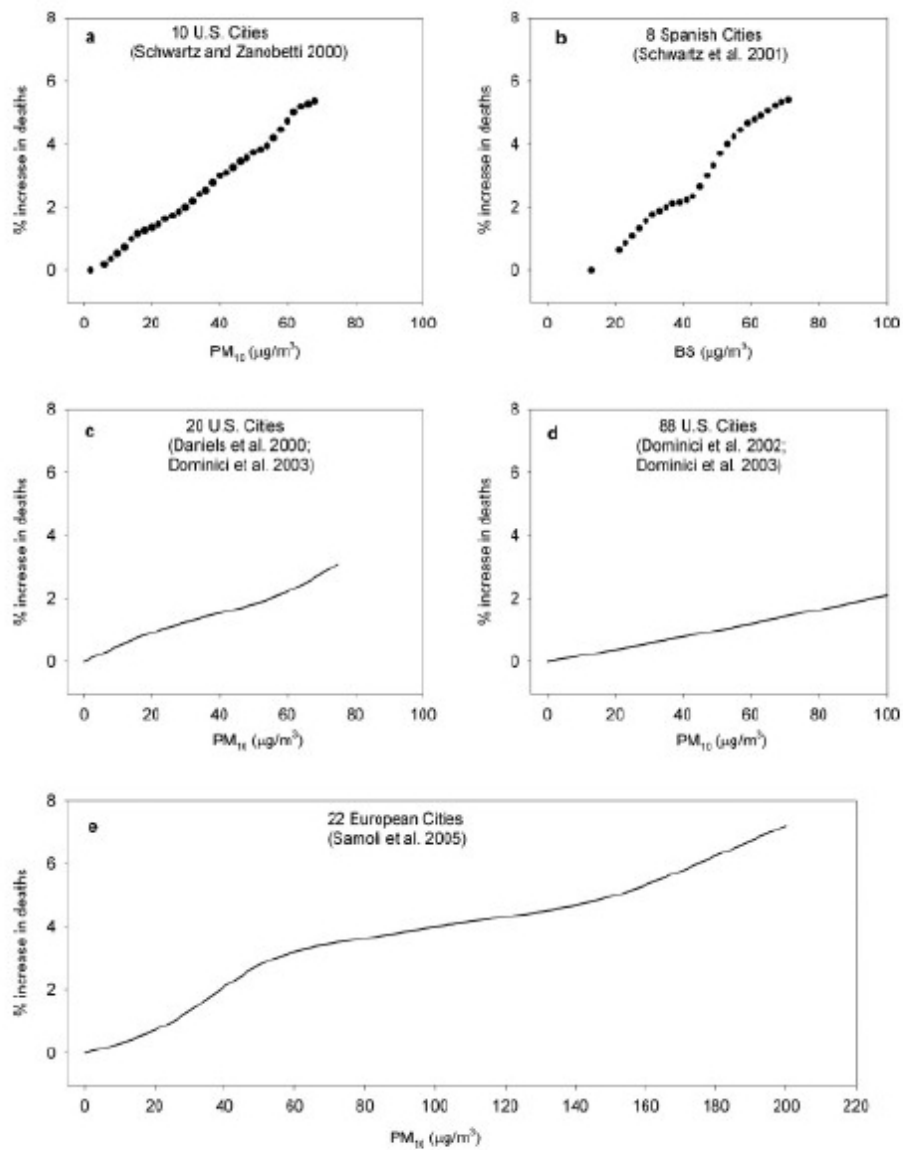


Figure 1. Selected concentration-response relationships estimated from various multicity daily time series mortality studies (approximate adaptations from original publications rescaled for comparison purposes).

Effets à long-terme de l'exposition chronique?

