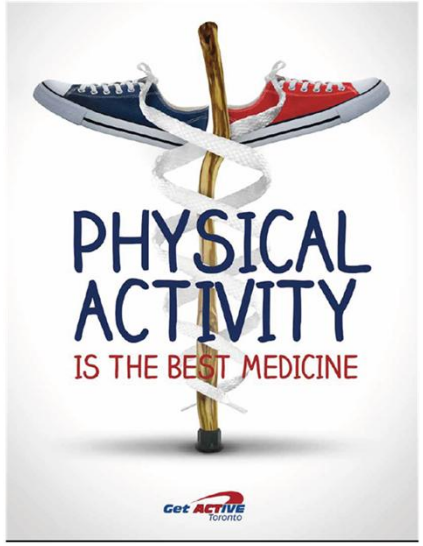
Environnement, activité physique et santé

Valérie Bougault

Faculté des Sciences du Sport de Lille

Introduction



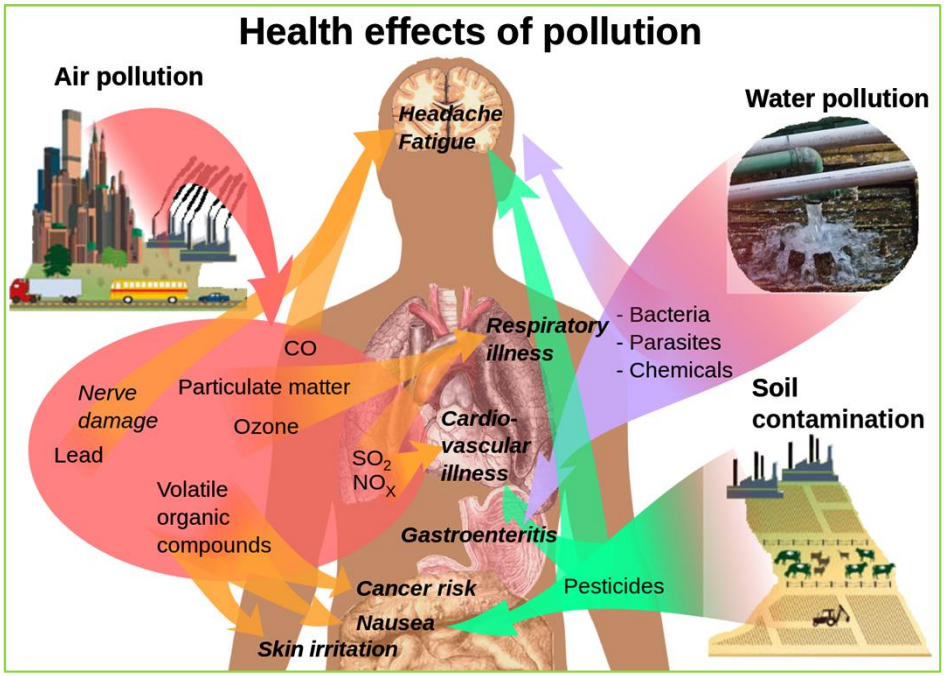
http://physicalactivityproslez.blogspot.fr/

- **570 000 décès** chez les enfants de **moins de 5 ans** liés à la pollution (intérieure et extérieure)
- Chez les enfants habitant en milieu pollué, ↑ **risque d'asthme** avec le nombre de sports pratiqués

