



# **Pollution atmosphérique et santé Vraies et fausses idées**

Dr Gilles DIXSAUT

Comité francilien contre les maladies respiratoires.  
Association pour la prévention de la pollution atmosphérique.

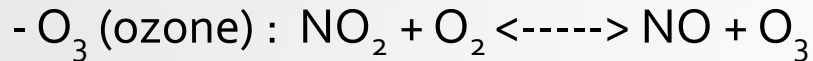
# Les polluants en cause

## POLLUANTS PRIMAIRES (directement issus des sources de pollution)

- NO<sub>x</sub> : monoxyde (NO) et dioxyde (NO<sub>2</sub>)
- PM<sub>10</sub> : particules de diamètre inférieur à 10 µm
- PM<sub>2,5</sub> : particules de diamètre inférieur à 2,5 µm
- PM<sub>0,1</sub> et inférieures : nanoparticules
- SO<sub>2</sub> : dioxyde de soufre
- NH<sub>3</sub> : ammoniac
- COV : composés organiques volatils (benzène, formaldéhyde,...)
- CO : monoxyde de carbone
- HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques (ex: benzo(a)pyrène,...)
- ...

# Les polluants en cause (2)

**POLLUANTS SECONDAIRES** : résultent d'une transformation, notamment par les UV, ou d'une action des polluants primaires



- Particules : (*à la fois polluants primaires et secondaires*) : plus le diamètre est petit plus le rapport surface/masse est élevé, plus l'effet inflammatoire augmente. Plus le diamètre est petit plus le nombre augmente à masse égale, donc l'interaction avec les pollens.

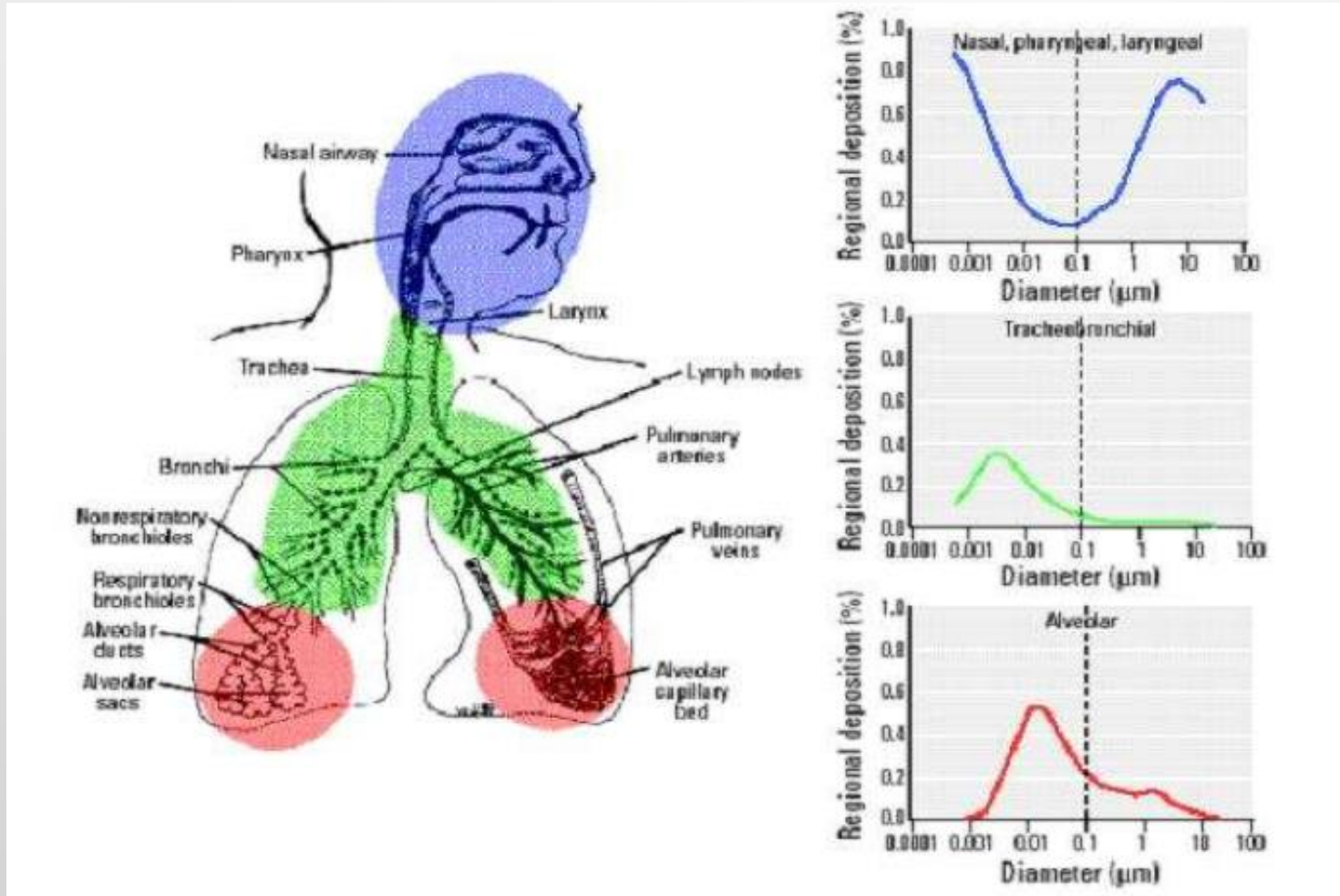
- A masse égale, les PM<sub>1.0</sub> sont 10 000 fois plus réactives que les PM<sub>10</sub> et leur nombre est 10<sup>6</sup> fois plus important. Donc la mesure en masse des particules est un non sens physique et biologique, surtout pour les grosses particules (PM 10 qui sont d'un intérêt mineur).

- acides (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>,...) [pluies acides,...]

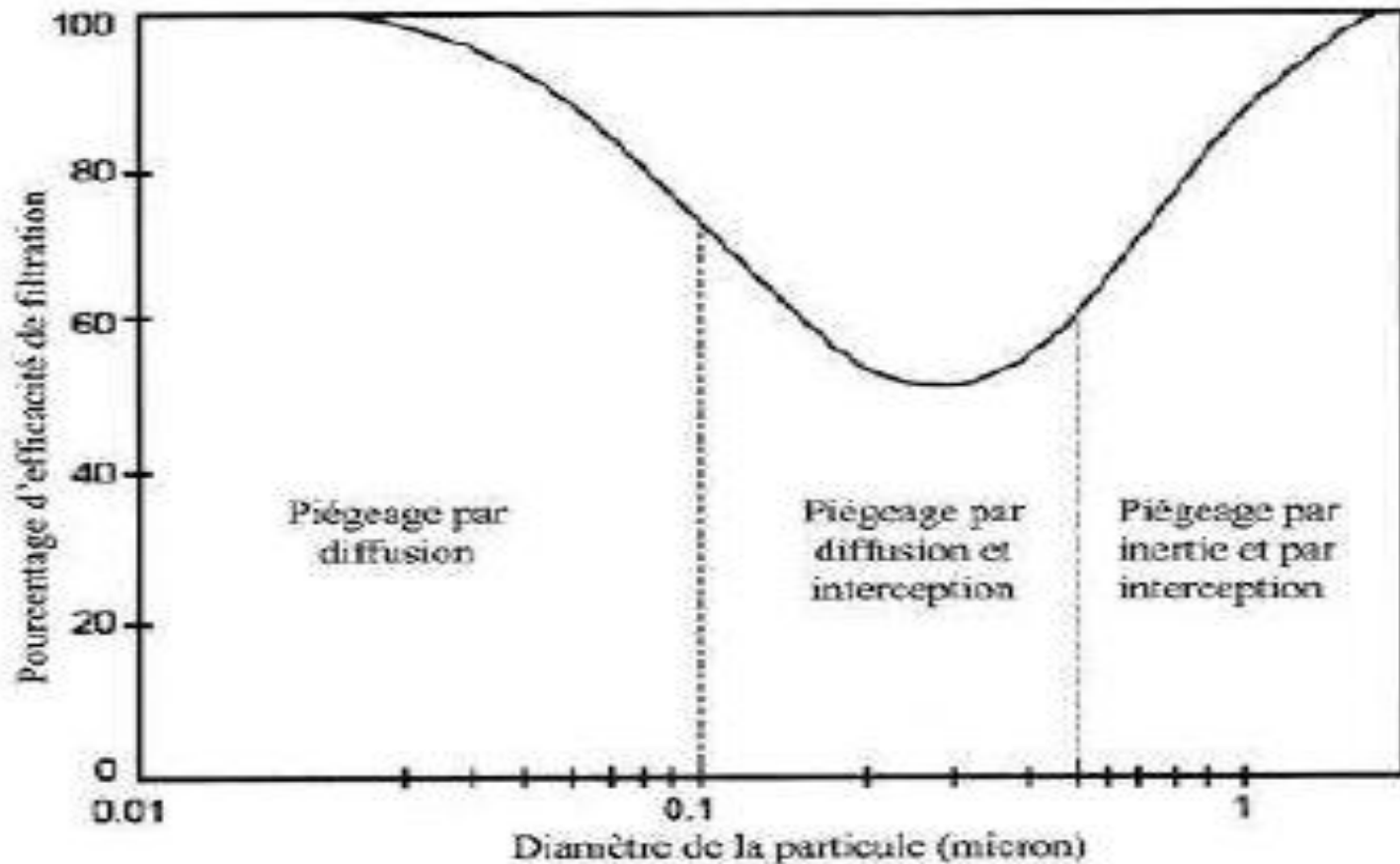
- aldéhydes, irritants et cancérogènes

- cétones ....