- Étude américaine des 6 villes (Dockery et al, 1993)
- 500 000 participants de la cohorte de l'American Cancer Society (Pope et al, 1995;2002;2004 Krewski et al, 2000;2009)
- Effets à long terme de l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$ sur la mortalité (0,6 année d'espérance de vie par $10 \mu g/m^3$) notamment cardiovasculaire
- Résultats confortés par ceux de plusieurs études de cohortes européennes (PAARC Filleul et al, 2005) à approfondir

Effets à long-terme de l'exposition chronique

- Effets des PM sur l'appareil cardiovasculaire : connaissances épidémiologiques et toxicologiques en plein développement

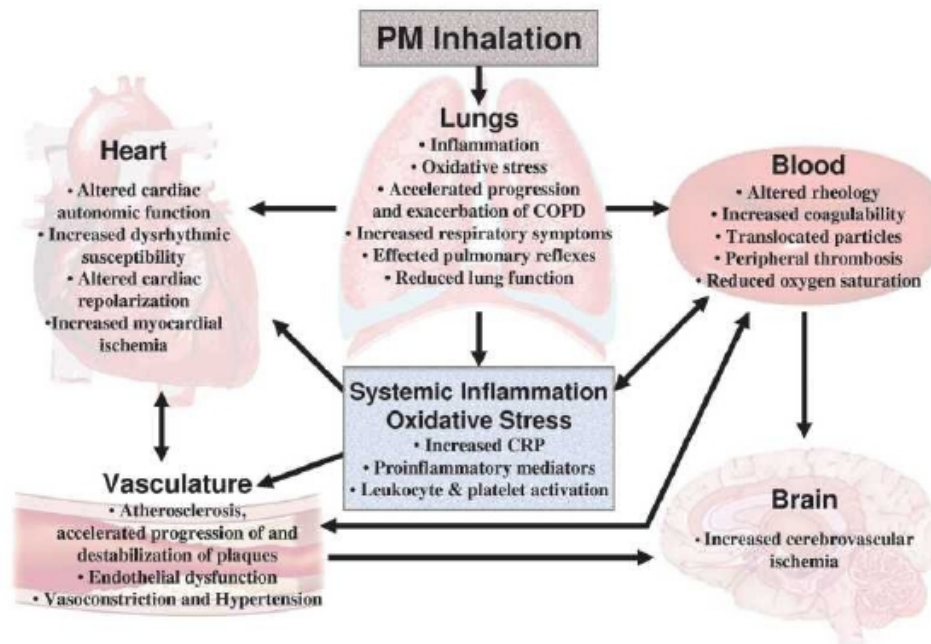
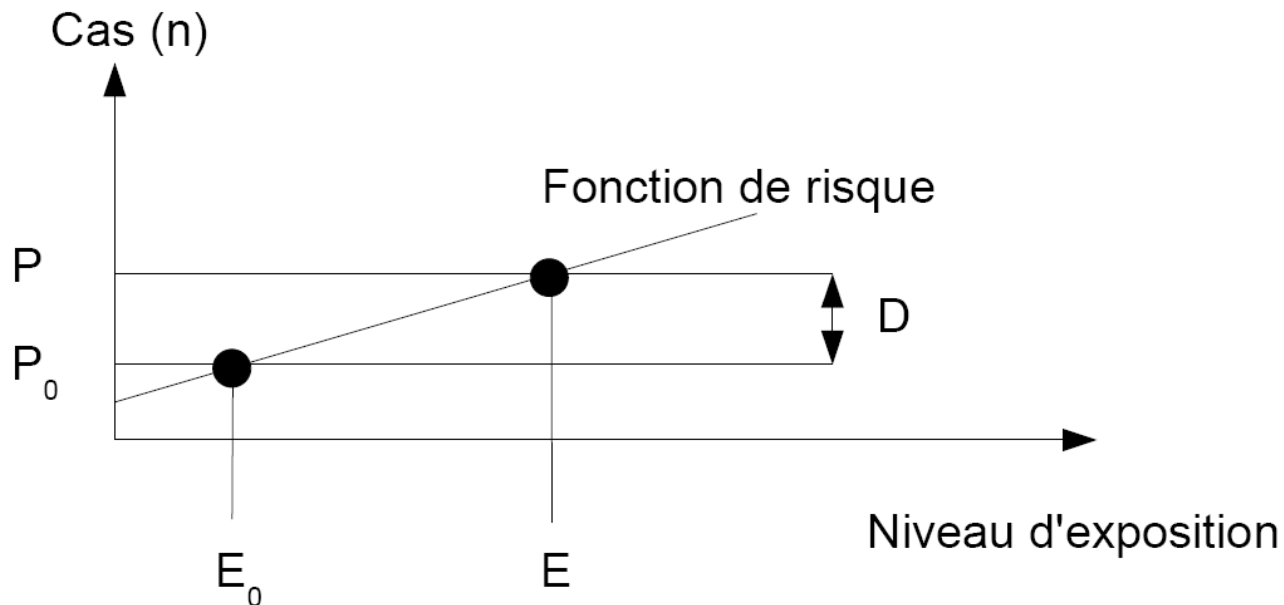


