



MIEUX RESPIRER C'EST ÇA L'IDÉE!!



Strasbourg.eu
eurométropole

Conférence citoyenne
« Santé, climat, quelles solutions de mobilité pour
améliorer la qualité de l'air ? »

Vos propositions pour la mise en œuvre
de la Zone à Faibles Emissions



La ZFE facteur d'amélioration
pour la santé publique et l'environnement

Bienvenue
au premier atelier de la conférence citoyenne !

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)

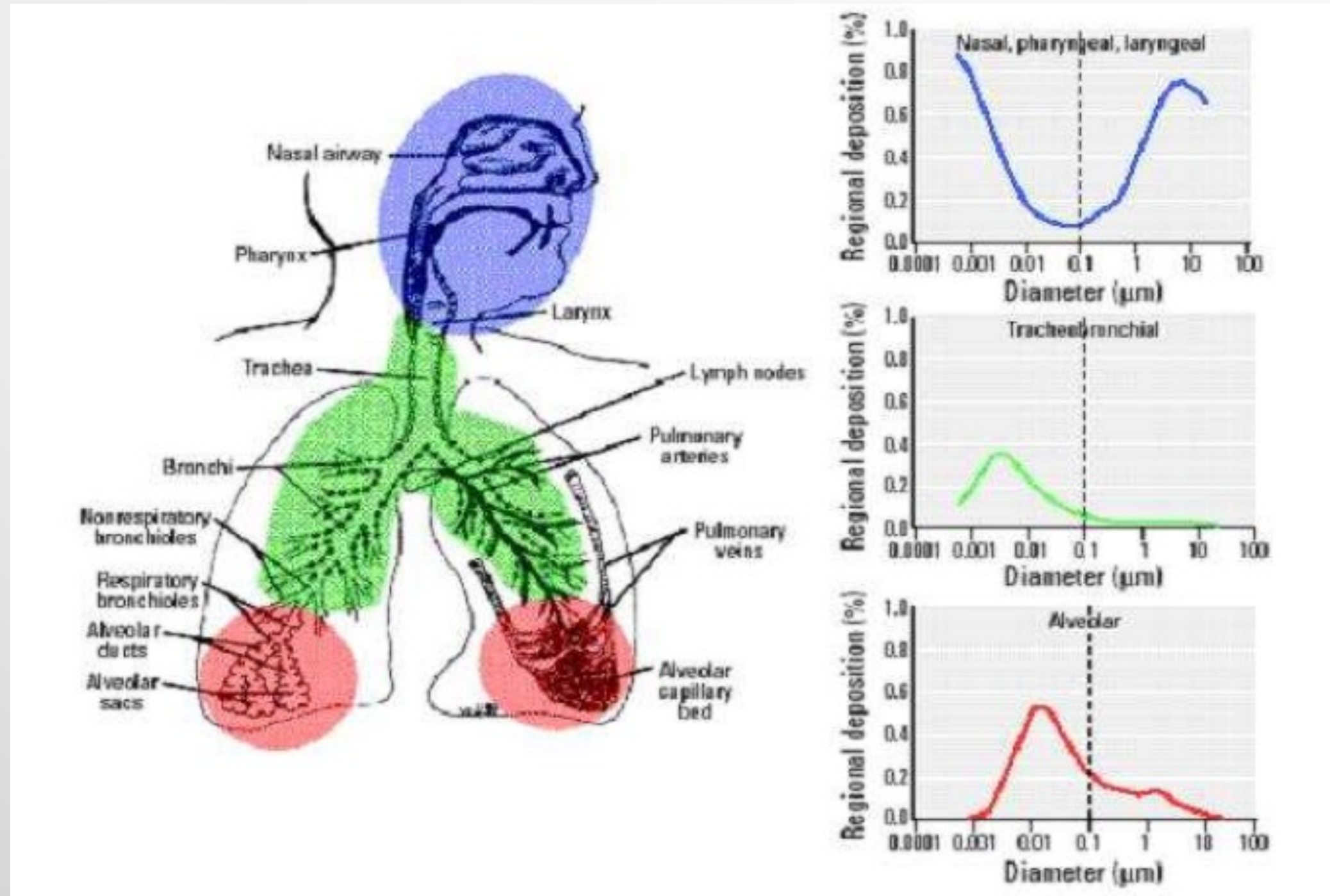
- NO_x : monoxyde (NO) dioxyde (NO₂) et protoxyde d'azote (N₂O)
- PM₁₀ : particules de diamètre inférieur à 10 µm
- PM_{2,5} : particules de diamètre inférieur à 2,5 µm
- PM_{0,1} et inférieures : nanoparticules
- SO₂ : dioxyde de soufre
- NH₃ : ammoniac
- COV : composés organiques volatils (benzène, 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