# Déposition des particules en fonction de leur taille

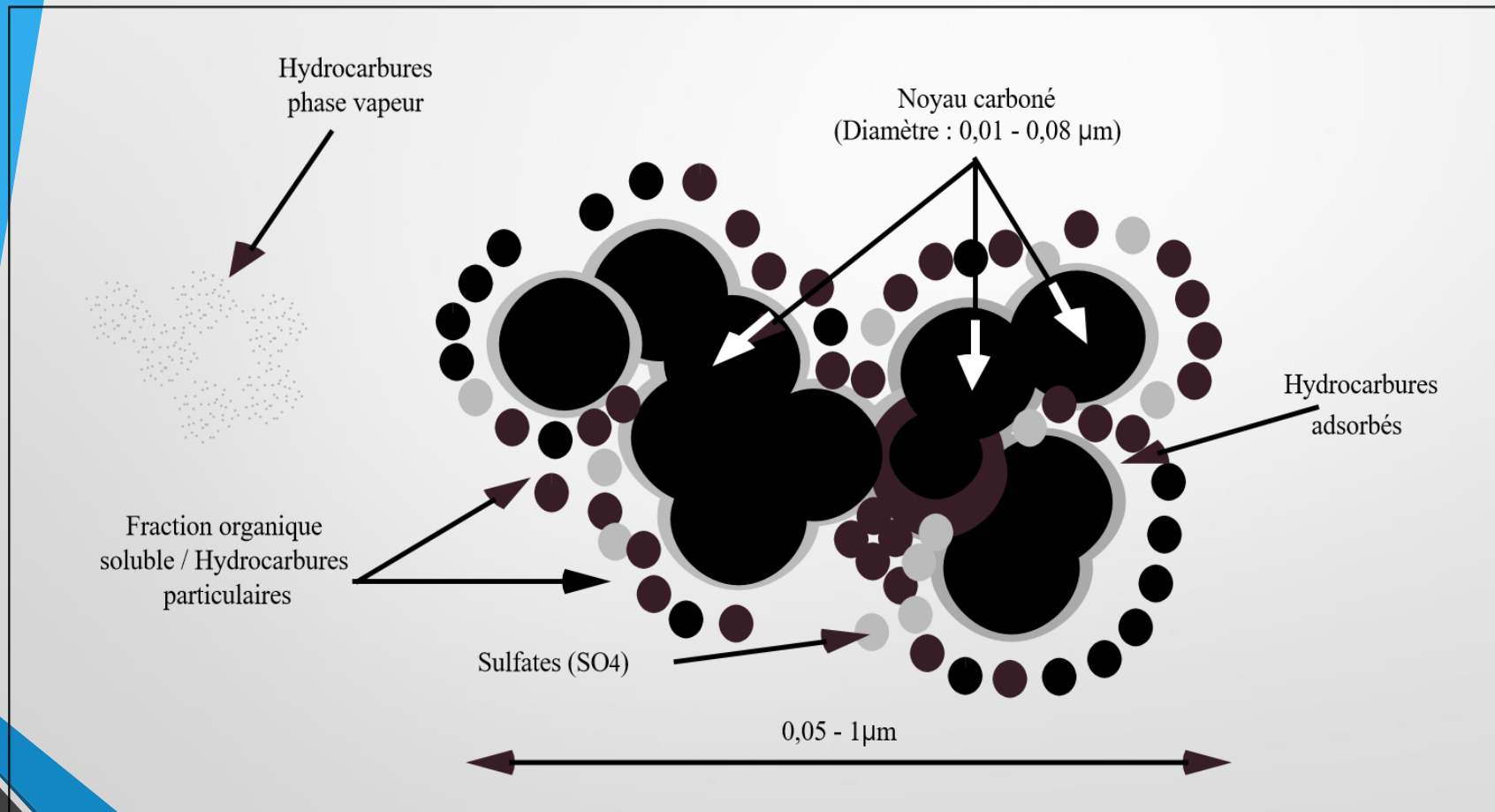


# Inhalation des particules dans l'arbre respiratoire



- Au dessus d'un diamètre de 2  $\mu\text{m}$  les particules ne pénètrent quasiment plus dans les poumons, ni en dessous de 30 nm (0,03  $\mu\text{m}$ ).
- En dessous de 30 nm elles peuvent suivre un autre chemin.

# Agrégat de particules diesel



# Association of Changes in Air Quality With Bronchitic Symptoms in Children in California, 1993-2012

Kiros Berhane, PhD<sup>1</sup>; Chih-Chieh Chang, PhD<sup>1</sup>; Rob McConnell, MD<sup>1</sup>; W. James Gauderman, PhD<sup>1</sup>; Edward Avol, MS<sup>1</sup>; Ed Rapaport, MPH<sup>1</sup>; Robert Urman, PhD<sup>1</sup>; Fred Lurmann, MS<sup>2</sup>; Frank Gilliland, MD, PhD<sup>1</sup>

*JAMA*. 2016;315(14):1491-1501. doi:10.1001/jama.2016.3444.

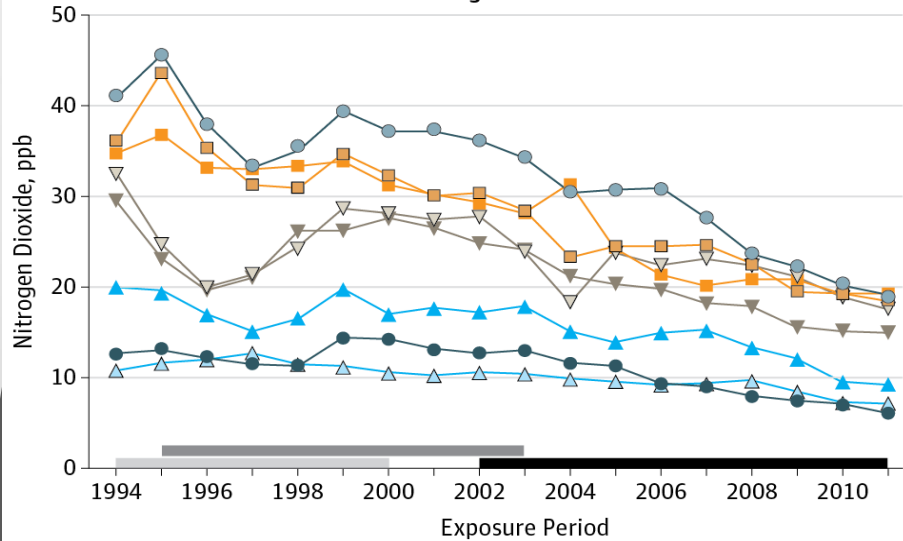
Etude longitudinale incluant 4602 enfants de 5 à 18 ans dans 3 cohortes, conduite durant les années 1993-2001, 1996-2004, et 2003-2012, dans 8 villes du sud de la Californie.

Cette étude compare la prévalence des symptômes de toux chronique ou d'irritation chronique des bronches au cours des 12 derniers mois, en fonction des concentrations de NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>.