Figure 4. Potential general pathophysiological pathways linking PM exposure with cardiopulmonary morbidity and mortality.

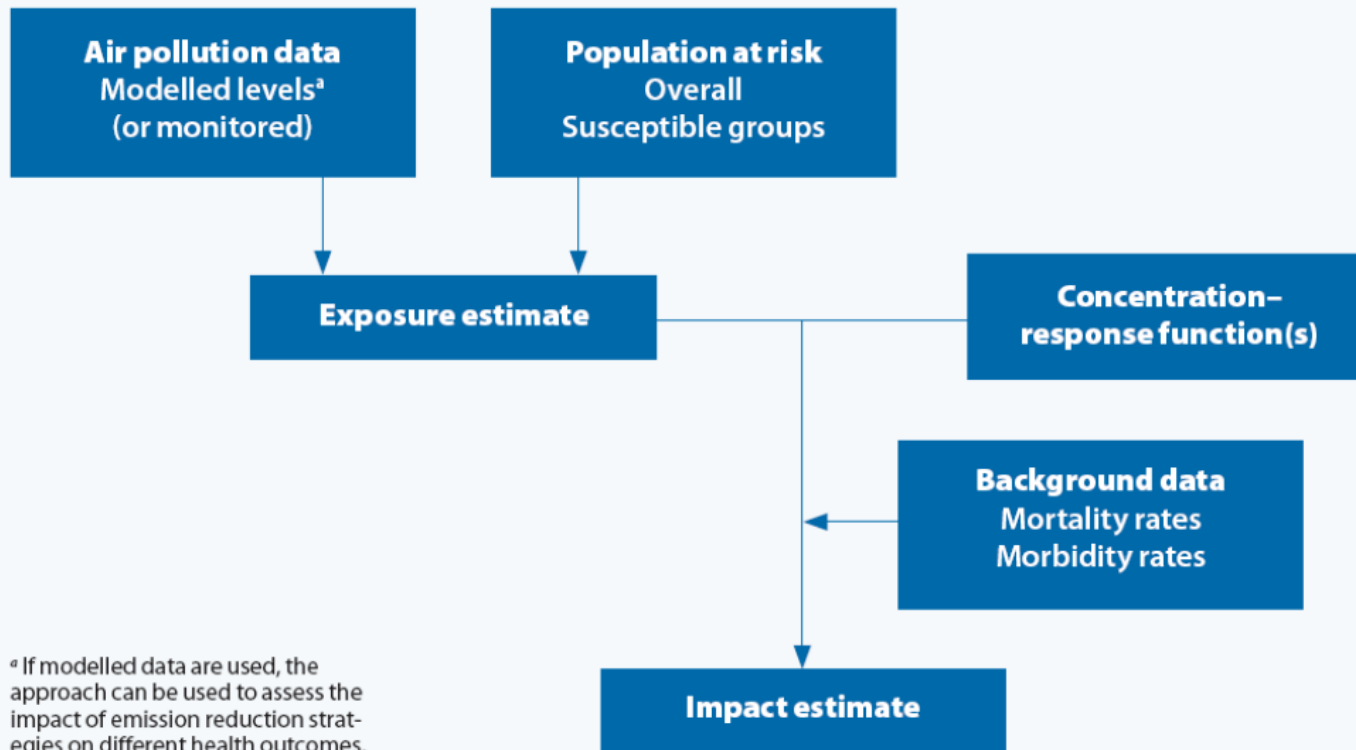
Quel message?