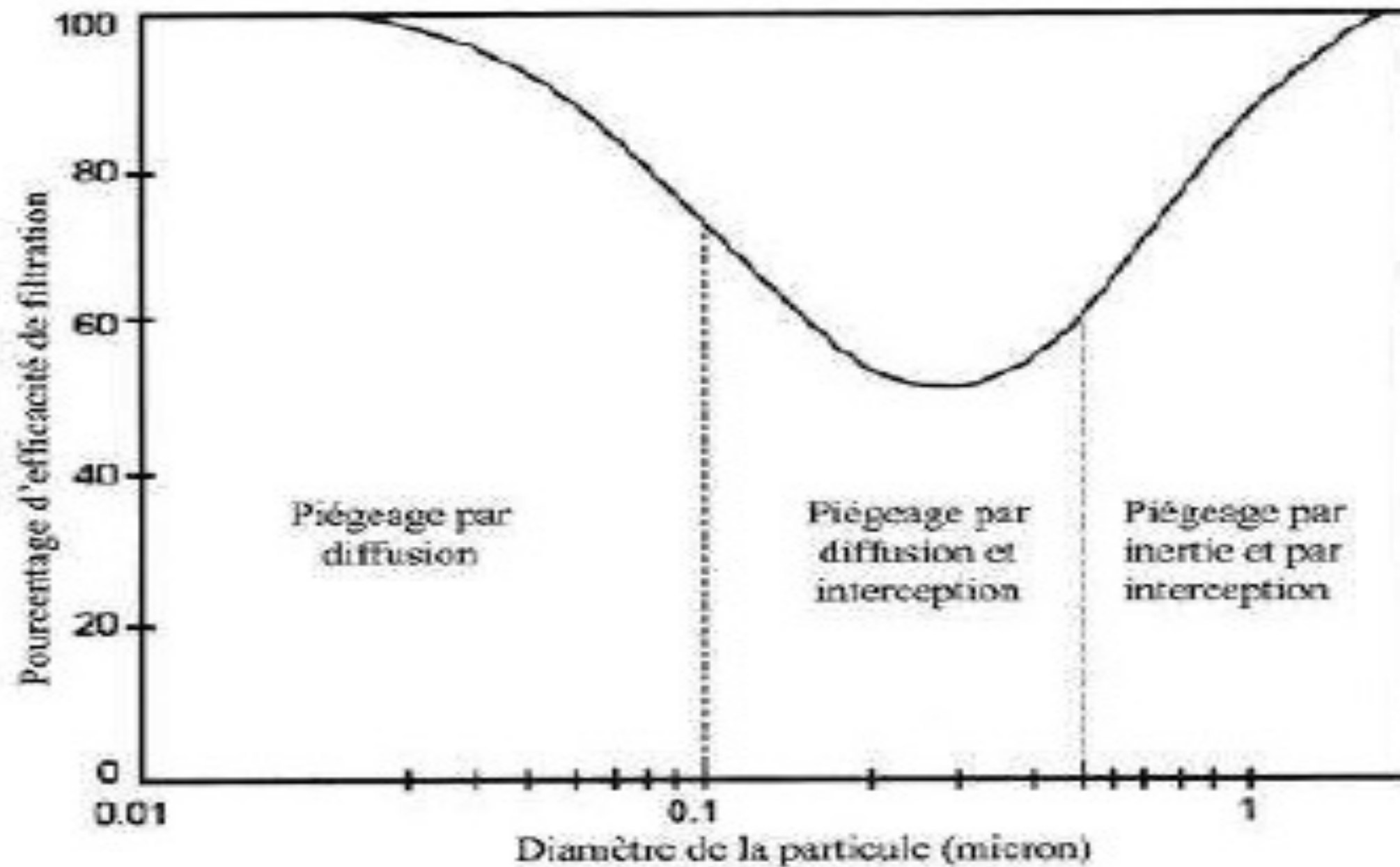
- O₃ (ozone) : $\text{NO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{O}_3$
- Particules (*à la fois polluants primaires et secondaires*) : plus le diamètre est petit plus le rapport surface/masse est élevé, plus l'effet inflammatoire augmente. Plus le diamètre est petit plus le nombre augmente à masse égale, donc l'interaction avec les pollens.
- A masse égale, les PM_{1.0} sont 10 000 fois plus réactives que les PM₁₀ et leur nombre est 10⁶ fois plus important.
- acides (H₂SO₄, HNO₃,...) [pluies acides,...]
- aldéhydes, irritants et cancérogènes
- cétones