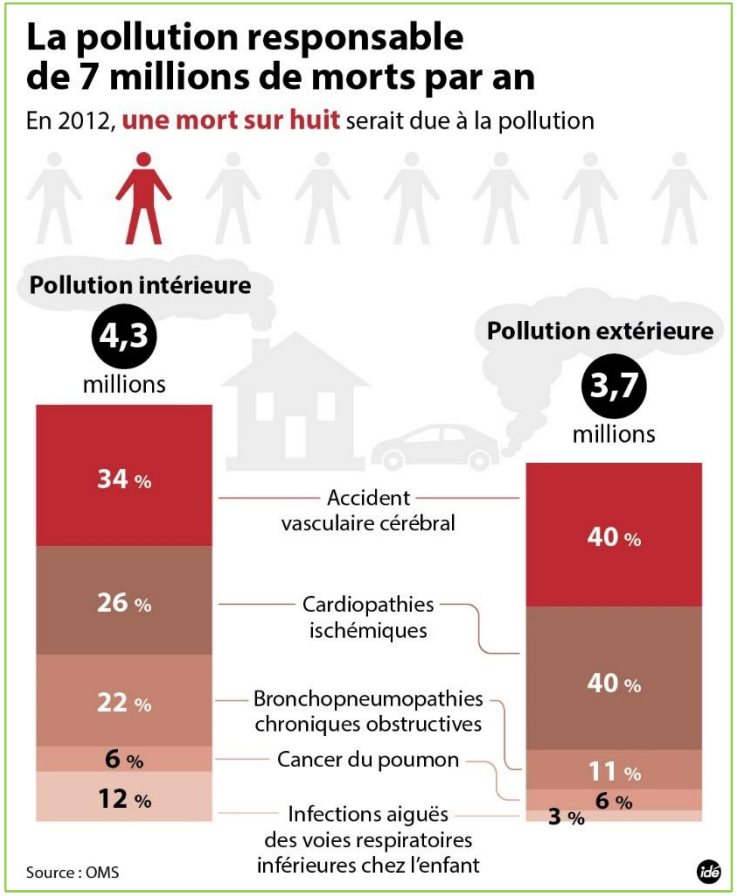
OMS; McConnell *et al.* Lancet 2002

Effets de la pollution sur les bienfaits du sport…

Rôle de l'environnement : La pollution atmosphérique

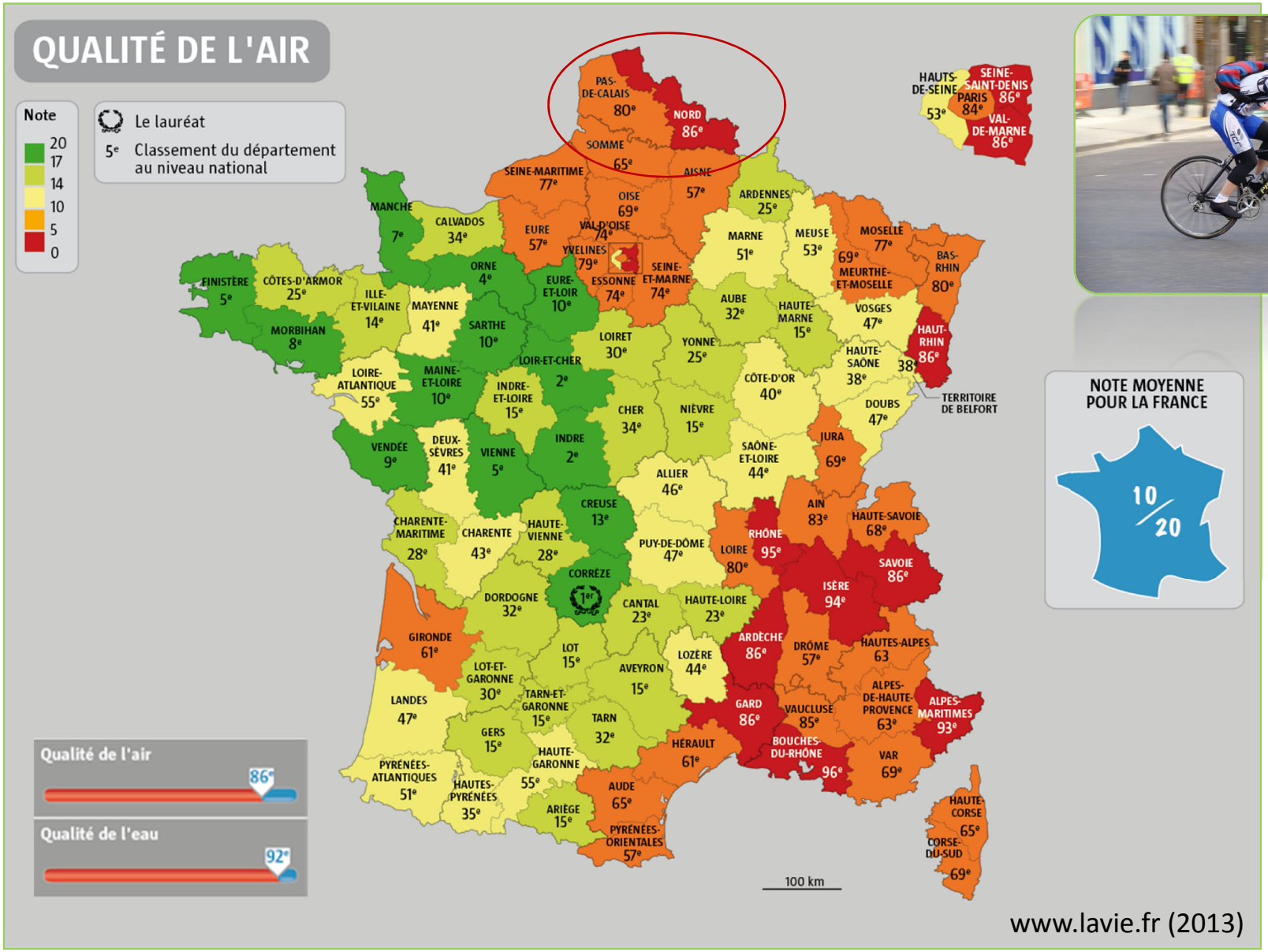


www.wikipedia.org



www.ladepeche.fr

« Près de 5 milliards d'euros par an, pour les seuls impacts à long terme des particules fines » (INVS).


QUALITÉ DE L'AIR
Note
20
17
14
10
5
0
Le lauréat
5e Classement du département au niveau national
PAS-DE-CALAIS 80e
NORD 86e
SOMME 65e
SEINE-MARITIME 77e
AISNE 57e
OISE 69e
ARDENNES 25e
MANCHE 7e
CALVADOS 34e
EURE 57e
VAL-D'OISE 74e
YVELINES 79e
MARNE 51e
MEUSE 53e
MOSELLE 77e
69e
MEURTHE-ET-MOSELLE
BAS-RHIN 80e
ORNE 4e
ESSONNE 74e
SEINE-ET-MARNE 74e
EURE-ET-LOIR 10e
FINISTÈRE 5e
CÔTES-D'ARMOR 25e
ILLE-ET-VILAINE 14e
MAYENNE 41e
SARTHE 10e
MORBIHAN 8e
AUBE 32e
HAUTE-MARNE 15e
VOSGES 47e
HAUT-RHIN 86e
LOIRET 30e
YONNE 25e
LOIR-ET-CHER 2e
HAUTE-SAÔNE 38e
38e
LOIRE-ATLANTIQUE 55e
MAINE-ET-LOIRE 10e
INDRE-ET-LOIRE 15e
CÔTE-D'OR 40e
TERRITOIRE DE BELFORT
CHER 34e
NIÈVRE 15e
DOUBS 47e
VENDÉE 9e
DEUX-SÈVRES 41e
VIENNE 5e
INDRE 2e
SAÔNE-ET-LOIRE 44e
JURA 69e
ALLIER 46e
CREUSE 13e
AIN 83e
HAUTE-SAVOIE 68e
CHARENTE-MARITIME 28e
CHARENTE 43e
HAUTE-VIENNE 28e
PUY-DE-DÔME 47e
RHÔNE 95e
LOIRE 80e
SAVOIE 86e
CORRÈZE 1er
ISÈRE 94e
DORDOGNE 32e
CANTAL 23e
HAUTE-LOIRE 23e
GIRONDE 61e
LOT 15e
LOZÈRE 44e
ARDÈCHE 86e
DRÔME 57e
HAUTES-ALPES 63
LOT-ET-GARONNE 30e
AVEYRON 15e
LANDES 47e
TARN-ET-GARONNE 15e
TARN 32e
GARD 86e
VAUCLUSE 85e
ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE 63e
ALPES-MARITIMES 93e
GERS 15e
HÉRAULT 61e
BOUCHES-DU-RHÔNE 96e
VAR 69e
HAUTE-GARONNE 55e
PYRÉNÉES-ATLANTIQUES 51e
HAUTES-PYRÉNÉES 35e
AUDE 65e
ARIÈGE 15e
PYRÉNÉES-ORIENTALES 57e
HAUTE-CORSE 65e
CORSE-DU-SUD 69e
HAUTS-DE-SEINE 53e
SEINE-SAINT-DENIS 86e
PARIS 84e
VAL-DE-MARNE 86e
Qualité de l'air
86e
Qualité de l'eau
92e
100 km
NOTE MOYENNE POUR LA FRANCE
10/20
www.lavie.fr (2013)

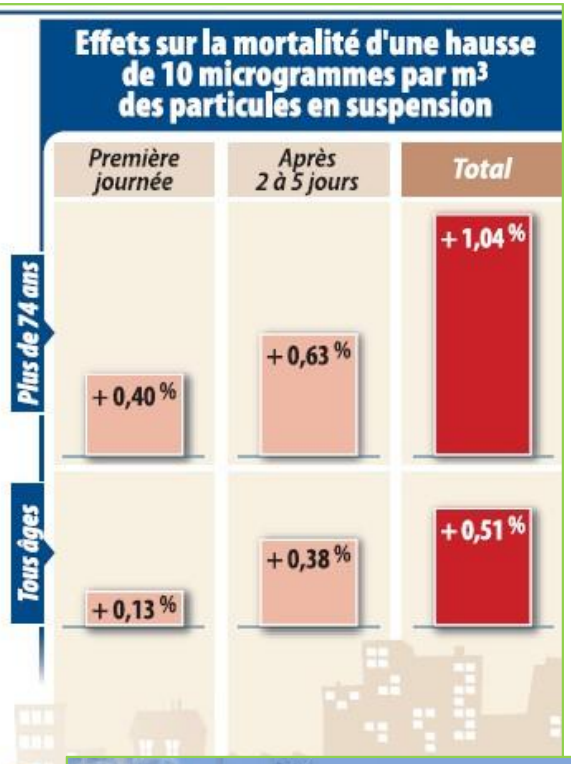
Pollution aux particules fines (PM_{10}) et au dioxyde d'azote (NO_2) : le palmarès des villes

Norme PM_{10} Union européenne : 40 µg/m3

Norme PM_{10} OMS : 20 µg/m3

(µg = microgramme)

		PM_{10} annuelle moyenne *en µg/m³*	NO_2 : concentration annuelle moyenne *en µg/m³*	Densité de population *habitants/km²*
1er	MARSEILLE	31,8	35,2	2 193
2e	LILLE	30,9	29,4	1 812
3e	LYON	29,5	33,6	4 445
4e	NICE	29,2	26,8	3 615
5e	GRENOBLE	27,5	26,1	2 838
6e	LENS-DOUAI	27,3	28,5	689
7e	PARIS	27	36,1	8 701
8e	ROUEN	25,8	28,7	1 257
9e	STRASBOURG	25,6	32	1 985
10e	LE HAVRE	24,6	23,1	1 313
11e	NANCY	23,8	26,5	997
12e	MONTPELLIER	23,2	31,1	1 249
13e	BORDEAUX	22	21,4	2 841
14e	RENNES	21,9	18,5	2 139
15e	TOULOUSE	21,7	22	1 432
16e	NANTES	21,4	20,4	1 018
17e	DIJON	19,3	25,7	714



La Voix du Nord (06/01/2015)

Et aujourd'hui à Lille ???

https://air.plumelabs.com/fr/live/lille

https://www.airqualitynow.eu/fr/comparing_city_details.php?lille

http://www.atmo-hdf.fr/

Exposition

Particules
- Taille
- Composition
- Masse
- Forme
- Charge électrique

Facteurs environnementaux
- Barrières physiques
- Ventilation
- Vent
- Température
- Autres gaz (ozone)

Facteurs humains
- Ventilation
- Durée d'exposition
- Taille des voies aériennes
- Fonction des v.a.
- Pathologie existante