- Les niveaux de polluants actuellement observés sont associés à des risques pour la santé (impact substantiel étant donné la taille de la population exposée)
- Il y a une relation continue entre niveaux d'exposition et niveaux de risque à l'échelle de la population
 - Raisonner comme s'il n'y avait pas de seuil
 - Ne pas se contenter de gérer les pics mais agir sur la pollution de fond et les sources (émissions de polluants et de précurseurs)



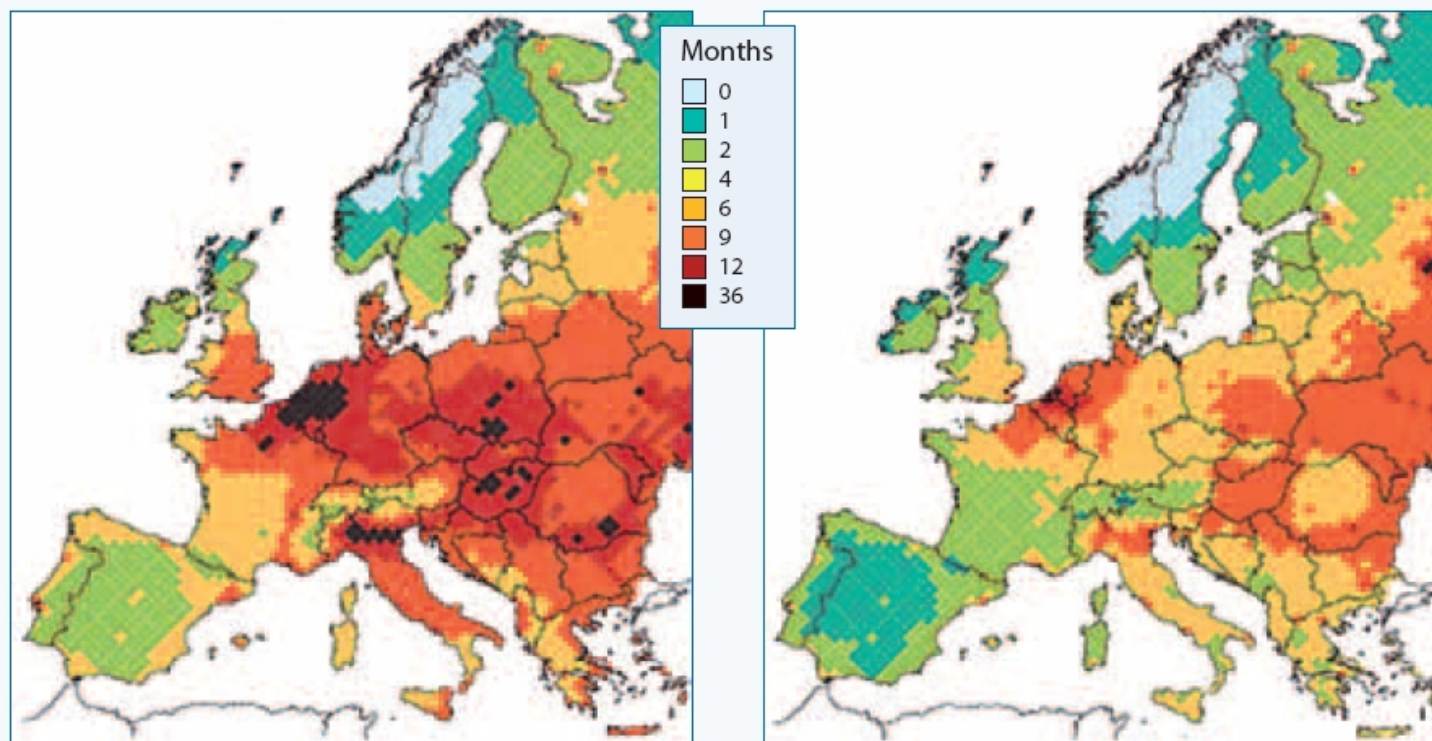
Rôle de l'évaluation de l'impact sanitaire dans la définition et l'analyse coût-bénéfice des politiques publiques