Déposition des particules en fonction de leur taille



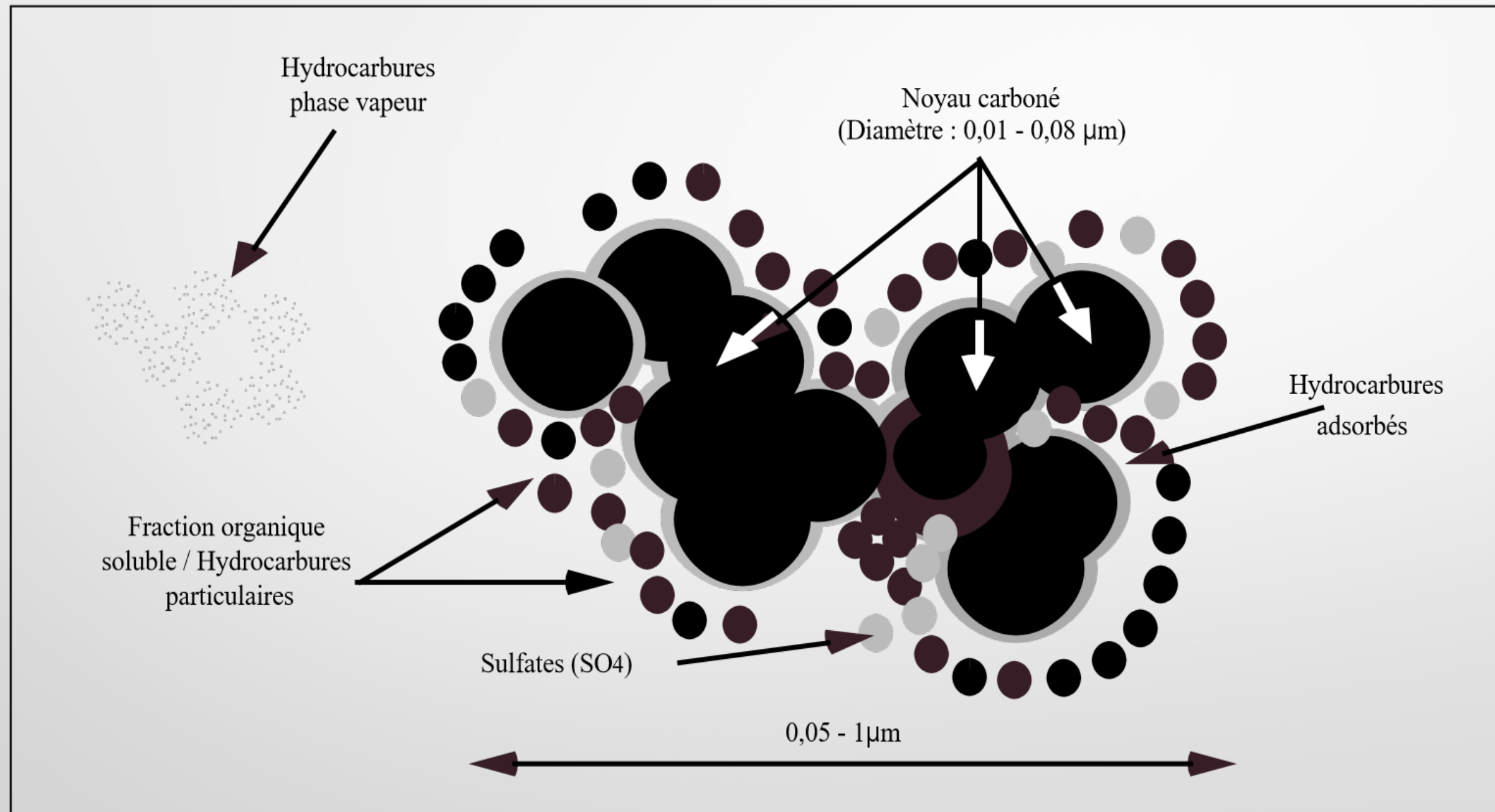
26 septembre 2019

Inhalation des particules dans l'arbre respiratoire



- Au dessus d'un diamètre de 2 μm les particules ne pénètrent quasiment plus dans les poumons, ni en dessous de 30 nm (0,03 μm).
- 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, PhD¹; Chih-Chieh Chang, PhD¹; Rob McConnell, MD¹; W. James Gauderman, PhD¹; Edward Avol, MS¹; Ed Rapaport, MPH¹; Robert Urman, PhD¹; Fred Lurmann, MS²; Frank Gilliland, MD, PhD¹

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 NO₂, O₃, PM₁₀ et PM_{2,5}.

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

Résultats

- Sur ces 3 cohortes, 19,4 % des enfants ont un asthme à l'âge de 10 ans.
- **Pour le NO₂**, une réduction médiane de 4,9 ppb conduit chez les enfants asthmatiques à une diminution de la prévalence de 10,1 % pour les symptômes.
- **Pour l'ozone**, une réduction médiane de 3,6 ppb conduit à une réduction de la prévalence de 16,3%.
- **Pour les PM_{2,5}**, une réduction médiane de 6,8 µg/m³, 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 NO₂, 1,7% pour l'ozone, 2.2% pour les PM₁₀, et 2.3% pour les PM_{2.5}.
- Ces associations sont semblables, voire 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 µg/m³ – Nano : 63,7 10³/cm³ - NO₂ : 142 µg/m³
 - Hyde Park (interdit aux voitures)
PM_{2,5} : 11,9 µg/m³ – Nano : 18,3 10³/cm³ - NO₂ : 21,7 µg/m³
- **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.