Déposition des particules

Inflammation et stress oxydant
dans les voies aériennes

Inflammation systémique

Altération de la fonction pulmonaire/bronchique

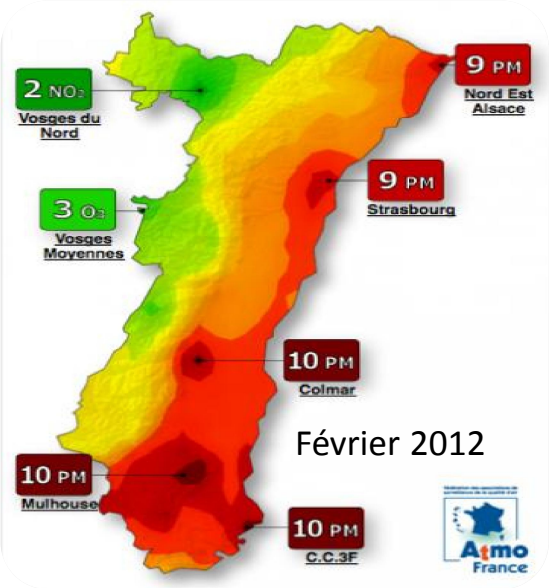
Altération des fonctions

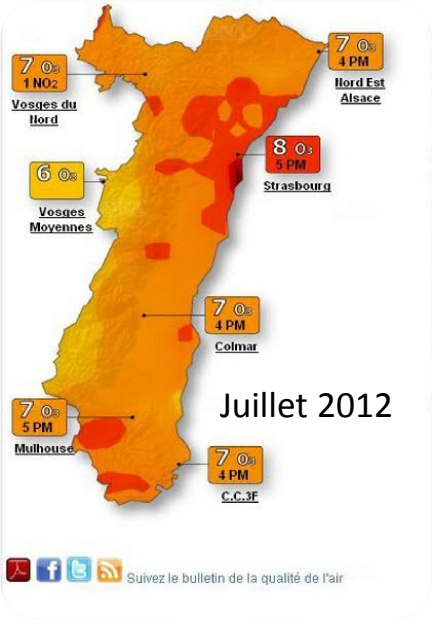
Cardiaque Vasculaire Immunitaire

Risques pour la santé et altération de la performance

Rundell 2012

La pollution atmosphérique





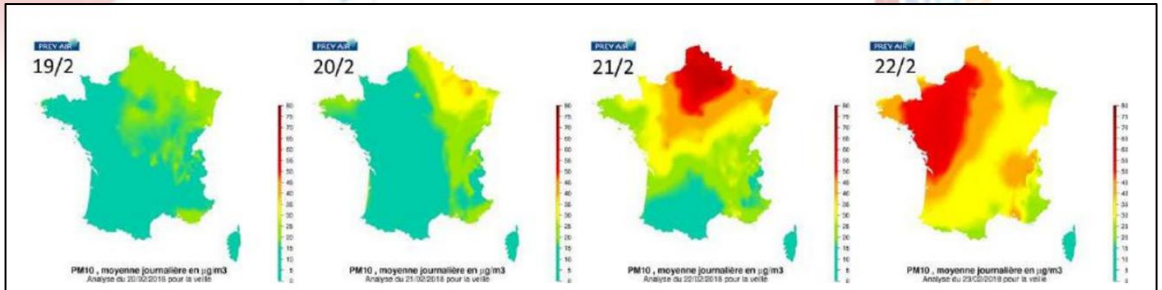


Figure 1: Cartes PREV'AIR analysées des moyennes journalières PM_{10} du 19 au 22 février 2018
(simulations Chimère dans lesquelles les données d'observation sont assimilées)

WHOair quality guidelines and interim targets for particulate matter: annual mean concentrations[a]

	PM_{10} ($\mu g/m^3$)	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	Basis for the selected level
Iinterim target-1 (IT-1)	70	35	These levels are associated with about a 15% higher long-term mortality risk relative to the AQG level.
Interim target-2 (IT-2)	50	25	In addition to other health benefits, these levels lower the risk of premature mortality by approximately 6% [2–11%] relative to theIT-1 level.
Interim target-3 (IT-3)	30	15	In addition to other health benefits, these levels reduce the mortality risk by approximately 6% [2-11%] relative to the -IT-2 level.
Air quality guideline (AQG)	**20**	**10**	These are the lowest levels at which total, cardiopulmonary and lung cancer mortality have been shown to increase with more than 95% confidence in response to long-term exposure to $PM_{2.5}$.

OMS

Indice	Poussières en suspension PM10
10 - très mauvais	80+
9 - mauvais	65-79
8 - mauvais	50-64
7 - médiocre	42-49
6 - médiocre	35-41
5 - moyen	28-34
4 - bon	21-27
3 - bon	14-20
2 - très bon	07-13
1 - très bon	0-6

Atmo

Guidelines

$PM_{2.5}$: **10 $\mu g/m^3$ annual mean**
25 $\mu g/m^3$ 24-hour mean

PM_{10}: **20 $\mu g/m^3$ annual mean**
50 $\mu g/m^3$ 24-hour mean

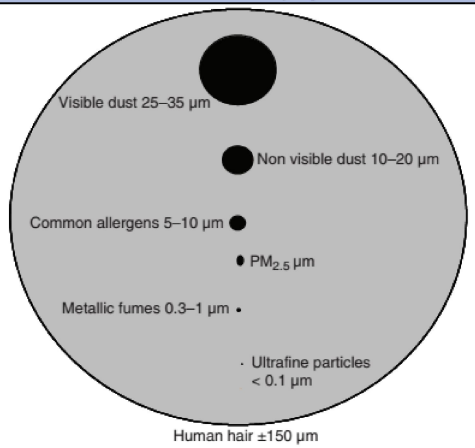


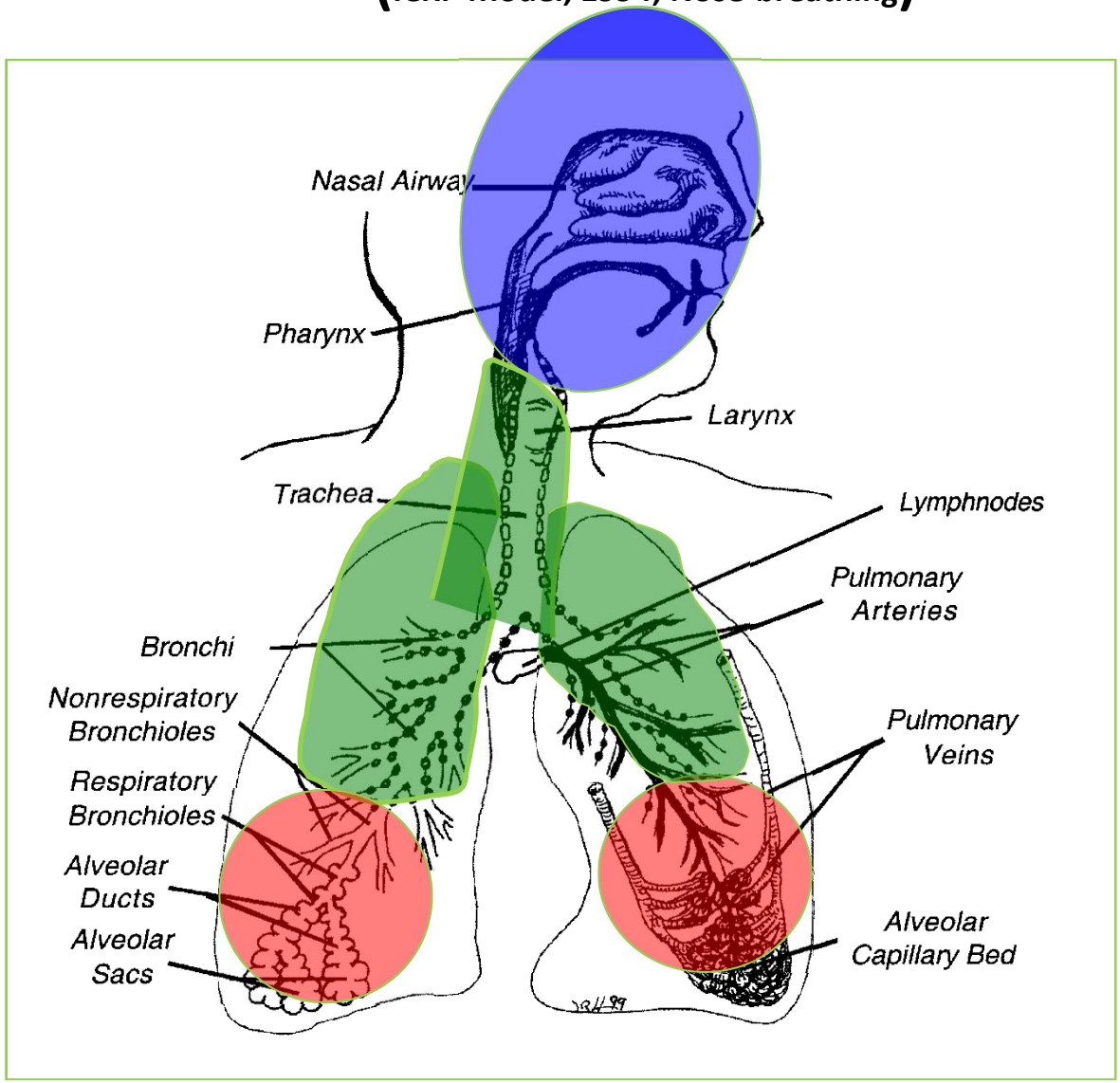
Figure 17 Particle size relationship to the cross section of a human hair: Note most of the freshly generated emissions particles are in the ultrafine and smaller size range.

