

Mercredi 07 Février 2024

Etat des connaissances sur l'impact du black carbon sur la santé

Interventions magistrales

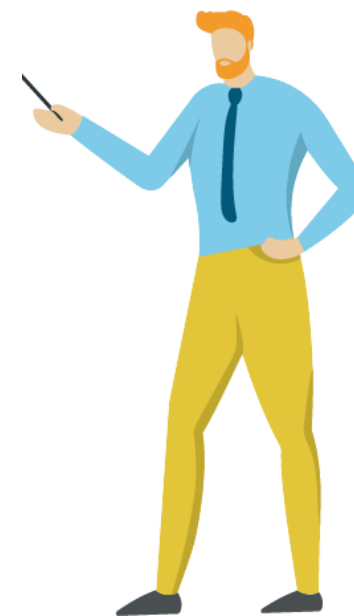
Intervention de :

Béatrice FERVERS

Institut Léon Bérard Lyon,

Cheffe de département Prévention Cancer Environnement

En direct de Lyon



Etat des connaissances sur les sources de black carbon et des particules ultrafines et leurs impacts sur la santé

Session magistrale

Impact du Black Carbon sur la santé: Etat des connaissances

Pr. Béatrice Fervers

Département Prévention Cancer Environnement

U1296 INSERM Radiations: Défense, Environnement et Santé

Centre Léon Bérard

Black Carbon ou carbone suie ou carbone élémentaire : définition

Les anglophones distinguent le black carbon (désignant plutôt la suie) et le carbon black (noir de carbone)

Les deux n'existent pas à l'état naturel, mais sont formés par combustion incomplète ou par décomposition thermique d'hydrocarbures:

le noir de carbone, plus homogène et plus fin que la suie, est produit en conditions contrôlées pour répondre aux besoins industriels ;

la suie, souvent grasse, est plus épaisse et plus hétérogène que le noir de carbone ; elle est issue de la combustion incomplète de combustibles fossiles et de biomasse. Elle contient des taux de goudrons, de cendres et d'impuretés plus élevés que le noir de carbone.

Black Carbon (BC), et carbone élémentaire (EC), se distinguent uniquement par la méthode de mesure.

Le BC est mesuré par une méthode optique alors que l'EC par méthode thermique (AirPARif, 2014)

Black Carbon ou carbone suie ou carbone élémentaire : définition

- Les anglophones distinguent le black carbon (désignant plutôt la suie) et le carbon black (noir de carbone)
- Les deux n'existent pas à l'état naturel, mais sont formés par combustion incomplète ou par décomposition thermique d'hydrocarbures:
 - Noir de carbone: plus homogène et plus fin que la suie, est produit en conditions contrôlées pour répondre aux besoins industriels
 - Suie : souvent grasse, est plus épaisse et plus hétérogène que le noir de carbone ; elle est issue de la combustion incomplète de combustibles fossiles et de biomasse. Elle contient des taux de goudrons, de cendres et d'impuretés plus élevés que le noir de carbone.
- Black Carbon (BC), et carbone élémentaire (EC), se distinguent uniquement par la méthode de mesure.
 - Le BC est mesuré par une méthode optique alors que l'EC par méthode thermique (AirPARif, 2014)

Utilisations industrielles du noir de carbone

Pneux

Autres produits en caoutchouc

Pigment noir pour encres d'imprimerie

Agent conducteur en électricité

Peintures

Sources anthropiques du black carbone: combustion incomplète

Moteurs à
combustion,
notamment
diesel
Usure des pneus



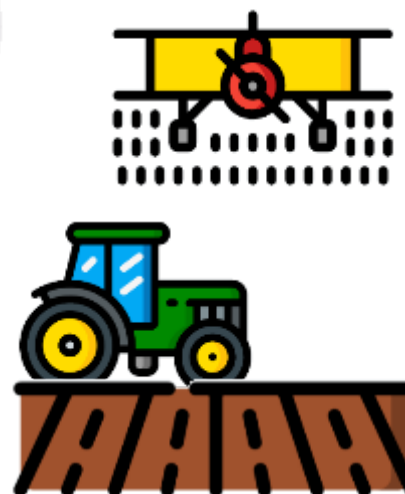
Trafic
56% des émissions

Brûlure
résidentielle de
biomasse (bois,
charbon)