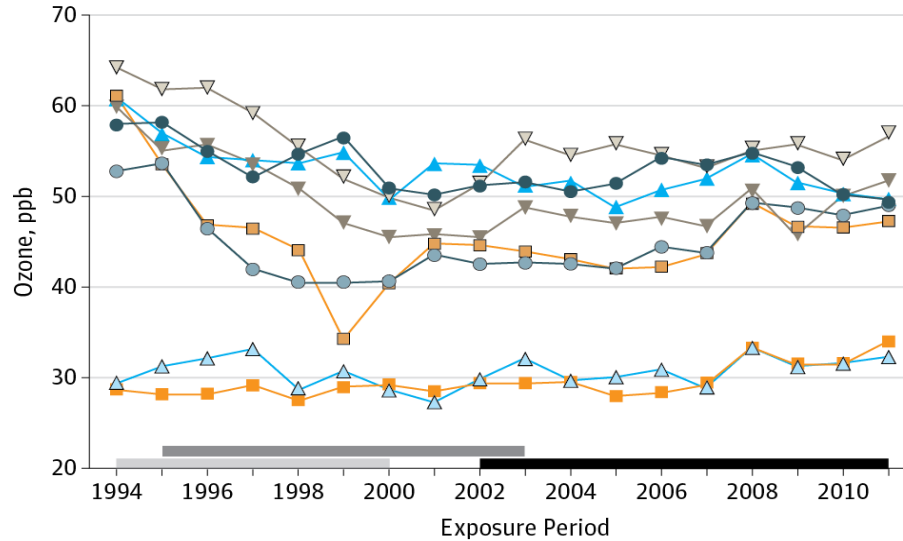
Deux sous classes sont individualisées : les enfants asthmatiques et les enfants non asthmatiques.



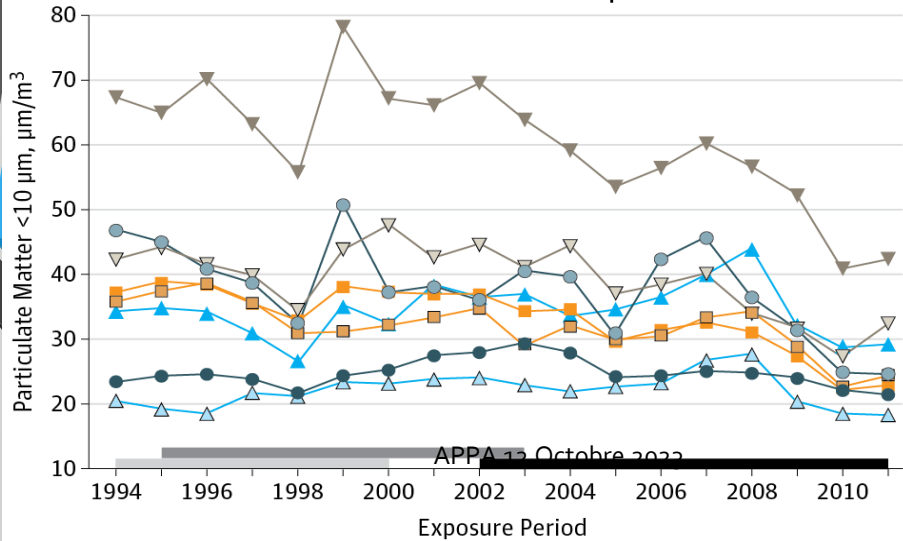
**Nitrogen dioxide**



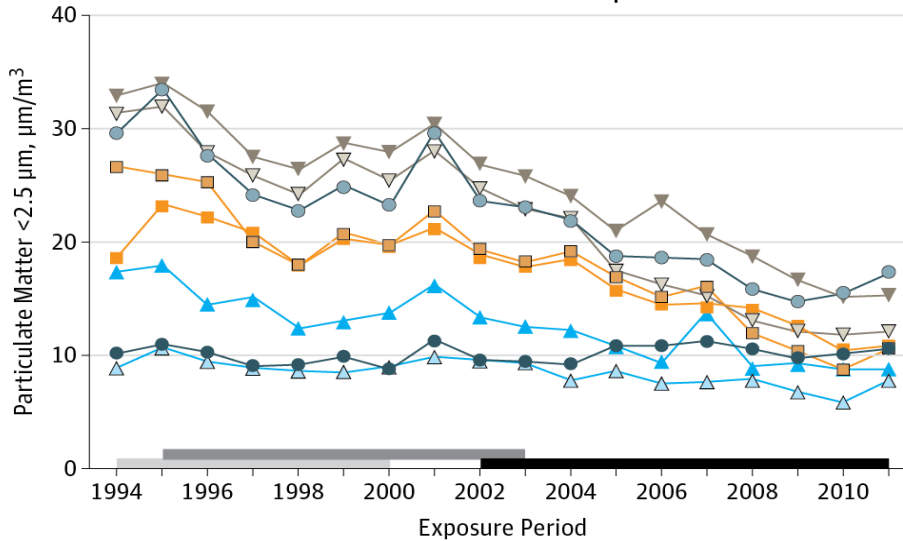
**Ozone**



**Particulate matter <10 µm**



**Particulate matter <2.5 µm**





# Résultats

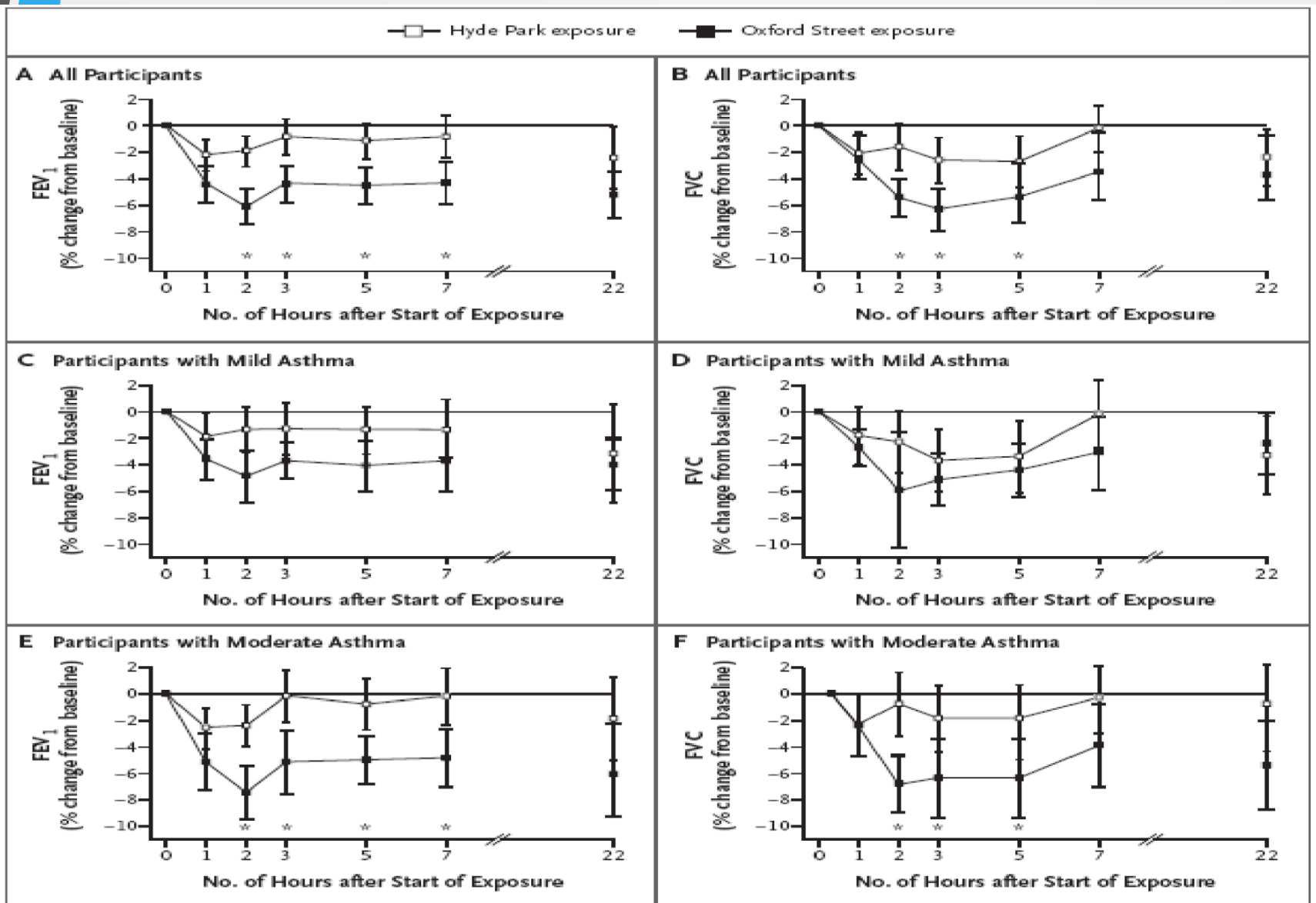
- Sur ces 3 cohortes, 19,4 % des enfants ont un asthme à l'âge de 10 ans.
- Pour le NO<sub>2</sub>, une réduction médiane de 4,9 ppb conduit chez les enfants asthmatiques à une diminution de la prévalence des symptômes 10,1 %.
- Pour l'ozone, une réduction médiane de 3,6 ppb conduit à une réduction de la prévalence de 16,3%.
- Pour les PM<sub>2,5</sub>, une réduction médiane de 6,8 µg/m<sup>3</sup>, conduit à une réduction de la prévalence de 15,4%.
- Chez les enfants non asthmatiques, les réductions de prévalence sont moindres : 1,8% pour le NO<sub>2</sub>, 1,7% pour l'ozone, 2.2% pour les PM<sub>10</sub>, et 2.3% pour les PM<sub>2.5</sub>.
- Ces associations sont retrouvées, et même plus fortes à l'âge de 15 ans.