Rundell *et al.* Inhal Toxicol 2006

Particules

Déposition des particules inhalées dans le tractus respiratoire

(ICRP Model, 1994; Nose-breathing)



WHO 2005, US EPA 2006

WHO air quality guideline and interim target for ozone: 8-hour concentrations

	Daily maximum 8-hour mean ($\mu g/m^3$)	Basis for selected level
High levels	240	Significant health effects; substantial proportion of vulnerable populations affected.
Interim target-1 (IT-1)	160	Important health effects; does not provide adequate protection of public health. Exposure to this level of ozone is associated with: • physiological and inflammatory lung effects in healthy exercising young adults exposed for periods of 6.6 hours; • health effects in children (based on various summer camp studies in which children were exposed to ambient ozone levels). • an estimated 3–5% increase in daily mortality[a] (based on findings of daily time-series studies).
Air quality guideline (AQG)	**100**	Provides adequate protection of public health, though some health effects may occur below this level. Exposure to this level of ozone is associated with: • an estimated 1–2% increase in daily mortality[a] (based on findings of daily time-series studies). • Extrapolation from chamber and field studies based on the likelihood that real-life exposure tends to be repetitive and chamber studies exclude highly sensitive or clinically compromised subjects, or children. • Likelihood that ambient ozone is a marker for related oxidants.

Guideline

O_3: 100 $\mu g/m^3$ 8-hour mean

TOUTEFOIS LES NIVEAUX RECORDS D'OZONE OBSERVES SUR LA REGION N'ONT PAS ETE BATTUS

Concernant les valeurs maximales horaires d'ozone, les teneurs enregistrées au moment des épisodes de dépassement ont été comprises entre 180 et 280 µg/m^3. Le 8 août, jour de l'épisode le plus intense de l'été 2003, les valeurs maximales ont atteint **282 µg/m^3** en zone rurale Sud Ouest (Forêt de Rambouillet) et sur la station des Ulis (91). **Ces teneurs ne constituent cependant pas des observations records pour l'Ile-de-France** (valeur horaire record enregistrée dans l'agglomération = 340 µg/m^3 le 11 août 1998, valeur horaire record en zone rurale = 357 µg/m^3 le 12 juillet 1994). A titre de comparaison, ce même 8 août, le réseau de surveillance Lig'Air de la région Centre a enregistré 325 µg/m^3 à Oysonville (Eure-et-Loire) qui se trouvait dans le panache d'ozone sous le vent de l'agglomération parisienne.

Pour en savoir plus :

- Airparif Actualité N°**20** : Canicule et pollution par l'ozone : l'été de tous les records, Décembre 2003.
- Airparif Actualité N°**22** : 2003 trop beau, trop chaud aussi pour la qualité de l'air : une année d'un nouveau type ? Mars 2004.

O_3 > 400 µg/m^3 pendant plusieurs jours

Ozone (O_3)

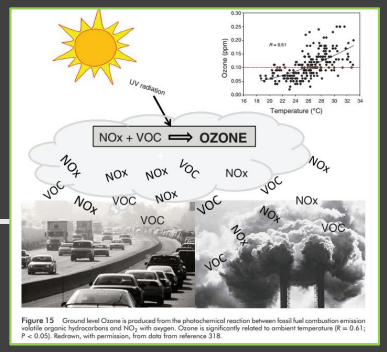


Figure 15 Ground level Ozone is produced from the photochemical reaction between fossil fuel combustion emission volatile organic hydrocarbons and NO_2 with oxygen. Ozone is significantly related to ambient temperature ($R = 0.61$; $P < 0.05$). Redrawn, with permission, from data from reference 318.

M Pollutions

PLANÈTE POLLUTIONS

ARTICLE SÉLECTIONNÉ DANS LA MATINALE DU 29/01/2018 > Découvrir l'application

Diesel : Bruxelles et Berlin « choqués » par les expériences « injustifiables » de VW et consorts

Un organisme de recherche financé par Volkswagen, Daimler et BMW a réalisé des tests sur des hommes et des singes pour démonter l'innocuité des gaz d'échappement.

LE MONDE | 29.01.2018 à 12h25 • Mis à jour le 30.01.2018 à 14h45 |

Par Stéphane Mandard

Guidelines

NO_2:	40 $\mu g/m^3$ annual mean
	200 $\mu g/m^3$ 1-hour mean

Moyenne annuelle NO_2 = 20 à 90 $\mu g/m^3$

Moyenne horaire proche des autoroutes $NO_2 > 940$ $\mu g/m^3$

NO_2

Le Monde.fr Diesel : Bruxelles et Berlin « choqués » par les expériences « injustifiables » de V…

étaient repoussants » et a promis des *« conséquences »* en interne.

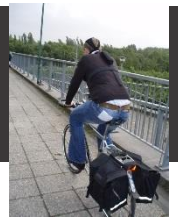
Dans le quotidien *Bild*, Thomas Steg, responsable du groupe allemand pour les relations publiques et avec les autorités, a admis avoir été informé des essais destinés à étudier les effets de la pollution des moteurs diesel Volkswagen. Il a cependant insisté sur le fait qu'il avait refusé que ces tests soient réalisés sur des humains.

Le scandale a pourtant monté d'un cran, lundi 29 janvier, quand la *Süddeutsche Zeitung* et la *Stuttgarter Zeitung* – le quotidien de Stuttgart où Daimler a son siège – ont révélé que les expérimentations conduites par l'EUGT concernaient aussi des humains.

Entre 2012 et 2015, vingt-cinq jeunes adultes en bonne santé ont joué les cobayes. Cette fois, l'expérimentation ne se déroulait pas à Albuquerque mais à l'hôpital universitaire d'Aix-la-Chapelle. Une fois par semaine, ces personnes étaient exposées pendant trois heures dans une pièce de 40 m^2 à des concentrations de NO_2 pouvant atteindre jusqu'à trois fois la valeur limite d'exposition professionnelle (950 microgrammes par mètre cube). A chaque séance, ils devaient de surcroît passer un moment à pédaler sur un vélo d'appartement. Publiée en 2016, l'étude a conclu à l'absence d'*« effets inflammatoires sur les voies respiratoires »* des cobayes.