Chauffage biomasse
26% des émissions

Engins
agricoles,
brûlures de
déchets agricoles



Agriculture
16% des émissions

Incendies de
forêt et de
végétation



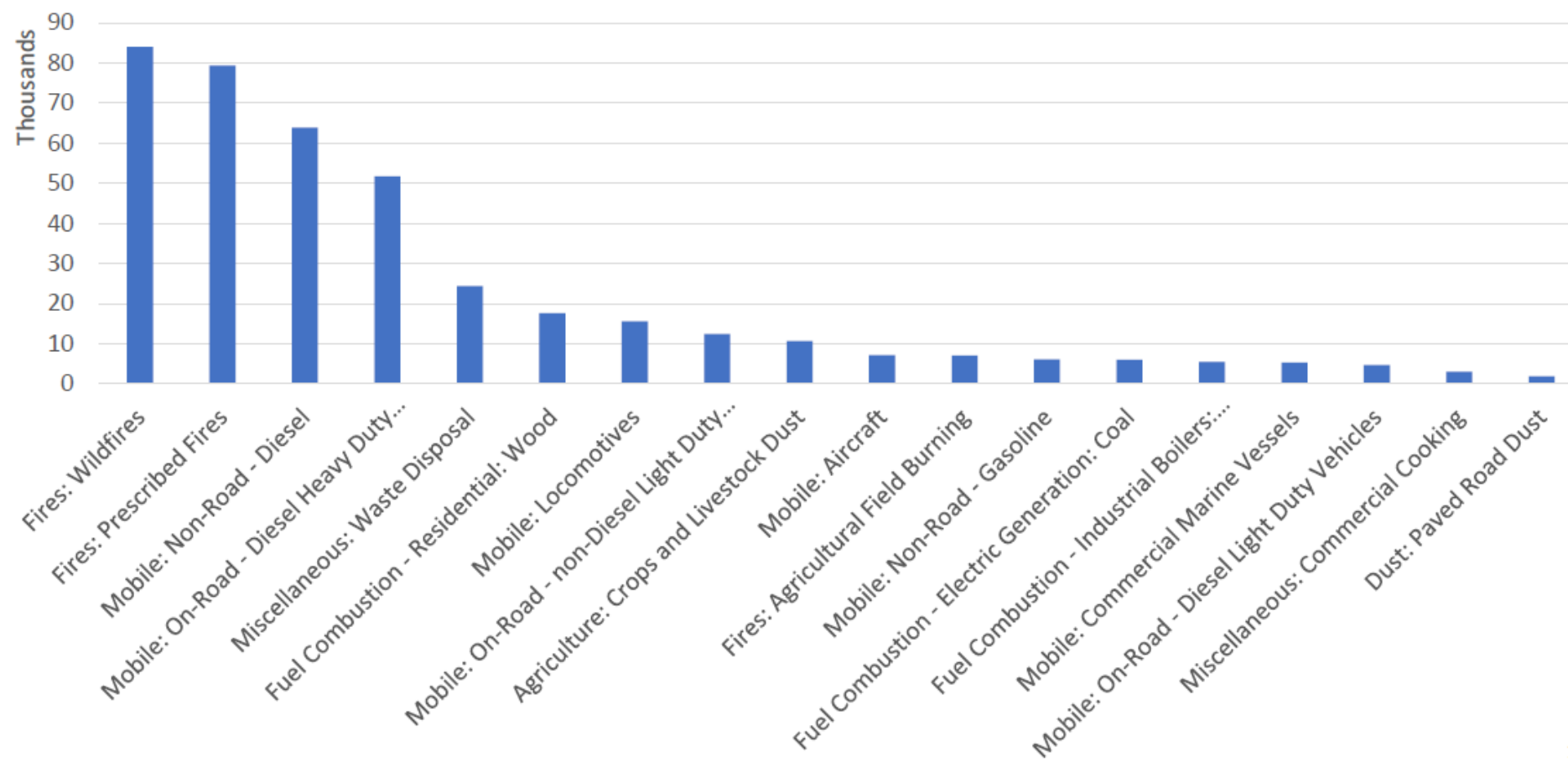
Feu de forêt

Industrie
pétrochimie



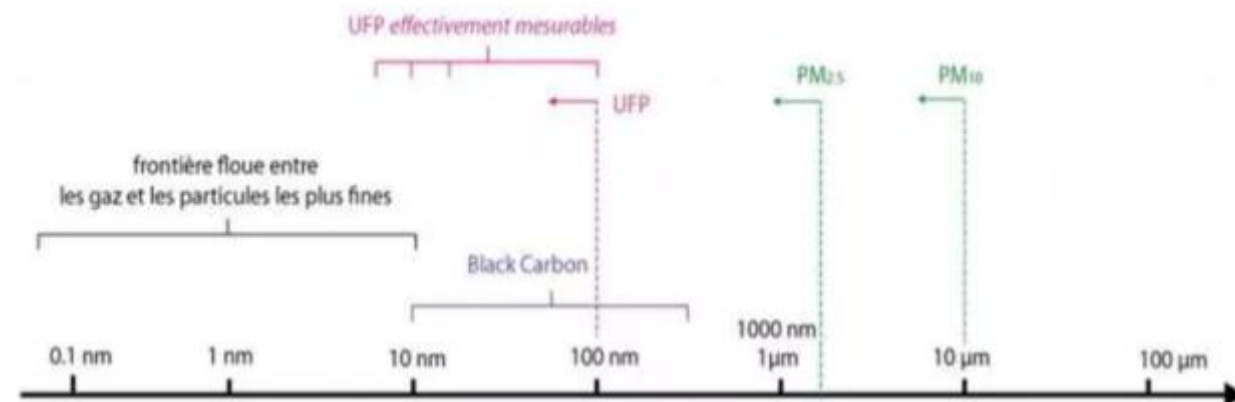
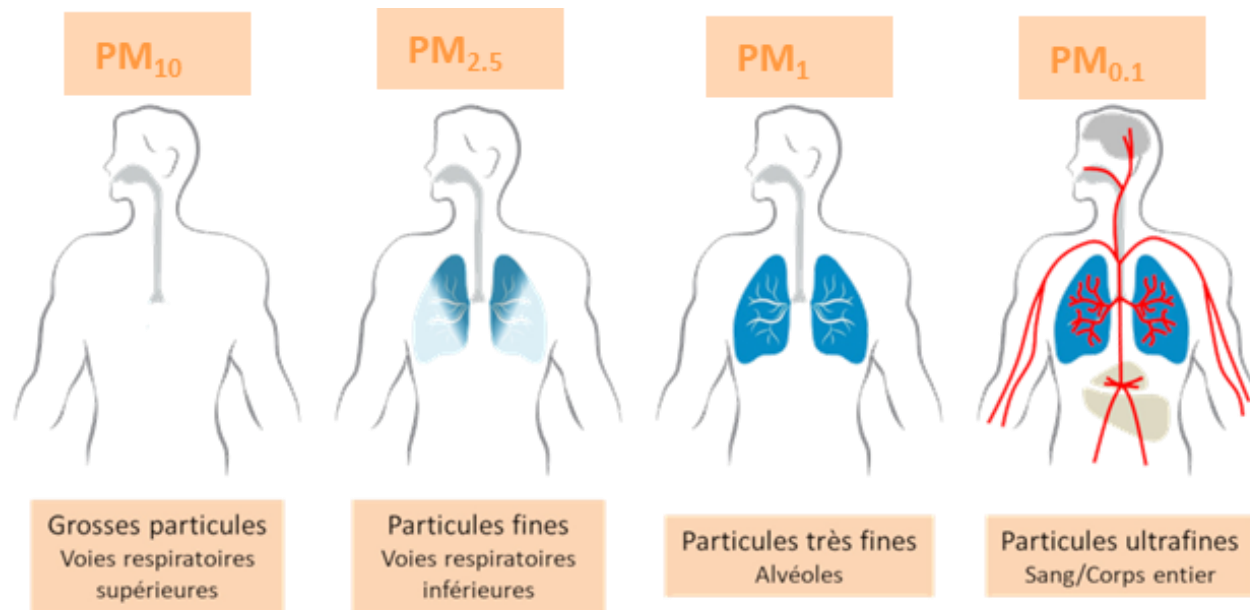
Industrie
1% des émissions