# Expérience londonienne



- Comparaison des effets respiratoires de deux sorties de 2 heures à 3 semaines d'intervalle :
  - Oxford Street (section réservée bus et taxis)  
 $PM_{2,5} : 28,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – Nano :  $63,7 \cdot 10^3/\text{cm}^3$  -  $\text{NO}_2 : 142 \mu\text{g}/\text{m}^3$
  - Hyde Park (interdit aux voitures)  
 $PM_{2,5} : 11,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – Nano :  $18,3 \cdot 10^3/\text{cm}^3$  -  $\text{NO}_2 : 21,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 2 groupes d'asthmatiques légers(31) et modérés (29)
  - Dégradation significative de la fonction respiratoire dans Oxford Street
  - Marqueurs biologiques d'inflammation broncho-pulmonaire

McCreanor, J., et al., Respiratory Effects of Exposure to Diesel Traffic in Persons with Asthma. N Engl J Med, 2007. 357(23): p. 2348-2358.



**Figure 1.** Mean Percent Changes in FEV<sub>1</sub> and FVC during and after Exposure on Oxford Street and in Hyde Park. Percent changes from initial values in the forced expiratory volume in 1 second (FEV<sub>1</sub>) and forced vital capacity (FVC) are shown for all the study participants (Panels A and B, respectively), those with mild asthma (Panels C and D, respectively), and those with moderate asthma (Panels E and F, respectively). Asterisks denote P<0.05 for the difference in values between Oxford Street and Hyde Park exposures. I bars represent 95% CI.

# Ambient Exposures to Diesel Traffic Particles and Cardio-Respiratory Outcomes in Healthy and in COPD Subjects: 'Oxford Street 2'

Sinharay R<sup>1</sup>, Barratt B<sup>2</sup>, Goward C<sup>1</sup>, Rocha JP<sup>1</sup>, Collins P<sup>1</sup>, J Gong<sup>3</sup>, Zhang J<sup>3</sup>, Kelly F<sup>2</sup>, Chung KF<sup>1</sup> & Cullinan P<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>National Heart and Lung Institute, Imperial College & Royal Brompton Hospital NIHR Biomedical Research Unit, London, UK

<sup>2</sup>Environmental Research Group, King's College, London, UK <sup>3</sup>

Division of Environmental Sciences & Policy, Dukes Global Health Institute, Duke University, NC USA.

ERS 2014

Funded by



# Two Contrasting Parts of Central London

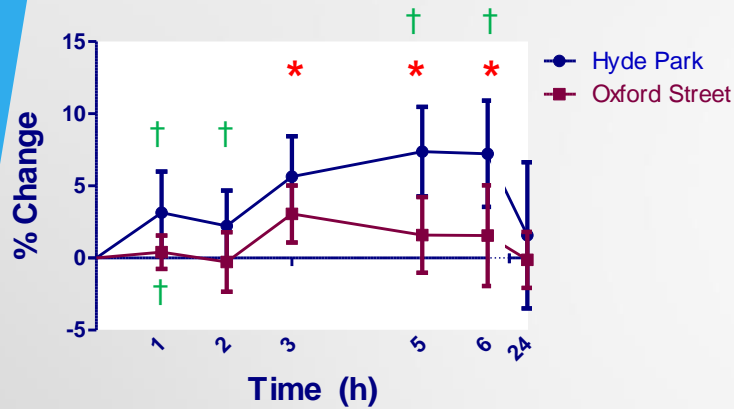


APPA 12 Octobre 2023

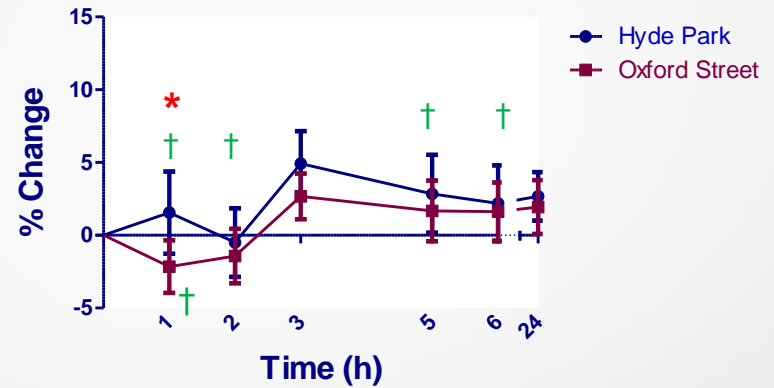
# Changes in FEV<sub>1</sub> and FVC

\*p<0.05 Oxford St vs. Hyde Park  
 † p<0.05 Healthy vs COPD

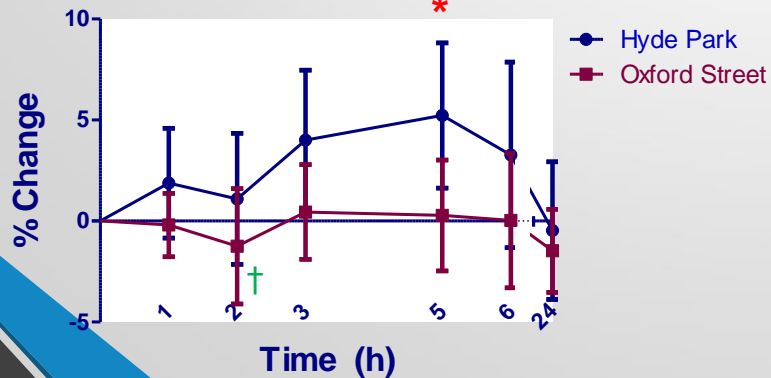
## FEV<sub>1</sub> Healthy



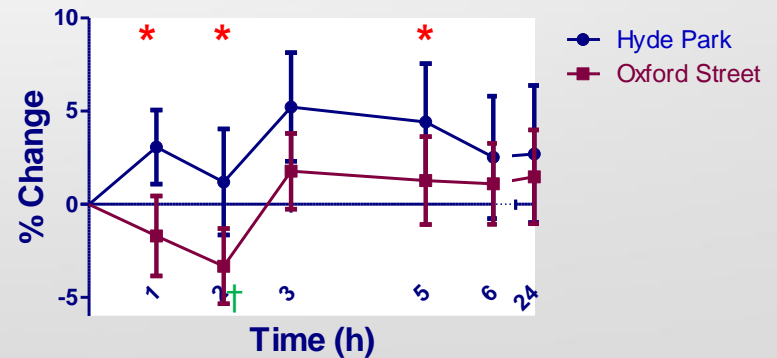
## FEV<sub>1</sub> COPD



## FVC Healthy



## FVC COPD



# Interactions entre pollution atmosphérique et maladies respiratoires

Cette interaction se fait selon 3 principaux mécanismes.

- La cancérogénèse, qui est le fait essentiellement des particules (notamment des particules recouvertes d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)) et aussi des composés organiques volatiles cancérogènes.
- La réaction inflammatoire des voies aériennes qui est le fait des irritants gazeux et aussi des particules, qui peut aussi participer à la cancérogénèse.
- L'interaction avec les pollens : d'une part par l'irritation des voies aériennes qui augmente la réactivité d'autre part par l'augmentation du nombre d'allergènes émis par les pollens (nombre de particules allergisantes).

# Maladies neurodégénératives

## Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson's disease, and multiple sclerosis: a population-based cohort study

- *Hong Chen, Jeffrey C Kwong, Ray Copes, Karen Tu, Paul J Villeneuve, Aaron van Donkelaar, Perry Hystad, Randall V Martin, Brian J Murray, Barry Jessiman, Andrew S Wilton, Alexander Kopp, Richard T Burnett*
- *Lancet 2017; 389: 718–26*

Cette étude réalisée au Canada sur deux cohortes totalisant plus de 6 millions de personnes, montre une corrélation négative très significative entre la distance au trafic routier et la survenue de démences.