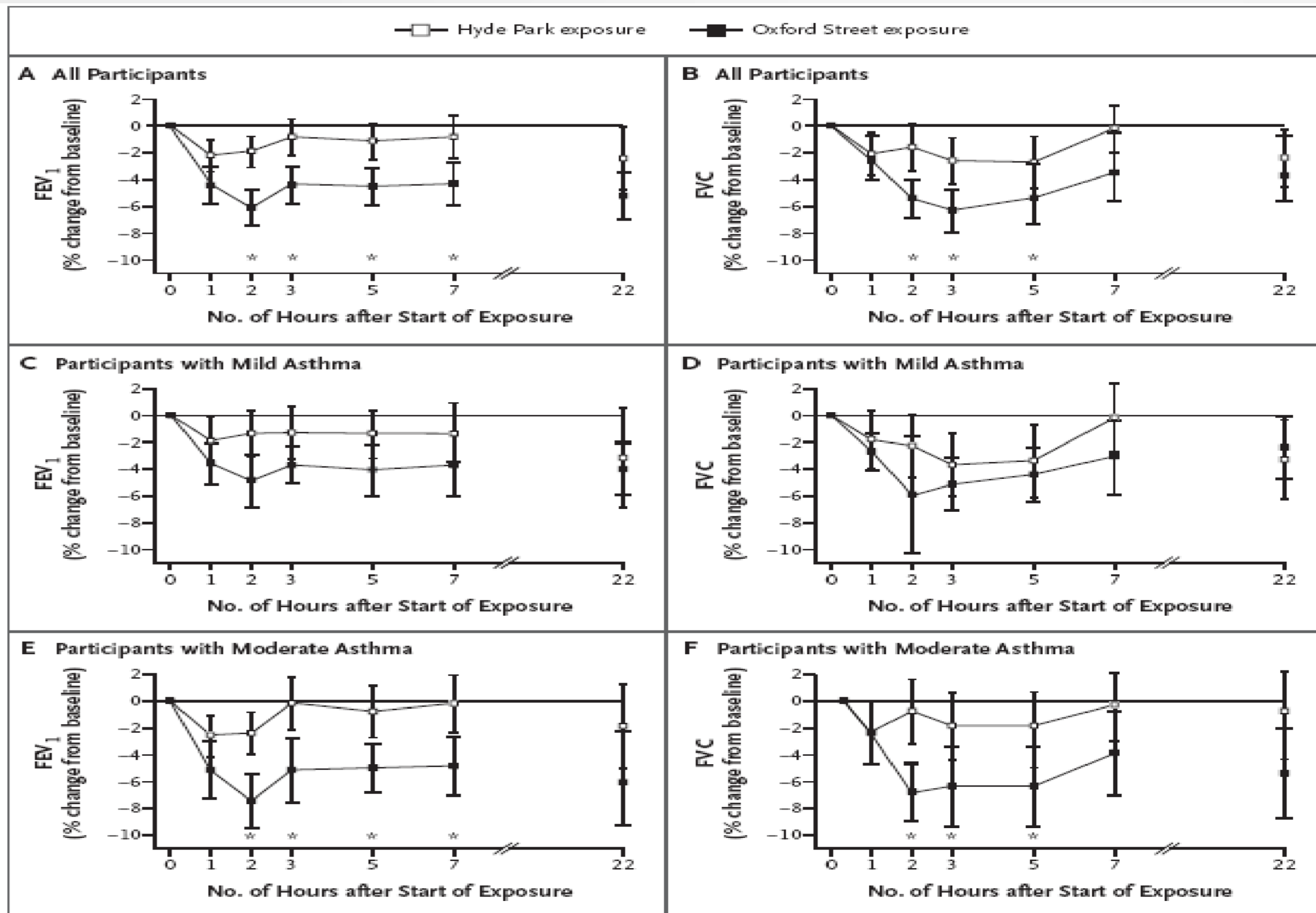


Figure 1. Mean Percent Changes in FEV₁ and FVC during and after Exposure on Oxford Street and in Hyde Park. Percent changes from initial values in the forced expiratory volume in 1 second (FEV₁) and forced vital capacity (FVC) are shown for all the study participants (Panels A and B, respectively), those 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.

Interactions entre pollution atmosphérique et maladies respiratoires

Cette interaction se fait selon 3 principaux mécanismes.

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

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.

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 et sur 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** 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.