Fig. 7.1. Schematic presentation of the main steps of a health impact assessment



Source : WHO (2007)

Fig. 8.1. Loss in statistical life expectancy that can be attributed to the identified anthropogenic contributions to PM_{2.5} (in months) for emissions in 2000 (left) and emissions of the CAFE baseline scenario for 2020 (right) (average of calculations for the four meteorological years 1997, 1999, 2000 and 2003)



Source : CAFE program, WHO (2007)

Directive européenne du 21 mai 2008

- Une relative déception du point de vue de la prise en compte des connaissances sur l'impact sanitaire des PM
 - Introduit des objectifs pour les PM_{2,5}
 - Mais
 - valeur limite annuelle à atteindre en 2015 pour les PM_{2,5} : 25 µg/m³ (EPA : 15)
 - possibilité de soustraire les PM₁₀ *naturelles*
 - possibilités de délais dérogatoires
 - Une certaine fermeté de la Commission Européenne : cf. la réponse du 2/7/2009 de Stavros Dimas aux demandes de dérogation de la France
- « *Des objections sont émises à l'encontre de la notification, par la France, d'une exemption de l'obligation d'appliquer la valeur limite journalière et/ou la valeur limite annuelle indiquées pour les PM₁₀ (...)* »

Le Grenelle de l'environnement et ses suites

- Se donner de nouvelles ambitions pour la préservation de la qualité de l'air
 - Fixer de nouveaux objectifs quantifiés en matière de pollution de l'air extérieur
 - Accroître la surveillance et la prévention de la qualité de l'air intérieur
- PNSE 2
 - Plan santé transport
 - Plan particules (déclinaison régionale dans les schémas régionaux climat, air et énergie de la loi Grenelle 2) : réduire de 30% les concentrations de $PM_{2,5}$ d'ici 2015

So what?

- La pollution atmosphérique (rapport Richert, 2007):
 - processus à des échelles temporelles et spatiales multiples : du global (changement climatique) au local (proximité du trafic)
 - nécessité de politiques publiques multisectorielles aux différentes échelles de décision :
 - aménagement urbain
 - transports et déplacements
 - production d'énergie

intégrant les co-bénéfices pour la santé : transports et accidents de la route, activité physique, bruit



Les inégalités d'exposition

- Une forte hétérogénéité intra-urbaine de l'exposition à la pollution atmosphérique
- Des résultats épidémiologiques récents sur :
 - l'impact sanitaire de la proximité du trafic (WP4 du projet européen Aphekom)
 - l'importance de la prise en compte des gradients intra-urbains d'exposition pour mieux estimer l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique (projet européen Escape animé par l'Université d'Utrecht)
- Une contribution aux inégalités sociales de santé (cf travaux de l'équipe de Denis Bard à l'EHESP)
 - inégalités sociales de l'exposition aux polluants
 - inégalités sociales des effets des polluants (cohorte de l'ACS)

Changement climatique, qualité de l'air et santé

- Polluants → effet de serre additionnel
 - l'ozone, au troisième rang en termes de forçage positif
 - les aérosols : plus complexe
 - carbone suie : forçage positif
 - sulfates : forçage négatif
- Changement climatique → polluants
 - ↑ Émissions de précurseurs d'ozone et réactions photochimiques de production d'ozone
 - Plus complexe pour les particules : feux de forêt, sécheresse, demande d'électricité (climatisation, véhicules?)

Changement climatique, qualité de l'air et santé

- La nécessité de politiques intégrées :
 - prise en compte des effets négatifs
 - efficacité énergétique versus émissions de polluants (véhicules)
 - encouragement inconsideré de la combustion du bois (particules)
 - prise en compte des bénéfices en termes de qualité de l'air et d'atténuation du changement climatique
 - forte inertie temporelle en termes d'atténuation du changement climatique
 - bénéfice rapide sur les polluants à courte durée de vie
 - intégration des autres bénéfices pour la santé (changement de mode de transport)