Cette association est surtout observée chez les personnes résidant en ville et peu mobiles.

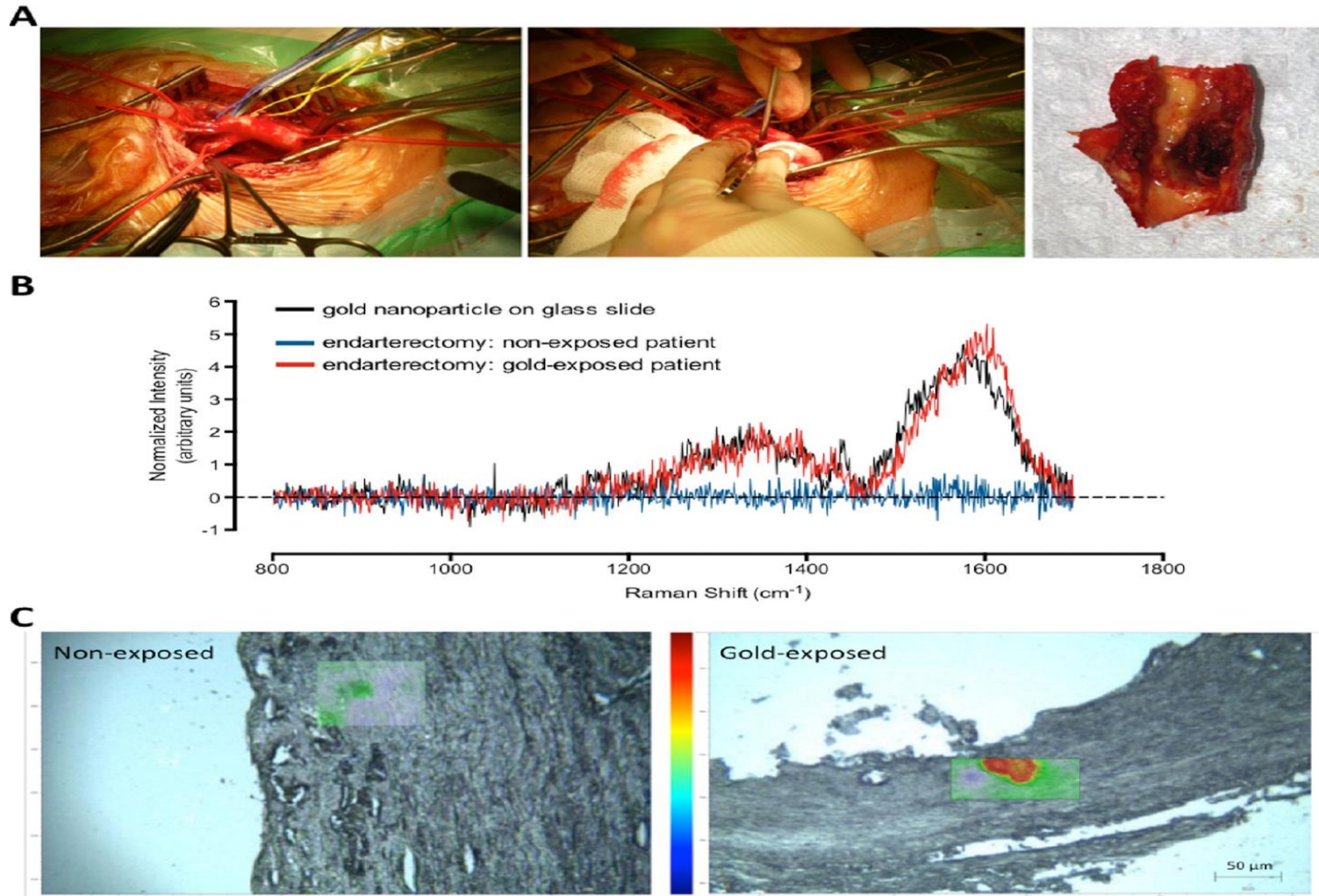
Pas de corrélation avec la survenue de la maladie de Parkinson ou de la sclérose en plaque .

Rôle possible des particules nanométriques passant à travers la lame ethmoïdale ou amenées par la circulation sanguine.

Nota : Très peu de véhicules diesel au Canada et grande mobilité de la population.



# Exposition homme et souris à des nanoparticules d'or



**Figure 6. Gold nanoparticle exposures in patients undergoing carotid endarterectomy. (A) Isolation of atherosclerotic plaque from the carotid artery. (B) Overlaid representative Raman spectroscopy spectra: black = silver-stained spark-generated gold nanoparticles on glass slide (no tissue); blue = silver-stained endarterectomy sample from nonexposed patient; and red = silver-stained endarterectomy sample from gold-exposed patient. (C) Visualization of gold in endarterectomy samples using heat-map of Raman intensity. Highlighted box within tissue denotes scanned area, with blue-green color representing baseline intensity (no gold) and red color showing high Raman intensity (gold particulate).**

# Conclusions relatives aux particules

- Les particules les plus préoccupantes pour les maladies respiratoires et cardiovasculaires sont celles de 80 à 400 nm (0,4  $\mu\text{m}$ ), car ce sont celles qui pénètrent le plus dans les poumons.
- La surface des particules est le facteur primordial qui définit leur réactivité avec les voies aériennes (inverse du carré du diamètre).
- Le nombre de particules est le facteur qui définit l'interaction avec les pollens et leur allergénicité (inverse du cube du diamètre), ainsi que les effets athérogènes **notamment les AVC ainsi que les maladies neurodégénératives.**

## Conclusions relatives aux particules 2

- La concentration massique des particules n'est pas un bon marqueur, on peut diviser par 100 cette concentration, mais si on divise le diamètre moyen par 10, la réactivité est égale, l'interaction avec les pollens multipliée par 10 et l'effet cardiovasculaire et sur les maladies neurodégénératives probablement augmenté.
- La phase vapeur de l'échappement des moteurs diesel ou du chauffage au bois contient des hydrocarbures semi volatils. A haute température ils sont en phase vapeur. A basse température, ils se condensent sous forme particulaire, notamment nano particulaire. En hiver ces hydrocarbures semi volatils participent à la pollution particulaire secondaire.

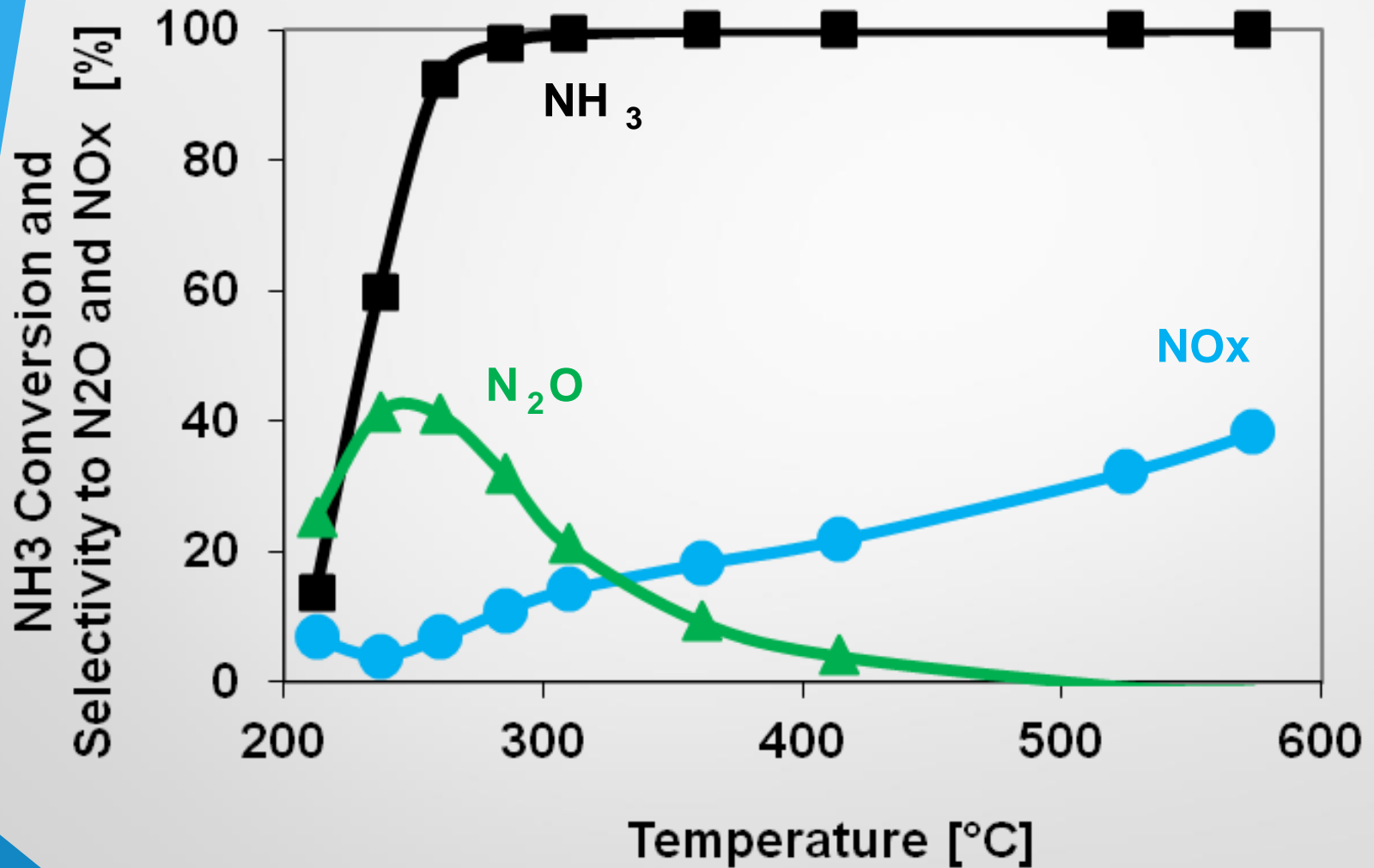
# Les moteurs essence à injection directe