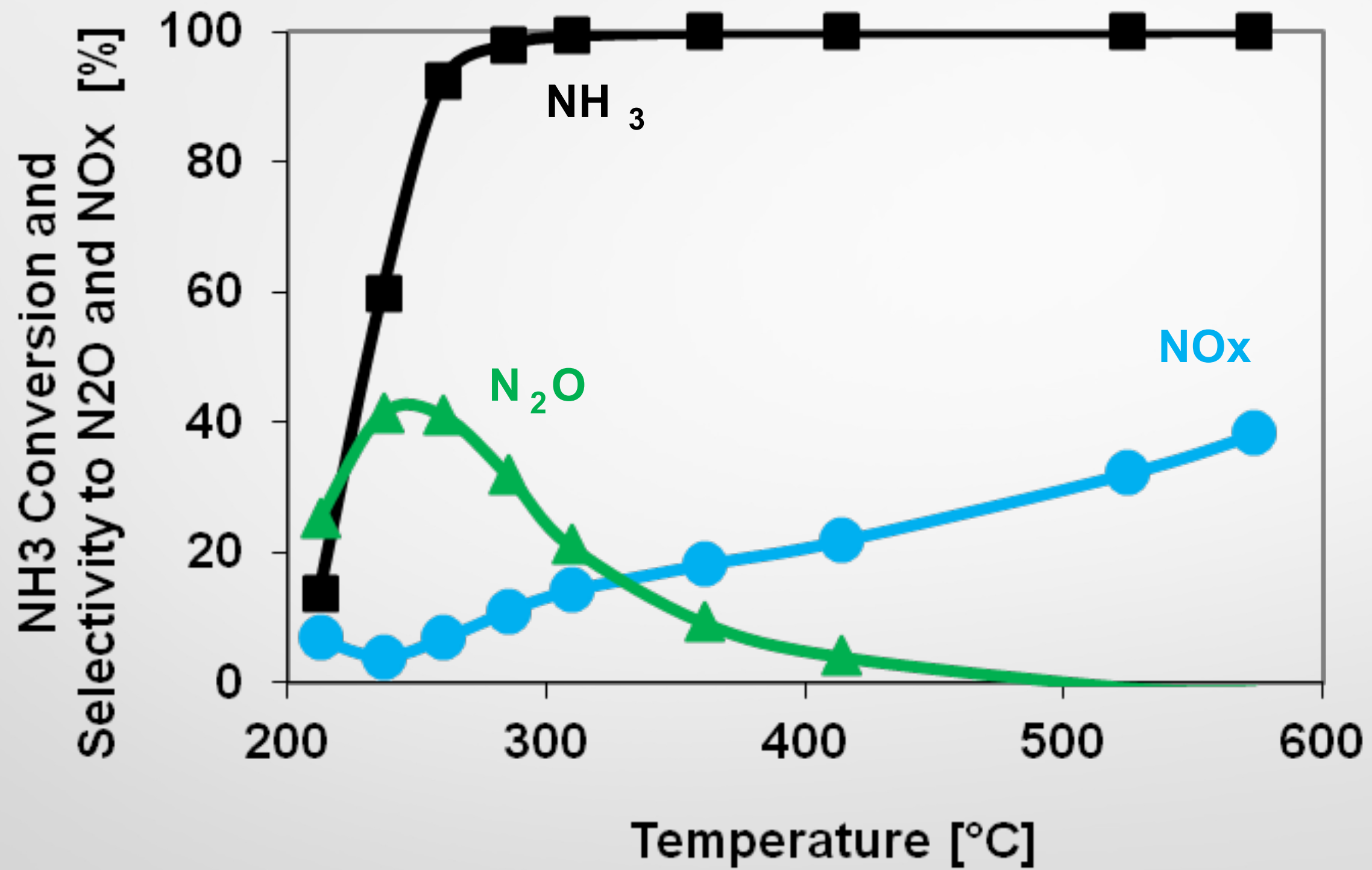
Les moteurs essence à injection directe

- **Cette technologie récente**, issue des développements du diesel permet de réduire les consommations et les cylindrées, avec deux défauts : production de 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** : 6×10^{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).

SCR : la dépollution qui pollue !