Sujets les plus exposés

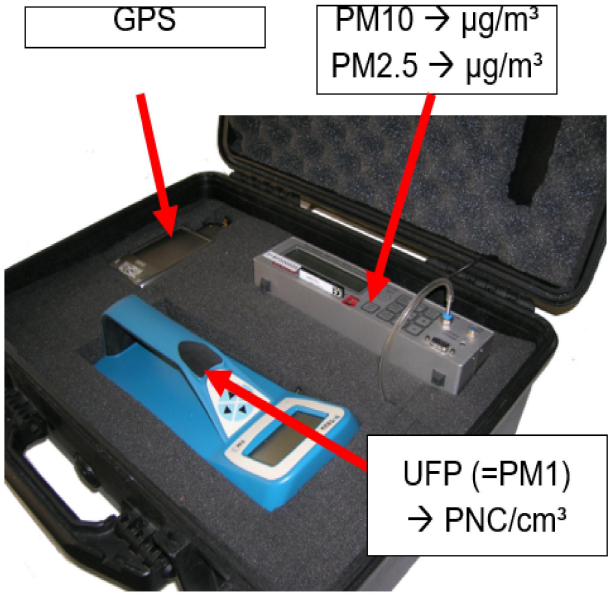
- Enfants
- Personnes âgées
- Patients atteints de maladies chroniques (BPCO, asthme, fibrose, HTA, arrythmies, ischémie cardiaque, diabète…)
- Femmes enceintes
- **Sportifs**



Etude SHAPES Belge – Vélo *vs* Auto

Diapo de bas de Geus, Vrije Universiteit Brussel

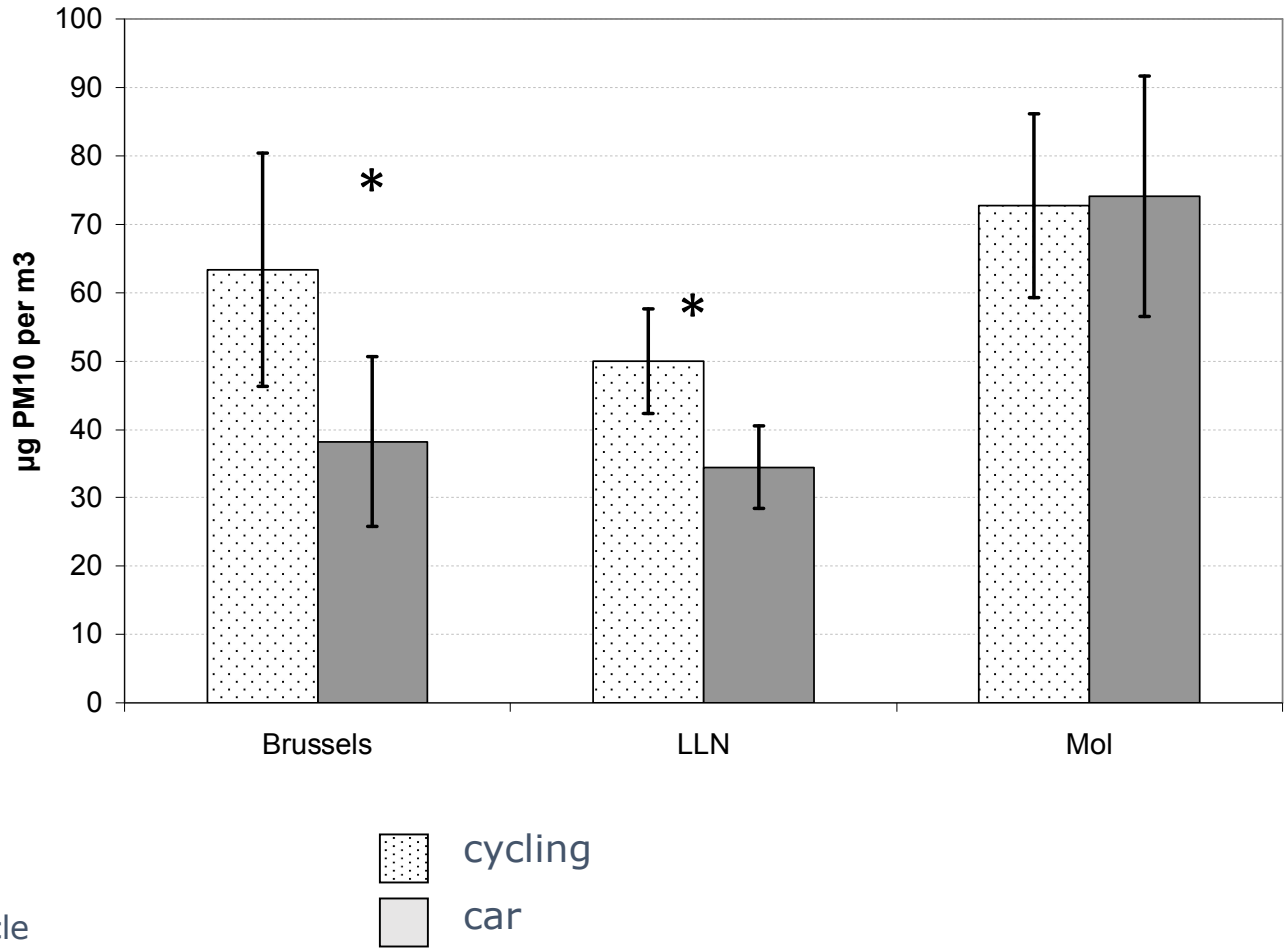
- 55 adultes sains
- Vélo + passagers d'auto (cross-over experiment)



Quantité de particules inhalées : Vélo ou auto?

SHAPES (Belgique) : 55 sujets sains non fumeurs: voyage en auto puis en vélo

PM10 (µg/m³)



Values are mean (SD)

* Sign diff car vs bicycle

Bénéfice net : 7 mois

- 500,000 conducteurs d'auto ont changé de moyen de transport pour le vélo lors de courts trajets (7,5-15 km) tous les jours, aux Pays-Bas

Stressor	Gain in life days/ months per person[a]
Air pollution	–0.8 to –40 days (–21 days)
Traffic accidents	–5 to –9 days (–7 days)
Physical activity	14 to 3 months (8 months)

de Hartog et al. (2010)

En moyenne, les bénéfices à la santé du vélo sont plus importants les risques de prendre l'auto

Dose effective (ppm.L^{-1}) = Concentration (ppm) × Durée (min) × Ventilation (L.min^{-1})

Nombre total de particules déposées après 1h de repos et d'effort léger

- Ventilation = 38 ± 10 L.min^{-1}
- 25 ug/m^3 PM ultrafines

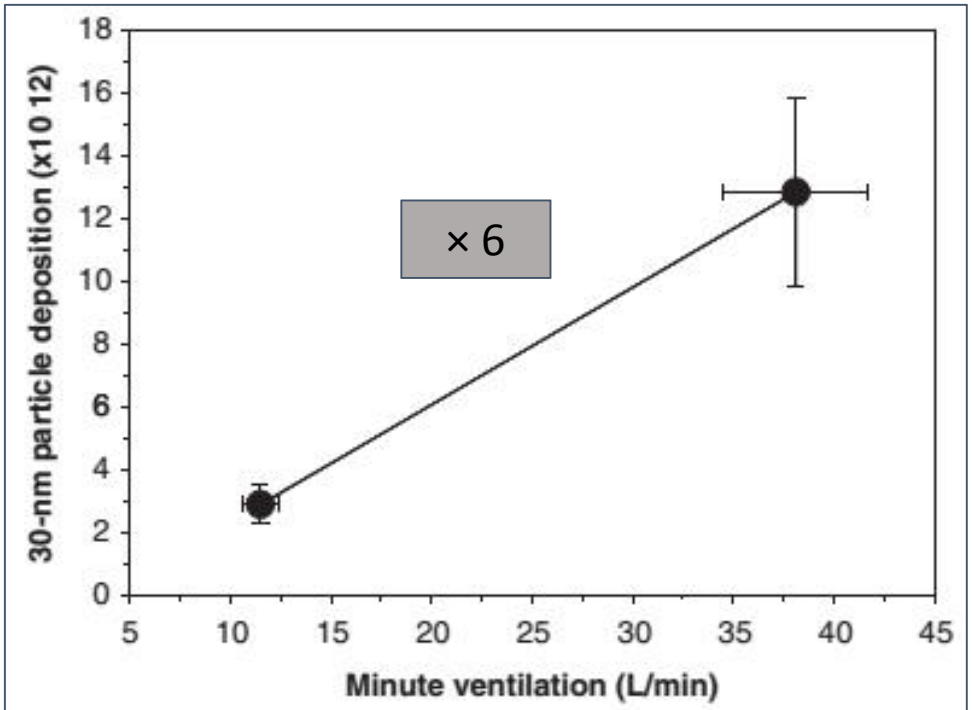
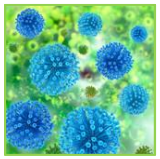


Figure 20 Total lung deposition of particles of approximately 30 nm in diameter at rest and during exercise. Drawn, with permission, from data from reference 100.