Black Carbon Emissions (short tons) by Sector



EPA 2018

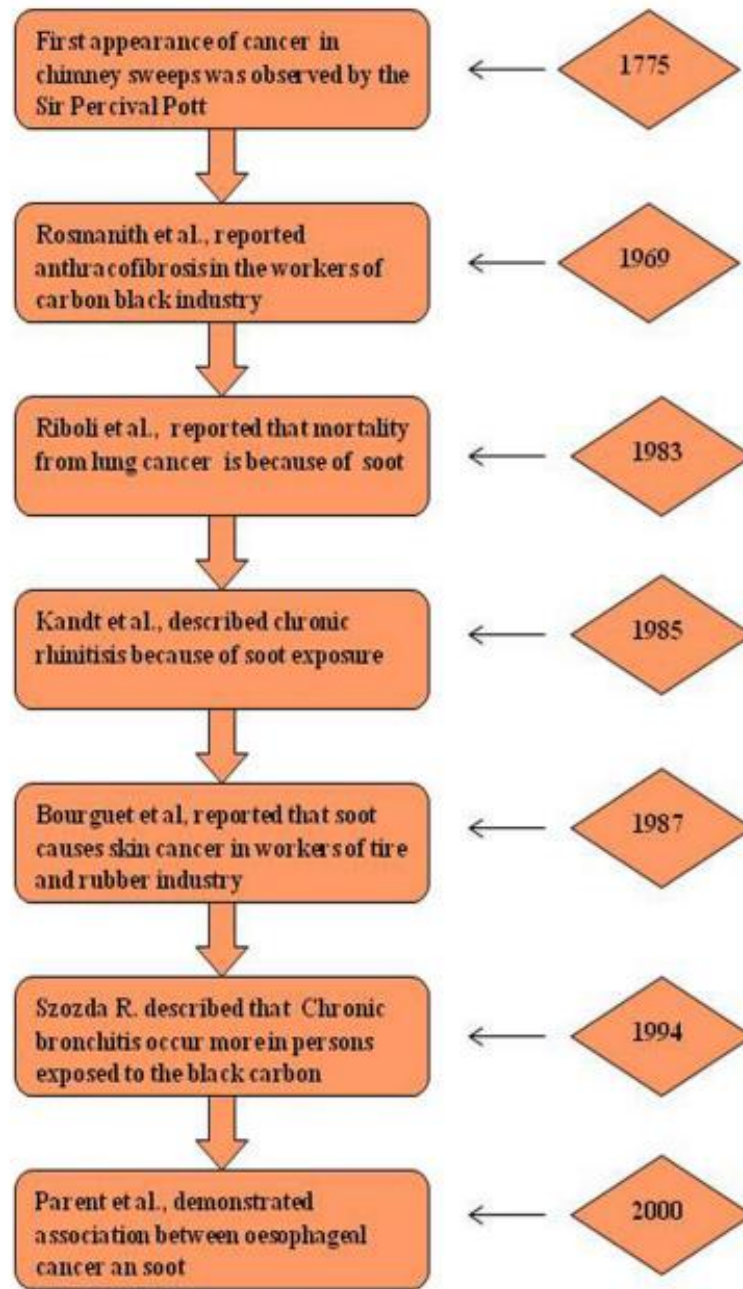
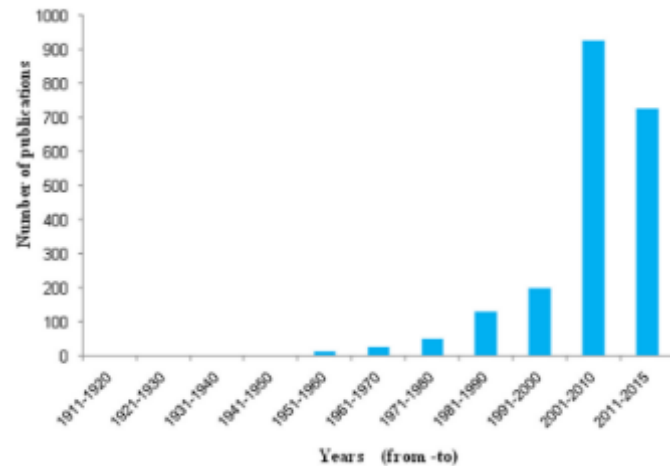
- Black carbon = 5 à 15 % des PM 2,5 (WHO, 2015).
 - Principalement dans la catégorie des PM 1,0 (particules ultra-fines, diamètre inférieur à 1 μm)
 - Dimensions > à 100 nm représentent une forme agrégée du black carbon avec d'autres polluants.



Black carbone = transporteur d'agents chimiques

- Le carbone suie est entouré d'une enveloppe de carbone organique composée d'un mélange complexe d'hydrocarbures imbrulés, de divers composés organiques plus ou moins volatils
 - HAP, acides, PCB, alcools, cétones, soufre, métaux.
- La composition chimique est fonction des sources de combustion
- La durée de vie dans l'atmosphère s'étend de quelques jours à quelques semaines

Perspective historique de l'effet sur la santé du BC

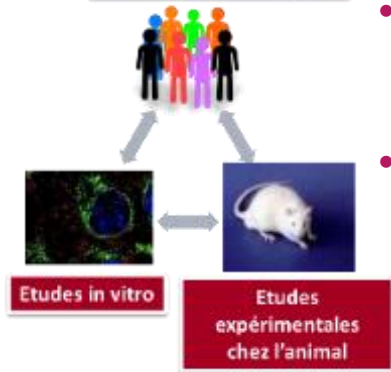


Niranjan & Thakur , Frontiers in Immunology 2017

- Carbone suie classé cancérogène groupe 1 en 2012



Etudes épidémiologiques



Polluants	Preuves suffisantes	Preuves limitées
Carbone suie (professionnels du ramonnage)	Poumon, peau (non-mélanoma)	Vessie
Emissions intérieures émanant de la combustion domestique de charbon	Poumon	
PM	Poumon	Vessie
Gaz d'échappement des moteurs diesel	Poumon	Vessie
PCB	Mélanome	LNH, cancer du sein
HAP – B[a]P		
Cadmium	Poumon	Rein
Composés du Nickel	Poumon, fosses nasales & sinus	

- Noir de carbone classé par le CIRC dans le groupe 2B (possiblement cancérogène pour l'homme)
 - Effet inflammatoire de la surcharge pulmonaire
- Exposition prolongée aux suies de combustion (charbon; produits pétroliers) et maladies professionnelles
 - Tableau RG16bis cancer de la peau (non-mélanoma), bronchopulmonaire, vessie
 - Tableau RG36bis cancer de la peau (non-mélanoma)