- Le principe : connu depuis les années 50 et appliqué à des installations industrielles fixes à régime constant, transposé à des véhicules diesel mobiles à régime variable.
- Réduction catalytique du NO_x , catalyseur à l'oxyde de tungstène ou vanadium en utilisant de l'ammoniac : 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 : $> 350^\circ$**

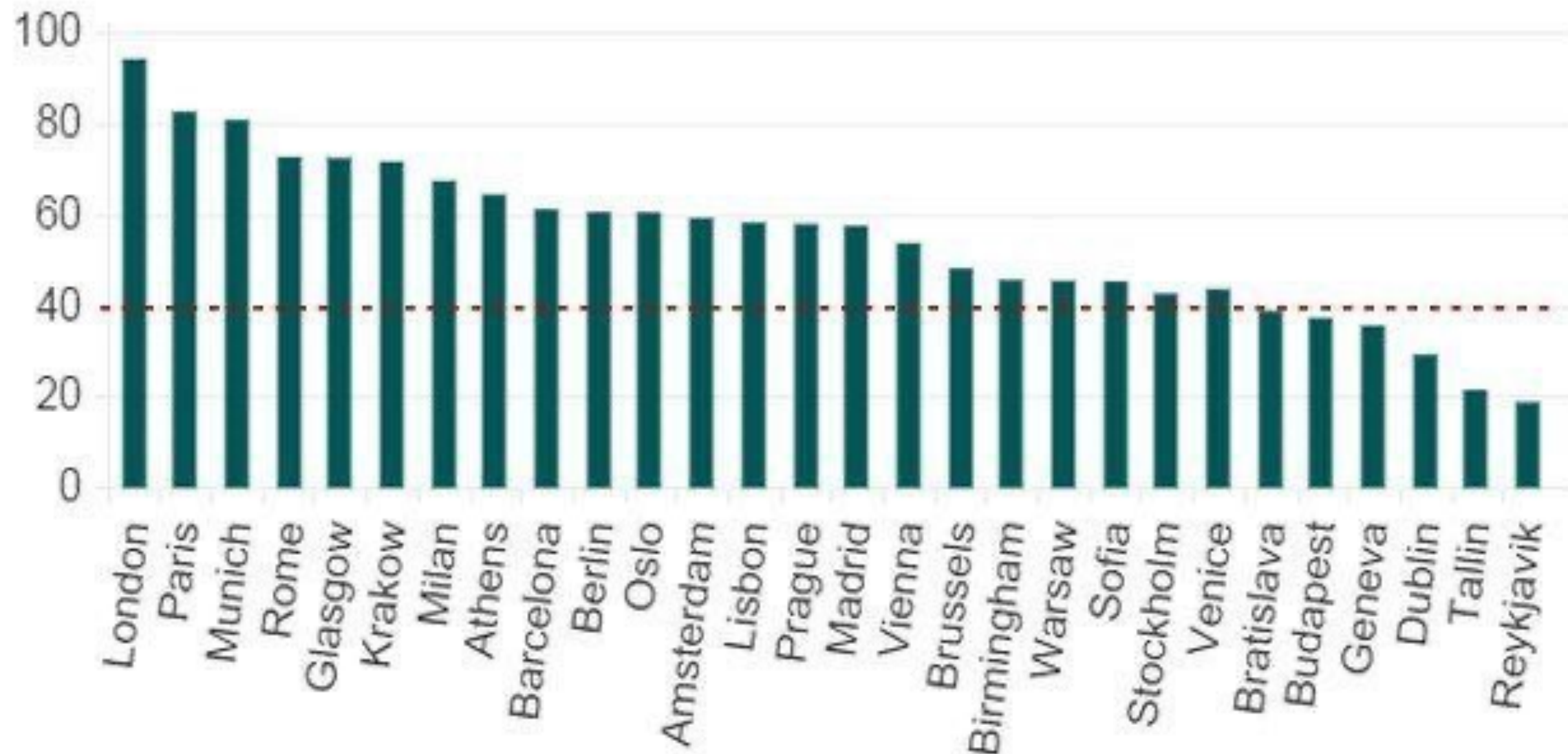
SCR : la dépollution qui pollue (2)