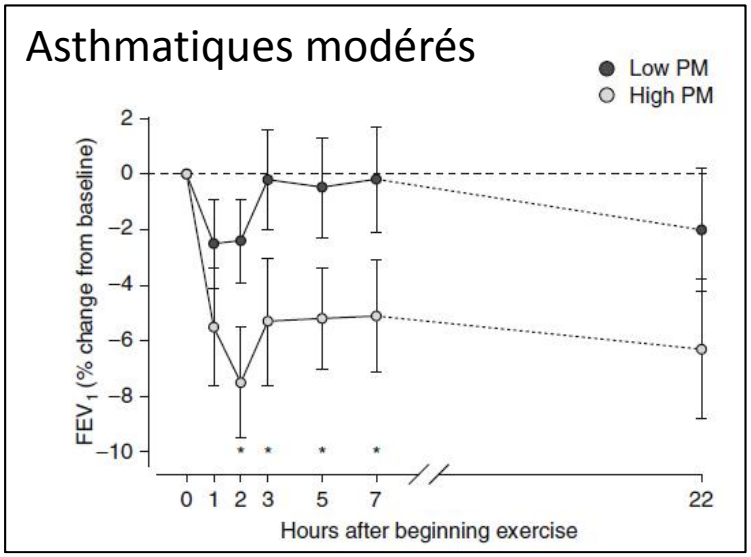
Daigle CC *et al.* Inhal Toxicol 2003

60 sujets asthmatiques

2h de marche à allure constante (6km/h)

de 10h30 à 12h30

15 min de récupération toutes les 30 min



↓ **VEMS** après 2h :

- 6% Oxford
- 2% Hyde park

↑ **Inflammation bronchique**

Asymptomatique

McCreanor et al. N Engl J Med 2007

Symptômes respiratoires à l'effort

- **susceptibilités individuelles**

Etude sur 10 sportifs sains :

Symptômes	Compétition		
	Air filtré	0.20 ppm	0.35 ppm
Essoufflement	1	7	9
Toux	0	6	8

Adams *et al.* Sports Med 1987

Normes OMS, EPA :
- ***Standards*** : 0,05-0,07 ppm/8 h
- ***>0,08 ppm*** : Si exercice, effets délétères possibles.
- **Seuil d'alerte** (en France) : 0,12 ppm (240 µg/m^3)
- Régulièrement ***>0,20 ppm*** dans les mégapoles, sur plusieurs jours

Système bronchique et pollution

Ozone

Sujets sains (18-30 ans)
2h d'effort (15min course – 15min repos)
T°: 22°C, RH: 40%
VE = 35L/min/m^2 SC

	Air filtré	0.18 ppm	0.40 ppm
↓ VEMS	-1% [-6;2]	-6% [-23;0]	-18% [-48;(-2)]

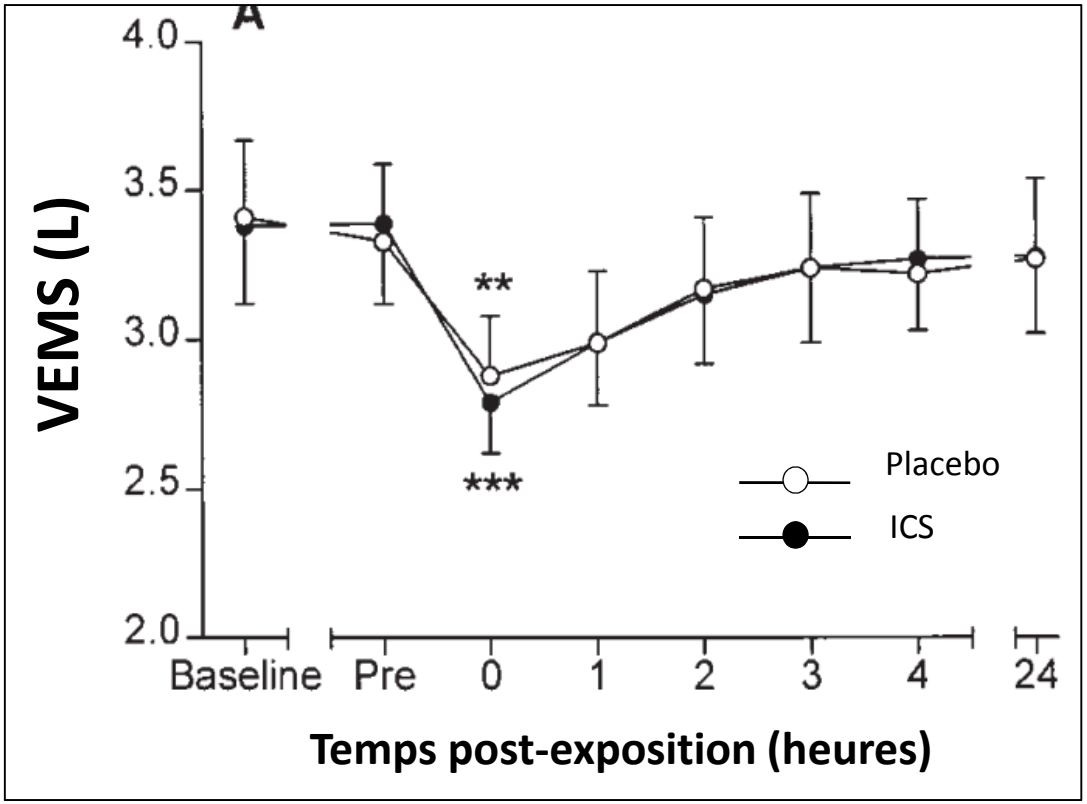
Données exprimées en moyenne [min-max]. Selon les études de Horvarth 1981; McDonnell 1983

Asthme d'effort, ↓ VEMS :
- 10 à 20% : léger
- 20 à 40% : modéré
- 40 et + : sévère

- **TOUS**
  - ↓ Bronchodilation
- **SUJETS SUSCEPTIBLES**
  - Obstruction bronchique (« asthme d'effort » léger à sévère)
  - ↓ Volume courant, ↑ Fréquence respiratoire (difficulté à inspirer)

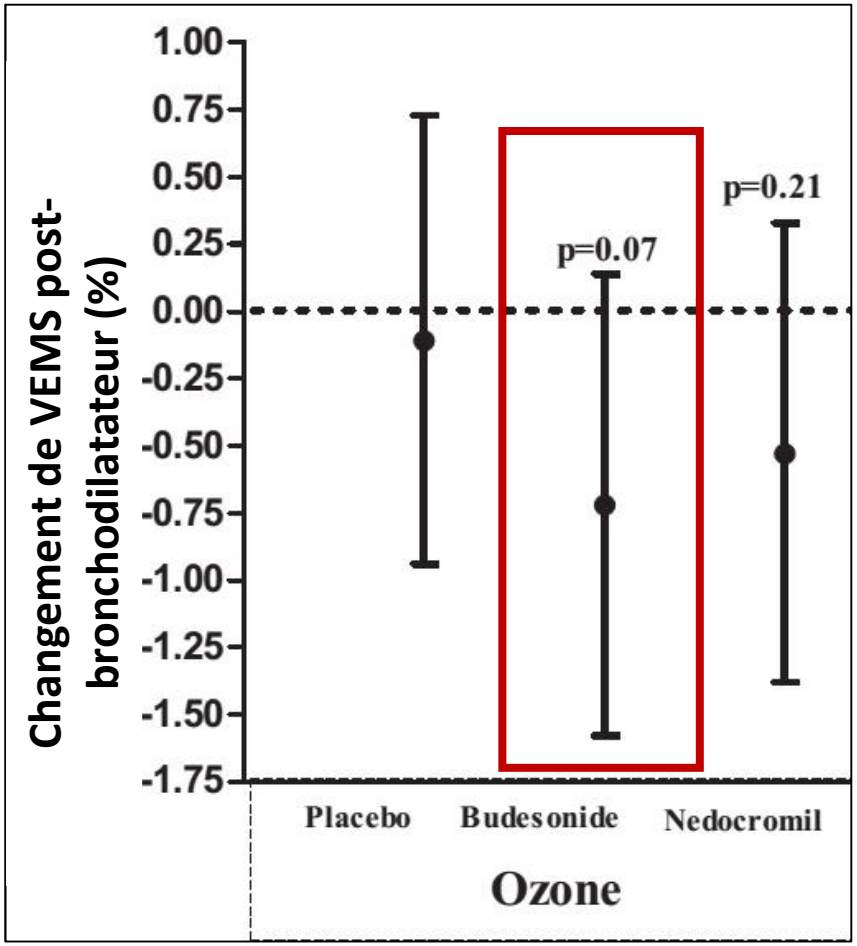
L'ozone : Inefficacité partielle des inhalateurs ?