- Cette technologie récente, issue des développements du diesel permet de réduire les consommations et les cylindrées, avec deux défauts : production de  $\text{NO}_2$  et de particules (de l'ordre de 1000 fois plus que les autres moteurs essence, diamètre moyen 80 nm).
- Ces moteurs étaient autorisés à émettre jusqu'en 2017 :  $6 \cdot 10^{12}$  particules au kilomètre (10 fois plus que les diesel).
- Les technologies de dépollution (préchambres d'injection, reconfigurations moteurs, adjonction d'une injection indirecte supplémentaire) se révèlent coûteuses ou peu efficaces (filtres à particules).
- La technique simple, efficace et peu coûteuse est de les faire tourner au gaz (Dacia et Renault ).
- Ces moteurs sont ceux qui émettent le plus de pollution particulaire ultrafine, ce sont pourtant ceux qui bénéficient de la vignette Crit Air n°1 réservée aux véhicules les plus vertueux. Ces particules sont cependant très différentes des particules diesel (peu ou pas d'HAP)

# SCR : la dépollution qui pollue !

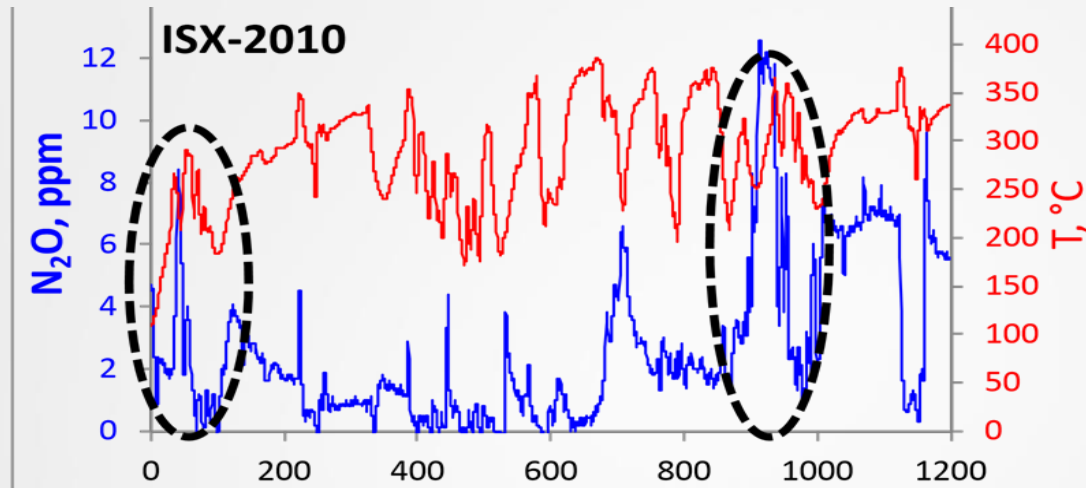
- Le principe : connu depuis les années 50 et appliqué à des installations industrielles fixes à régime constant, a été transposé à des véhicules diesel mobiles à régime variable.
- Réduction catalytique du  $\text{NO}_x$ , catalyseur à l'oxyde de tungstène ou vanadium en utilisant de l'ammoniac :  $\text{NH}_3$ .
- $4 \text{NH}_3 + 2\text{NO} + 2\text{NO}_2 \Rightarrow 4\text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ .
- L'ammoniac est obtenu par hydrolyse de l'urée (AdBlue) :  
 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$ .
- L'ammoniac excédentaire est éliminé par une catalyse d'oxydation  $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \Rightarrow 2\text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
- Comme toute réaction catalytique, **cela ne fonctionne que dans une plage de température précise : début de fonctionnement à  $190^\circ$  et fonctionnement optimum  $> 350^\circ$**

# SCR : la dépollution qui pollue (2)



$NH_3 = 100 \text{ ppm}, SV = 100 \text{ kh}^{-1}$

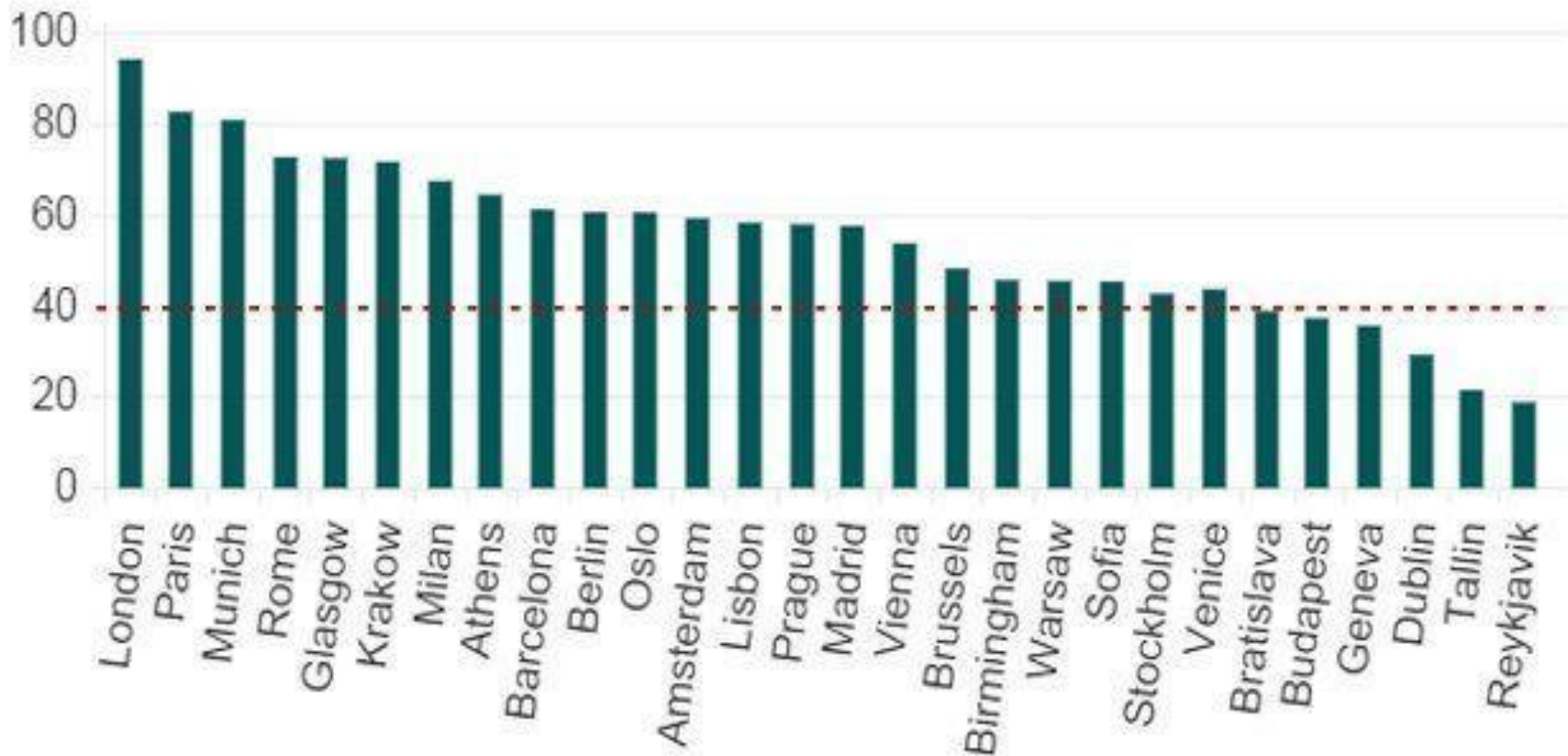
# SCR : la dépollution qui pollue (3)