Évaluer l'effet des politiques publiques

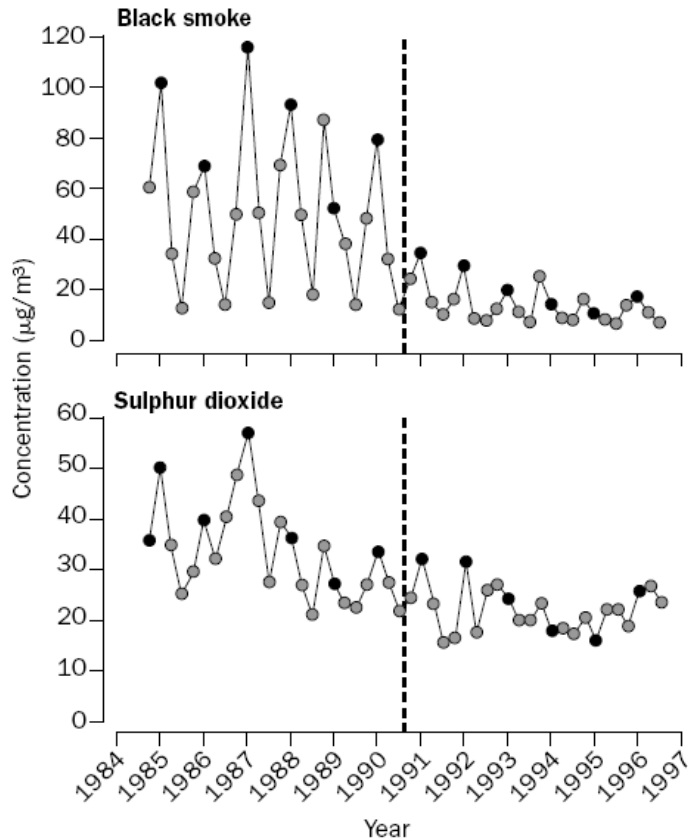


Figure 1: **Seasonal mean black smoke (upper) and sulphur dioxide (lower) concentrations, September 1984–96**
Vertical line shows date sale of coal was banned in Dublin County Borough. Black circles represent winter data.

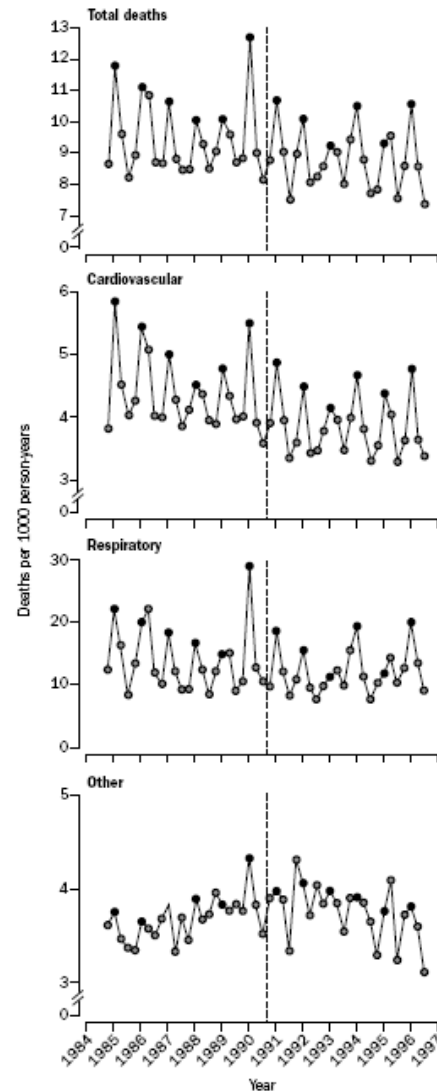


Figure 2: **Seasonal mean directly standardised death rates in Dublin, September 1984–96**
Vertical line shows date sale of coal was banned in Dublin County Borough. Black circles represent winter data.