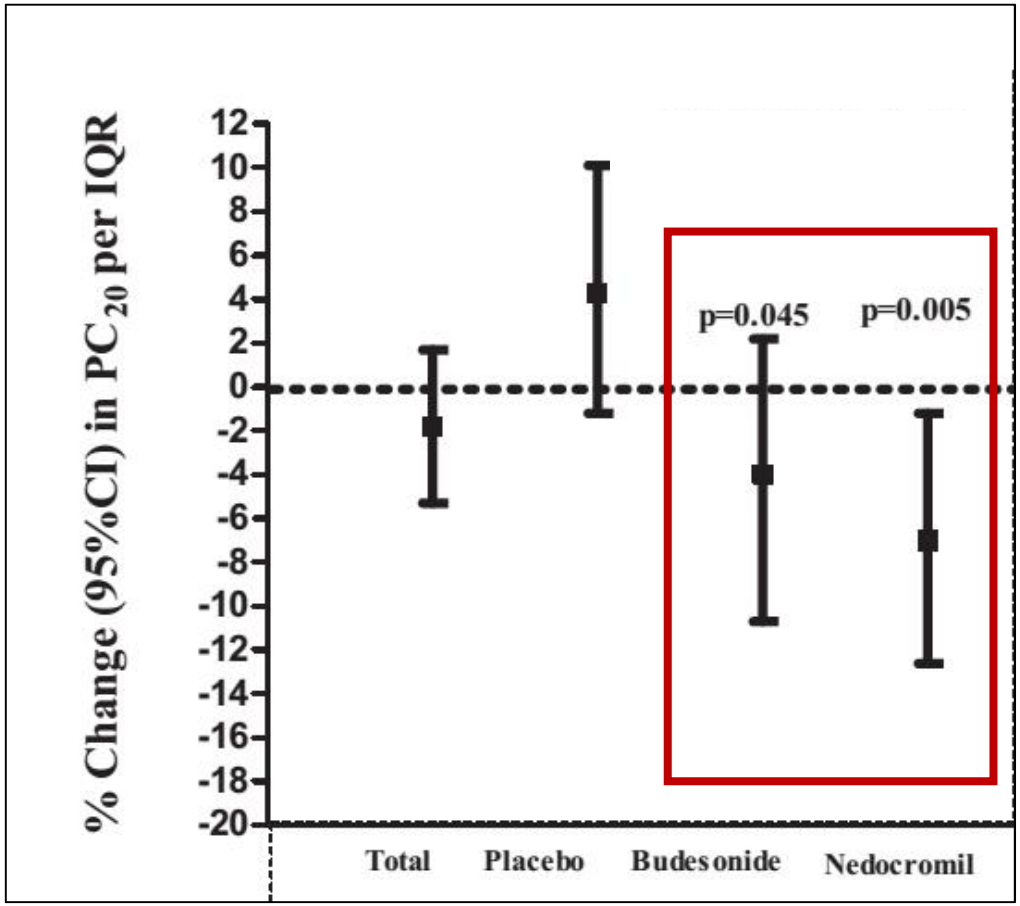
15 sujets sains - 2h (20min vélo 50W – 10min repos) – 0.40 ppm O_3



- **CSI (800µg budesonide/2 fois/jour / 15 jours)**
- **CSI +LABA (500 µg BDP)**
- **SABA (salbutamol, albuterol)**
- **Cox inhibitors**

Nightingale et al. Am J Respir Crit Care Med 2000; Vagaggini et al. Resp Res 2010;Bromberg et al. BBA general subjects 2016; McKenzie et al. Can J Sport Sci 1987 ; *Beckett et al. J Appl Physiol 1985





Les corticostérioïdes pourraient ↑ la vulnérabilité aux effets des polluants

Zora *et al.* Sci Total Environ 2013, Lewis *et al.* Sci Total Environ 2013, **Lerodiakonou *et al.* J Allergy Clin Immunol 2016**

Points importants

Susceptibilités individuelles

Pas de données pour des VE > 100 L/min (sportifs)

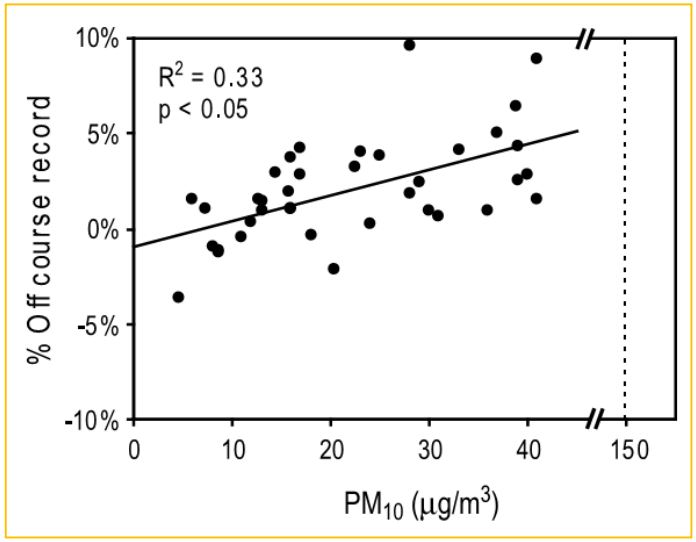
Besoin urgent de tester l'efficacité de différents traitements / nutrition surtout chez les asthmatiques

Effets de la pollution sur la performance

- Pour chaque ↑ de 10 ug/m³ de **PM_{10}**, ↓ 1,4% de la performance au marathon des **filles**

- Relation inverse niveau **d'ozone** et temps de course chez coureurs

Wayne *et al.* J Am Med Asso 1967



Marr et Ely. Med Sci Sports Exerc 2011

Ozone : Abandon de l'effort dans 30 à 50% des cas

Diminution performance attribuée à l'inconfort respiratoire

Evidences en faveur d'un effet des chloramines

- ↑ Asthme professionnel chez les **MNS**
- ↑ Risque de développer des bronchites et de l'asthme chez les **jeunes enfants**
- ↑ Asthme et HRB chez **nageurs élite**
- ↑ Symptômes respiratoires chez **baigneurs**

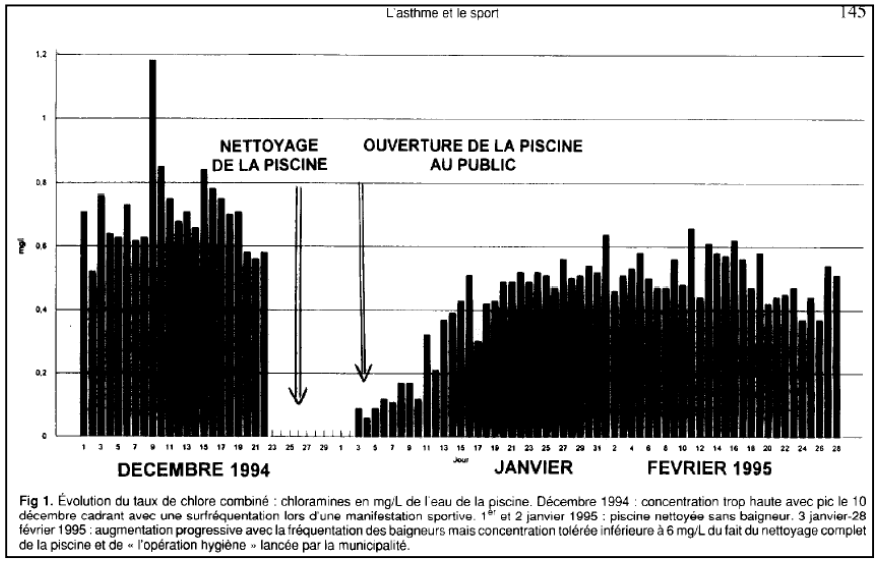


Fig 1. Évolution du taux de chlore combiné : chloramines en mg/L de l'eau de la piscine. Décembre 1994 : concentration trop haute avec pic le 10 décembre cadrant avec une surfréquentation lors d'une manifestation sportive. 1er et 2 janvier 1995 : piscine nettoyée sans baigneur. 3 janvier-28 février 1995 : augmentation progressive avec la fréquentation des baigneurs mais concentration tolérée inférieure à 6 mg/L du fait du nettoyage complet de la piscine et de « l'opération hygiène » lancée par la municipalité.