- Trois types de pathologies associés à l'exposition black carbon
 - Cancer
 - Maladies respiratoires
 - Pneumoconioses
 - Pathologies cardiovasculaires
 - Irritation mécanique des yeux et des voies respiratoires
 - Pathologies de grossesse (pré-éclampsie)
 - Développement du fœtus

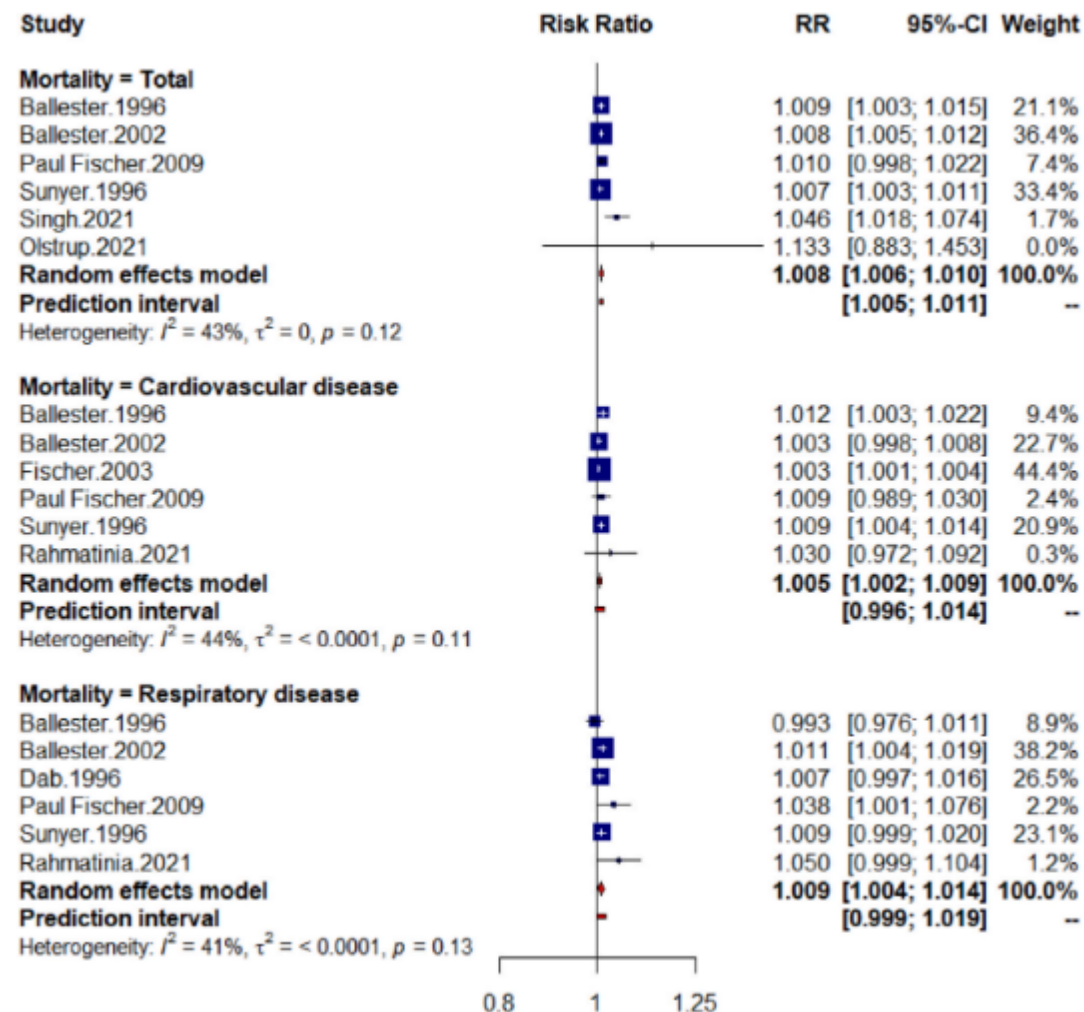
X. Zhu et al. Environmental Pollution 2023

Short and long-term association of exposure to ambient black carbon with all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis

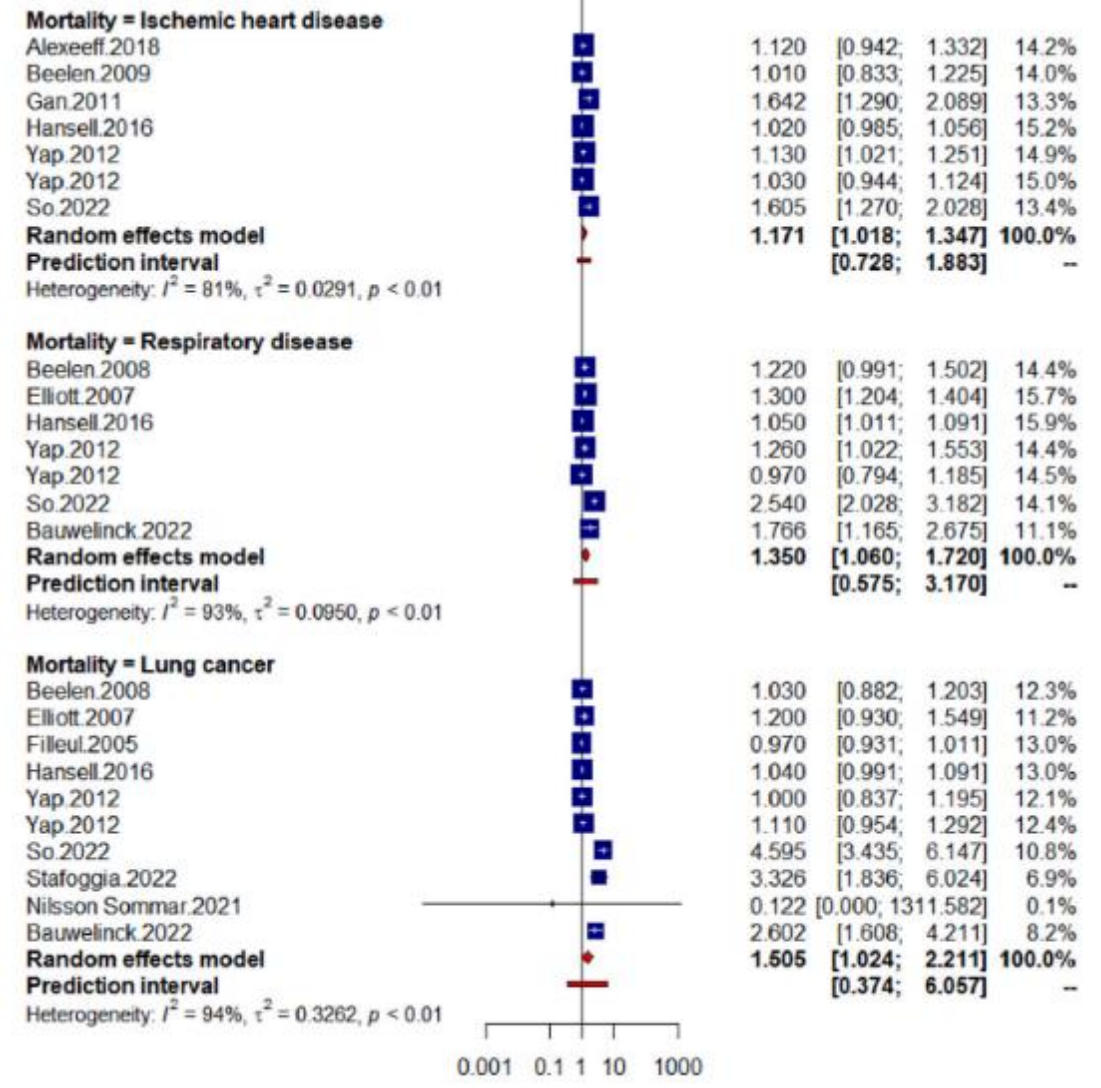
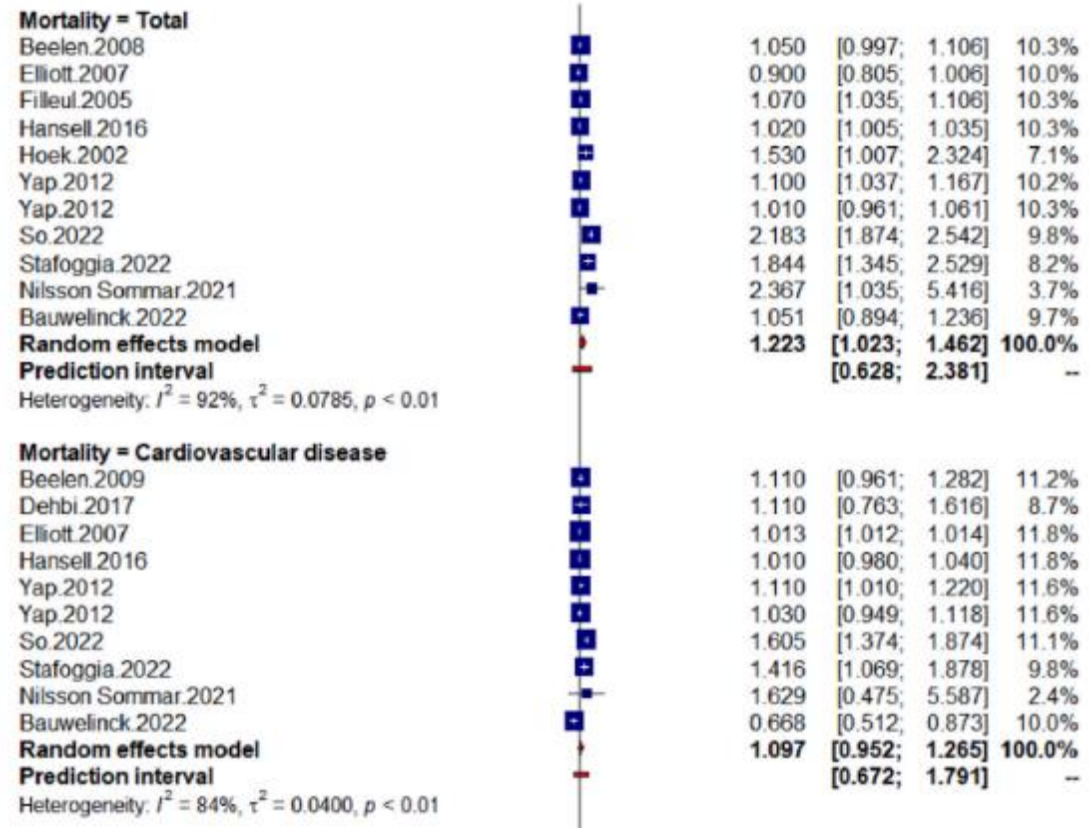
18 eligibility articles (17 cohorts and 1 case-control) were included in the long-term studies and 11 eligibility articles (11 timeseries)