- A basse température, on observe une émission de  $\text{NH}_3$ , qui avec le  $\text{NO}_2$  résiduel va produire des particules secondaires de nitrate d'ammonium.
- Les systèmes stop and start comme les hybrides diesel ne permettent pas en ville de maintenir en permanence la température de catalyse.
- A basse température et à haute température, production de  $\text{N}_2\text{O}$  : gaz **à effet de serre 298 fois plus délétère que le  $\text{CO}_2$** , ce qui remet en cause le bonus « effet de serre » du diesel.
- Le diesel est dans une impasse technologique, raison pour laquelle les constructeurs trichent pour être conformes à des normes d'émission, **dont l'objectif n'est pas la protection de la santé publique.**

## NO2 levels in major cities in Europe\*

ug/m<sup>3</sup>



--- EU legal limit = 40ug/m<sup>3</sup>

\*Highest readings across a number of measuring stations

Source: EEA





## Ces voitures qui polluent (beaucoup) plus que prévu...

Oxydes d'azote **NOx**

Ratio entre les émissions de véhicules Diesel mesurées en conditions réelles et la norme européenne

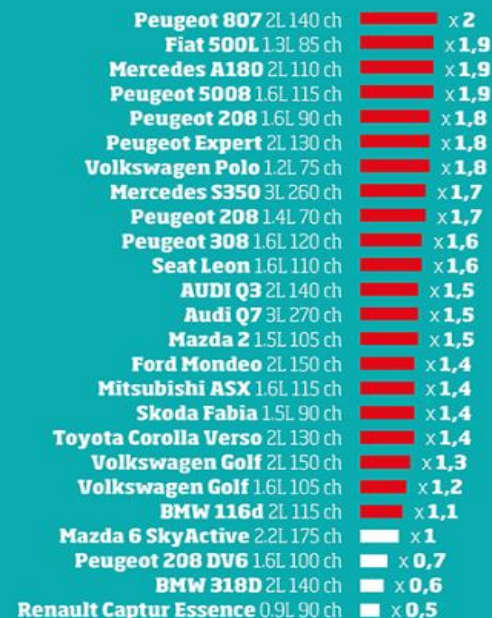
Source : Résultats de la Commission d'enquête Française sur les véhicules Diesel - 29 juillet 2016

 / fneasso

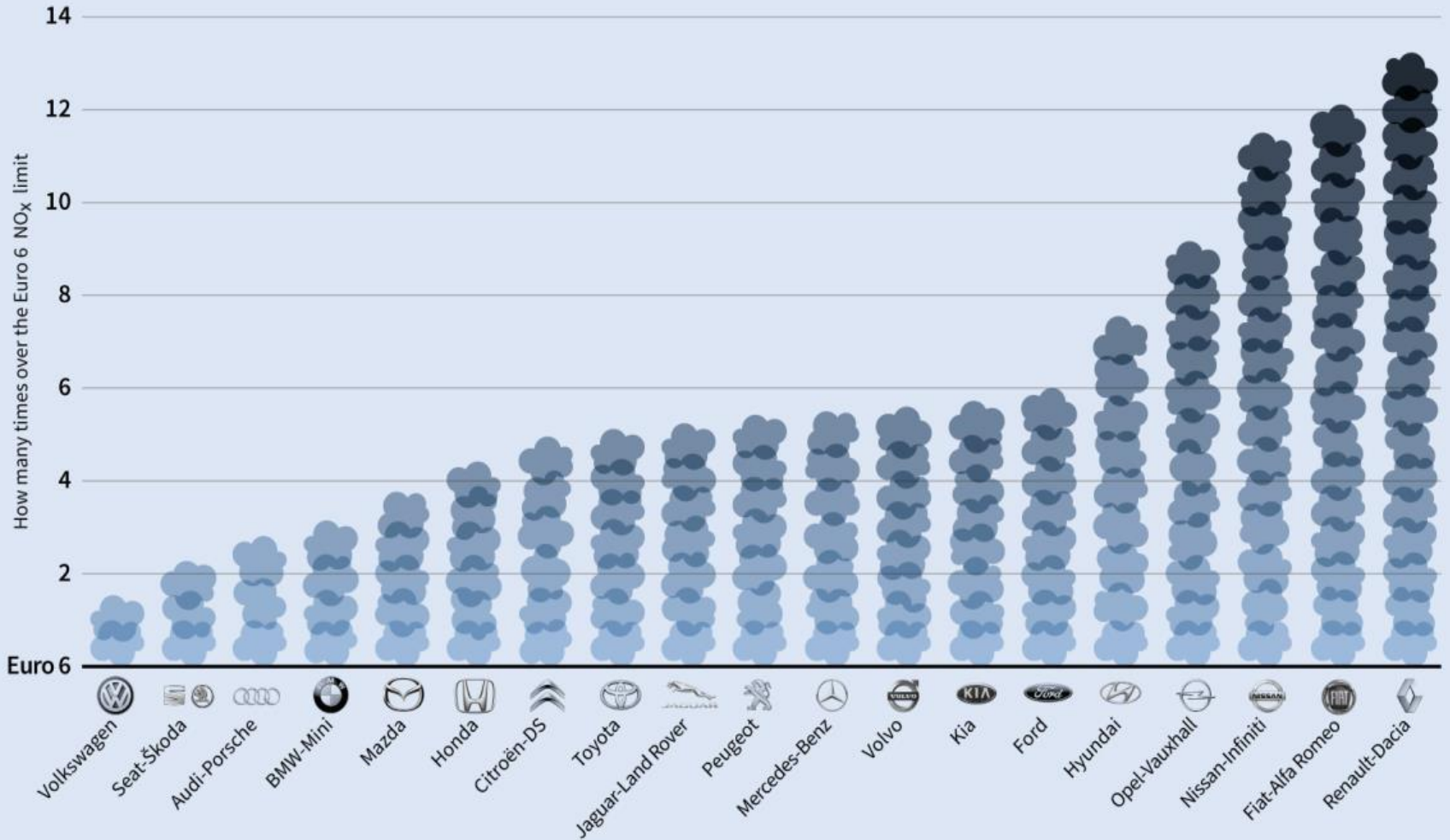
 / FranceNatureEnvironnement

 www.fne.asso.fr

MISE  
À JOUR  
SEPTEMBRE  
2016




# Above and beyond the legal NO<sub>x</sub> limits





Article

# Temporal Evolution of PM<sub>2.5</sub> Levels and COVID-19 Mortality in Europe for the 2020–2022 Period

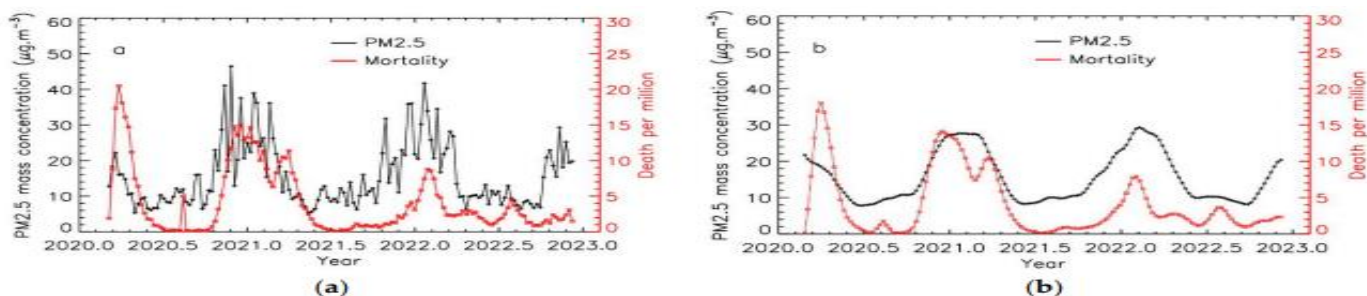
Jean-Baptiste Renard <sup>1,\*</sup>, Jérémy Surcin <sup>2</sup>, Isabella Annesi-Maesano <sup>3</sup>  and Eric Poincelet <sup>2</sup>