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

NO2 levels in major cities in Europe*

ug/m³

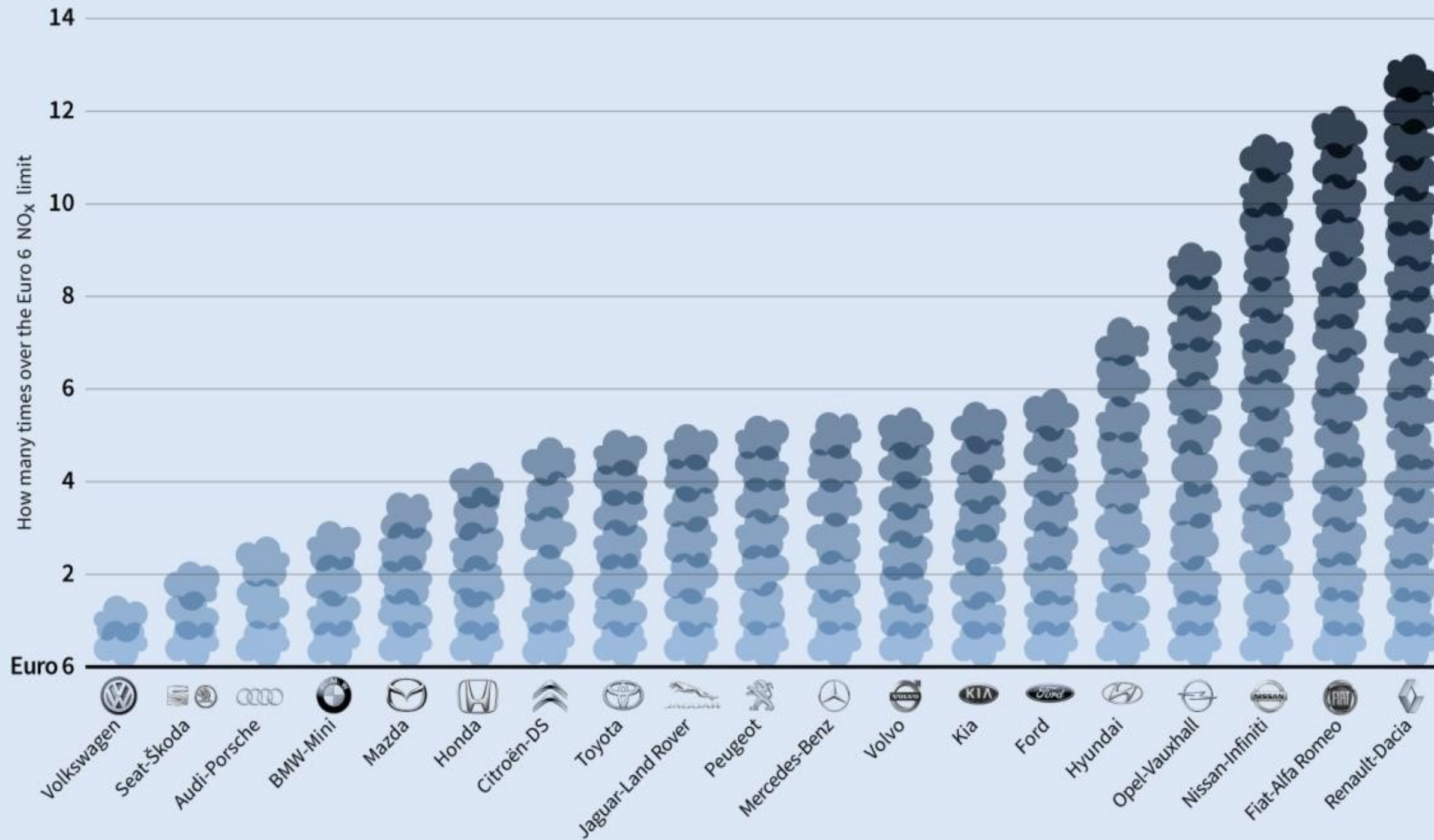


--- EU legal limit = 40ug/m³

*Highest readings across a number of measuring stations

Source: EEA

Above and beyond the legal NO_x limits





Merci pour votre attention.

Dr Gilles DIXSAUT

Comité francilien contre les maladies respiratoires

gilles.dixsaut@free.fr

<http://www.lesouffle.org>