Association between BC and various mortalities of short-term exposure in the general population, RR is for an increase of 10 µg/m³ of BC;

RR = 1.223 (1.023, 1.462)



RR is for an increase of 10 µg/m³ of BC
association between BC and various mortalities of
long-term exposure in the general population



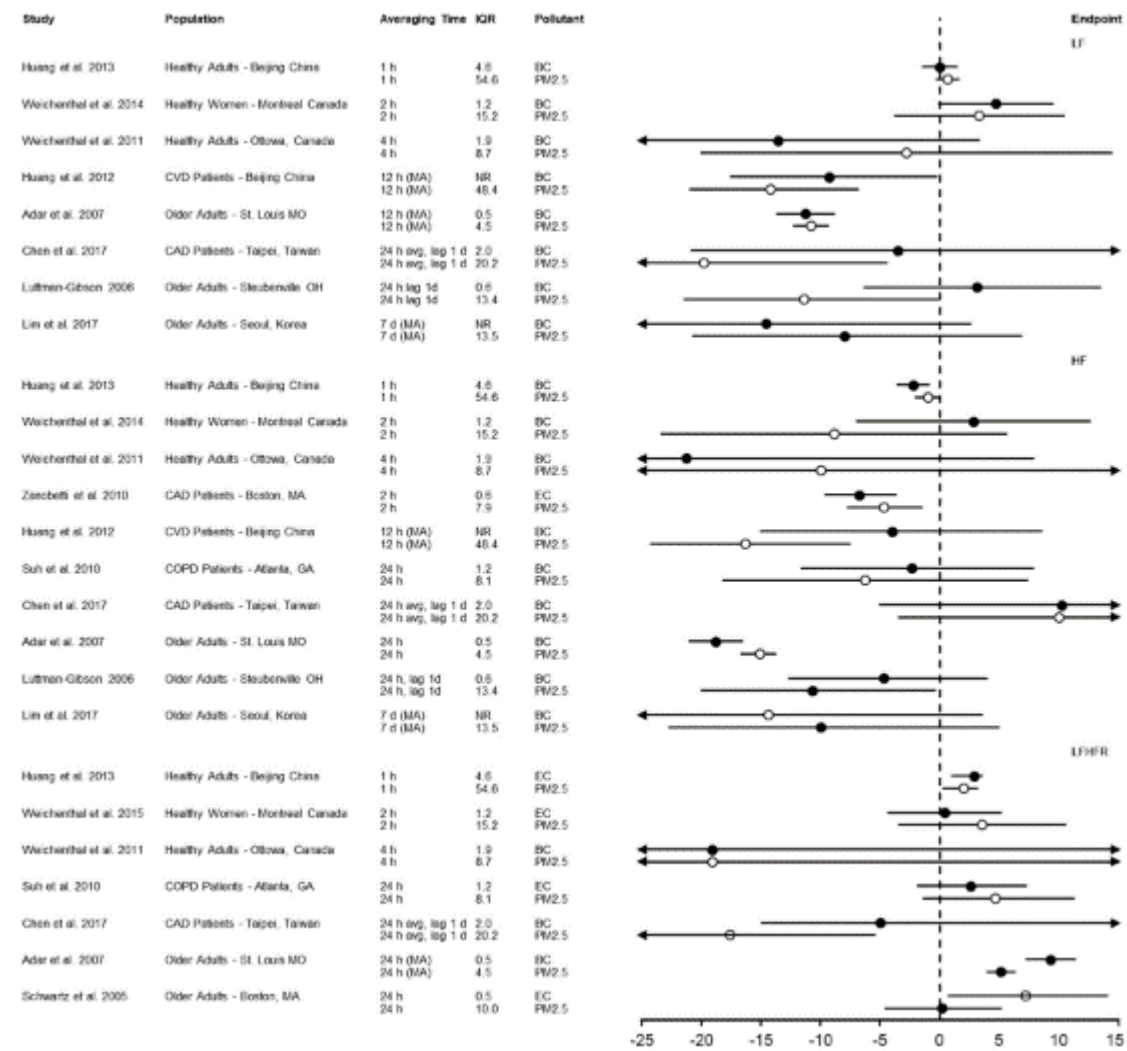
Comparaison effet PM et BC sur des indicateurs de santé cardi-vasculaires