<sup>1</sup> LPC2E-CNRS, 3A Avenue de la Recherche Scientifique, CEDEX 2, F-45071 Orléans, France

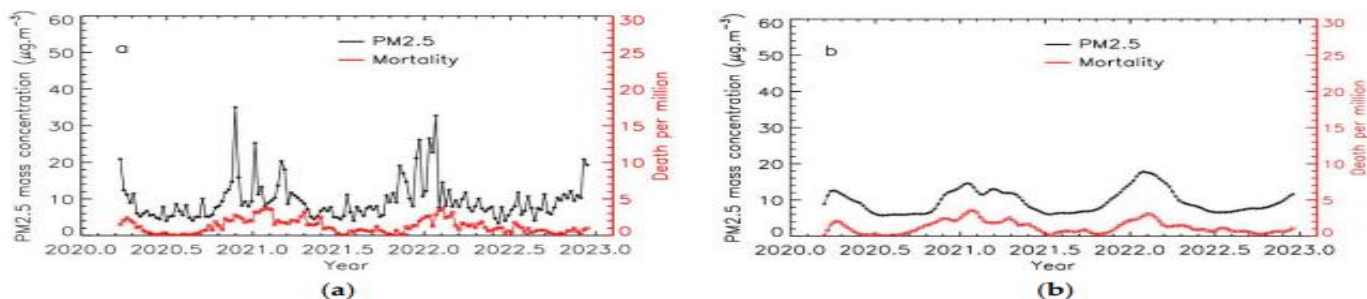
<sup>2</sup> Pollutrack, 5 rue Lespagnol, F-75020 Paris, France; jeremysurcin.pollutrack@protonmail.com (J.S.); e.poincelet@gmail.com (E.P.)

<sup>3</sup> Institute Desbrest of Epidemiology and Public Health, University of Montpellier and INSERM, Allergic and Respiratory Diseases Department, Montpellier University Hospital, Montpellier, IDESP IURC, 641 Avenue du Doyen Gaston Giraud, F-34093 Montpellier, France; isabella.annesi-maesano@inserm.fr

\* Correspondence: jean-baptiste.renard@cnrs-orleans.fr

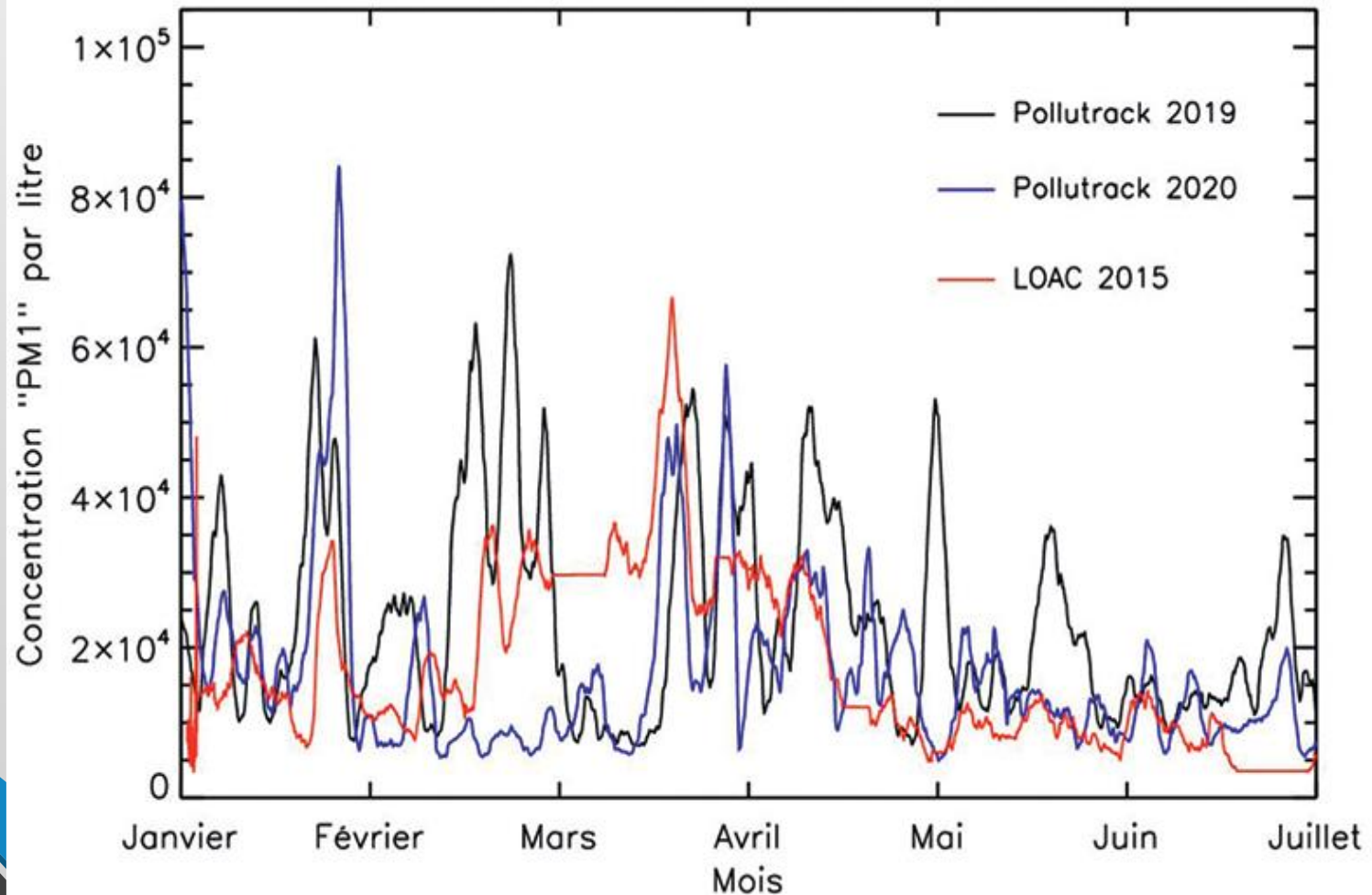


**Figure 1.** Time evolution of PM<sub>2.5</sub> levels and COVID-19 mortality for the Emilia-Romagna region exposed to high levels of pollution; (a) weekly integrated data; (b) weekly integrated data after applying the smoothing, integration, and shift procedure.



**Figure 2.** Time evolution of PM<sub>2.5</sub> levels and COVID-19 mortality for the Gironde region exposed to low levels of pollution; (a) weekly integrated data; (b) weekly integrated data after applying the smoothing, integration, and shift procedure.

# Pollution particulaire ultrafine (PM<sub>1</sub>) de janvier à juin 2020 à Paris



# Et le chauffage au bois



Le chauffage au bois représentait au plan national :

**56%** des émissions de PM 10 en 1990 et  
**74%** des émissions de PM 10 en 2020

**58%** des émissions de PM 2,5 en 1990 et  
**75%** des émissions de PM 2,5 en 2020

**61%** des émissions de PM 1 en 1990 et  
**76%** des émissions de PM 1 en 2020.

# Et le chauffage au bois (2)



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



## Review

A review of the physicochemical characteristics of ultrafine particle emissions from domestic solid fuel combustion during cooking and heating

Abidemi Kuye<sup>a</sup>, Prashant Kumar<sup>a,b,\*</sup>

<sup>a</sup> Global Centre for Clean Air Research (GCARE), School of Sustainability, Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Physical Sciences, University of Surrey, Guildford GU2 7XH, United Kingdom

<sup>b</sup> Institute for Sustainability, University of Surrey, Guildford GU2 7XH, Surrey, United Kingdom



- Over 90 % of the total PNC emitted from domestic combustion is UFPs.
- Fuel quality and combustion conditions impact UFP chemical composition and biological effects.
- UFPs from wood log combustion are usually more biologically active than pellet.
- Improved cookstoves reduce 35–65%PM2.5 concentration but increase UFPs by two-fold.
- Research on UFPs and gaseous emissions from DEFRA approved heat stoves is needed.



# Merci pour votre attention.

*Dr Gilles DIXSAUT*

*Comité francilien contre les maladies respiratoires*

[gilles.dixsaut@free.fr](mailto:gilles.dixsaut@free.fr)

<http://www.lesouffle-idf.org>