Évaluer l'effet des politiques publiques

Fine-Particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States

C. Arden Pope III, Ph.D., Majid Ezzati, Ph.D., and Douglas W. Dockery, Sc.D.

RESULTS

A decrease of 10 μg per cubic meter in the concentration of fine particulate matter was associated with an estimated increase in mean ($\pm\text{SE}$) life expectancy of 0.61 ± 0.20 year ($P=0.004$). The estimated effect of reduced exposure to pollution on life expectancy was not highly sensitive to adjustment for changes in socioeconomic, demographic, or proxy variables for the prevalence of smoking or to the restriction of observations to relatively large counties. Reductions in air pollution accounted for as much as 15% of the overall increase in life expectancy in the study areas.

CONCLUSIONS

A reduction in exposure to ambient fine-particulate air pollution contributed to significant and measurable improvements in life expectancy in the United States.

N Engl J Med 2009;360:376-86.

PM_{2,5} et espérance de vie

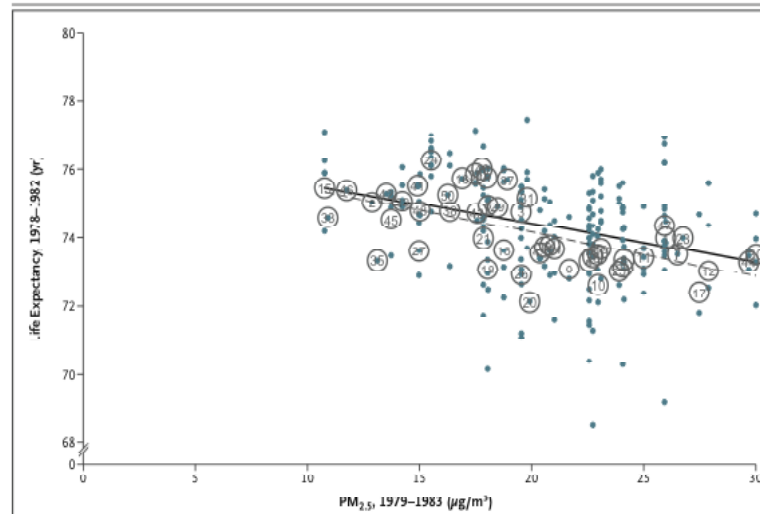


Figure 2. Cross-Sectional Life Expectancies for 1978–1982, Plotted against PM_{2.5} Concentrations for 1979–1983.

Dots and circles labeled with numbers represent population-weighted mean life expectancies at the county level and the metropolitan area level, respectively. The solid and broken lines represent regression lines with the use of county-level and metropolitan-area-level observations, respectively. The metropolitan areas are coded by number as follows: 1 — Akron, Ohio; 2 — Albuquerque, New Mexico; 3 — Allentown, Pennsylvania; 4 — Atlanta; 5 — Boise, Idaho; 6 — Boston; 7 — Buffalo, New York; 8 — Charlotte, North Carolina; 9 — Charleston, West Virginia; 10 — Chicago; 11 — Cincinnati; 12 — Cleveland; 13 — Dallas; 14 — Dayton, Ohio; 15 — Denver; 16 — El Paso, Texas; 17 — Gary, Indiana; 18 — Houston; 19 — Indianapolis; 20 — Jersey City, New Jersey; 21 — Kansas City, Missouri; 22 — Little Rock, Arkansas; 23 — Los Angeles; 24 — Minneapolis; 25 — New York City; 26 — Norfolk, Virginia; 27 — Oklahoma City; 28 — Philadelphia; 29 — Phoenix, Arizona; 30 — Pittsburgh; 31 — Portland, Oregon; 32 — Providence, Rhode Island; 33 — Pueblo, Colorado; 34 — Raleigh, North Carolina; 35 — Reno, Nevada; 36 — St. Louis; 37 — San Diego, California; 38 — San Francisco; 39 — Salt Lake City; 40 — San Jose, California; 41 — Seattle; 42 — Spokane, Washington; 43 — Springfield, Massachusetts; 44 — Steubenville, Ohio; 45 — Tampa, Florida; 46 — Topeka, Kansas; 47 — Washington, D.C.; 48 — Wichita, Kansas; 49 — Wilmington, Delaware; 50 — Worcester, Massachusetts; 51 — Youngstown, Ohio. PM_{2.5} denotes particulate matter with an aerodynamic diameter less than or equal to 2.5 µm.