Simon-Rigaud et al. Sci Sports 1998

Gougoura et al. Eur J Appl Physiol 2007 ; Varraso et al. Toxicol Ind Health 2002; Bougault et al. ERJ 2010; Bernard et al. 2002, 2006 ; Massin et al. Occup Environ Health 1998; Thickett et al. Eur Respir J 2002; Potts Sports Med 1996

Modifications de l'environnement

Rundell *et al.* Compr Physiol 2015

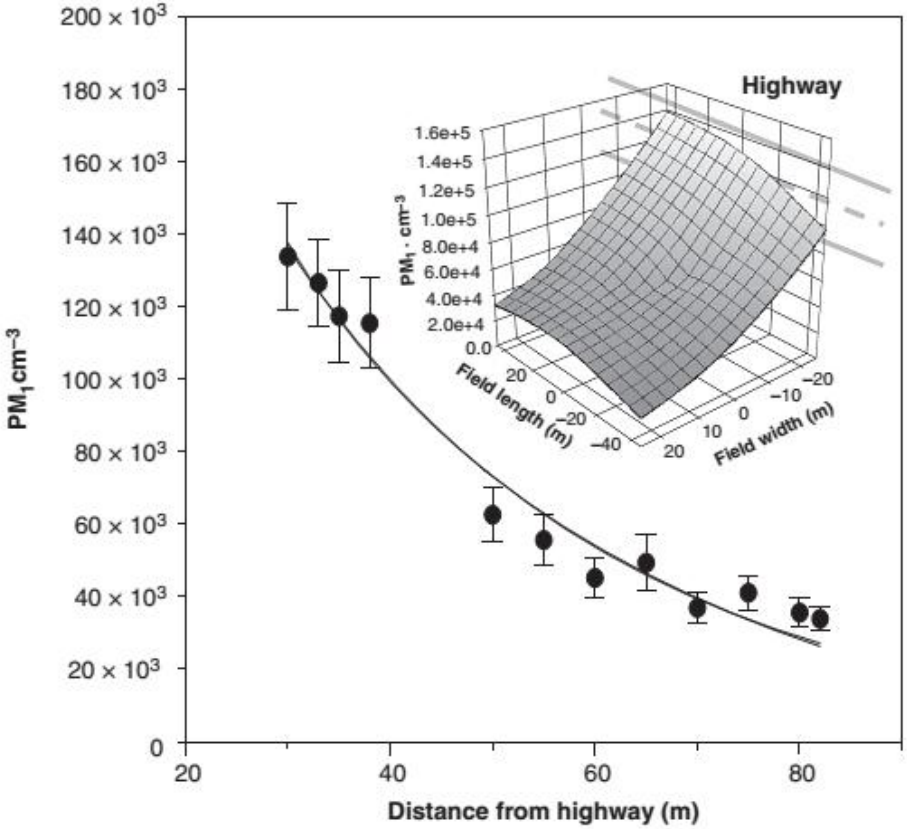


Figure 19 Rate of PM_1 decay from 62-day mean values at 12 university soccer field measurement sites in relation to distance from a high traffic interstate highway ($R = -0.999$; values are presented as mean ± SE). Figure inset shows a three-dimensional blanket graph of 62-day PM_1 mean measurements at the university soccer field. Redrawn, with permission, from data from reference 318.

A 80 m d'une autoroute à 4 voies : ↓ 3 fois du nombre particules comparé à 30 m

Supplémentations en anti-oxydants

Etudes de Mickleborough

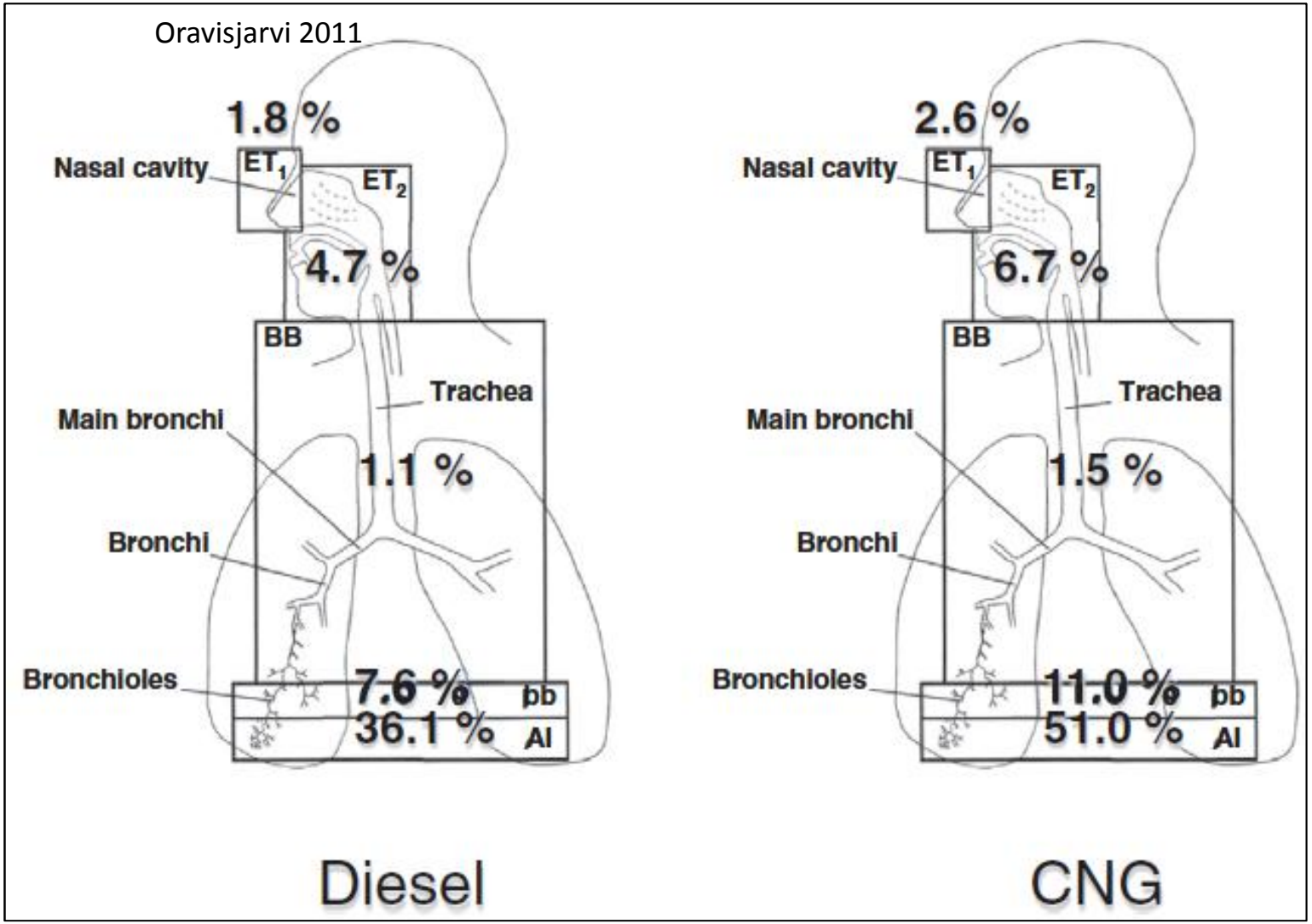
- Vitamine C (500 à 650 mg) + Vitamine E (75 à 100 mg) pendant 15 semaines
  - **Protection** contre l'obstruction bronchique post-exercice chez 38 cyclistes amateurs liée à O_3

Grievink (1998, 1999)

Nutrition ?:

- Huiles de poisson, resveratrol = anti-inflammatoires et anti-oxydants
- Arginine, citrulline, jus de betterave = ↑ disponibilité du NO
- Prébiotiques (GOS)

Gaz naturel ou diesel?



Quel moyen de transport ?

- Le métro peut *5 l' exposition aux PM comparé à l'auto
- Le bus ↑ l'inhalation de PM comparé à l'auto
- ↑= ↓ de l'inhalation de PM chez les cyclistes

- Distance à la source des PM : Attention aux installations sportives proches des routes

- **Masque** : (Langrish 2009): ↓ PM pendant 2h de marche

Mais augmente les résistances et augmente la perception d'effort à haute Intensité

Rundell 2012

Merci de votre attention

valerie.bougault@univ-lille2.fr