RISQUE ATTRIBUABLE

Lorsque les particules en suspension augmentent de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, on observe une augmentation de la mortalité totale de 6% et la mortalité spécifique de cause cardio-circulatoire de 10%

En France, on considère que la pollution atmosphérique entraîne un excès annuel de décès compris entre 600 et 1000 pour les villes de plus de 250.000 habitants

Selon toute vraisemblance, la sensibilité aux agents de la pollution atmosphérique varie d'un individu à une autre, particulièrement selon son état de santé

L'analyse historique des données aux Etats-Unis montre un allongement de l'espérance de vie corrélée à la baisse des concentrations en particules

Amélioration de la qualité de l'air et espérance de vie

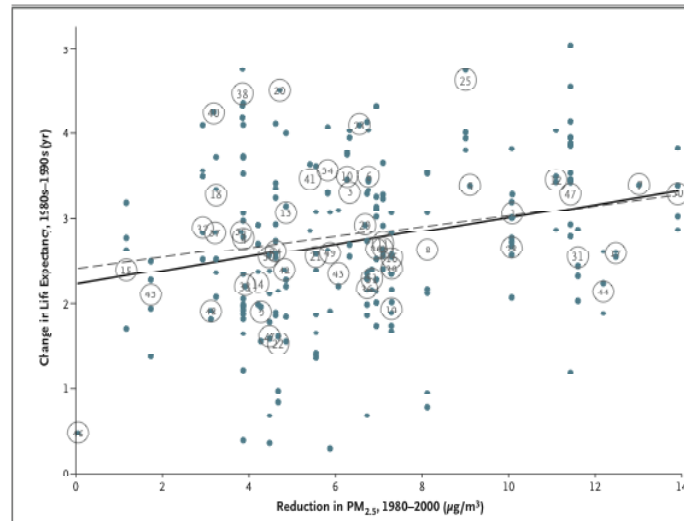


Figure 4. Changes in Life Expectancy for the 1980s–1990s, Plotted against Reductions in $PM_{2.5}$ Concentrations for 1980–2000.

Dots and circles labeled with numbers represent changes in population-weighted mean life expectancies at the county level and metropolitan area level, respectively. The solid and broken lines represent regression lines with the use of county-level and metropolitan area-level observations, respectively. The metropolitan areas are coded by number as follows: 1 — Akron, Ohio; 2 — Albuquerque, New Mexico; 3 — Allentown, Pennsylvania; 4 — Atlanta; 5 — Boise, Idaho; 6 — Boston; 7 — Buffalo, New York; 8 — Charlotte, North Carolina; 9 — Charleston, West Virginia; 10 — Chicago; 11 — Cincinnati; 12 — Cleveland; 13 — Dallas; 14 — Dayton, Ohio; 15 — Denver; 16 — El Paso, Texas; 17 — Gary, Indiana; 18 — Houston; 19 — Indianapolis; 20 — Jersey City, New Jersey; 21 — Kansas City, Missouri; 22 — Little Rock, Arkansas; 23 — Los Angeles; 24 — Minneapolis; 25 — New York City; 26 — Norfolk, Virginia; 27 — Oklahoma City; 28 — Philadelphia; 29 — Phoenix, Arizona; 30 — Pittsburgh; 31 — Portland, Oregon; 32 — Providence, Rhode Island; 33 — Pueblo, Colorado; 34 — Raleigh, North Carolina; 35 — Reno, Nevada; 36 — St. Louis; 37 — San Diego, California; 38 — San Francisco; 39 — Salt Lake City; 40 — San Jose, California; 41 — Seattle; 42 — Spokane, Washington; 43 — Springfield, Massachusetts; 44 — Steubenville, Ohio; 45 — Tampa, Florida; 46 — Topeka, Kansas; 47 — Washington, U.C.; 48 — Wichita, Kansas; 49 — Wilmington, Delaware; 50 — Worcester, Massachusetts; 51 — Youngstown, Ohio. $PM_{2.5}$ denotes particulate matter with an aerodynamic diameter less than or equal to $2.5 \mu m$.