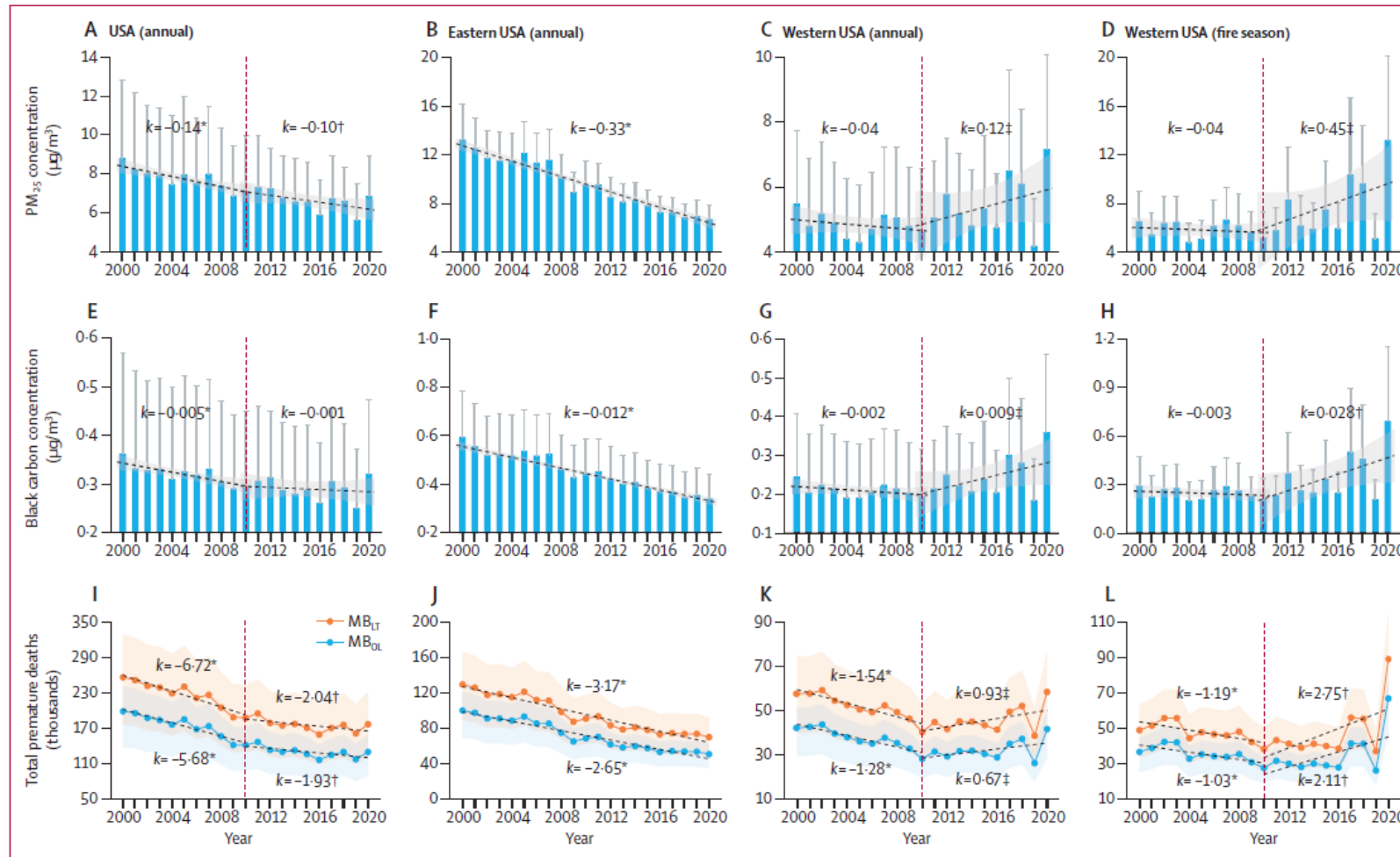
A systematic review of cardiovascular responses associated with ambient black carbon and fine particulate matter.

Kirrane et al. Environment International 2019

→ Comprendre si le BC (ou les EC), composants des PM2.5, ont des associations plus fortes avec des effets cardiovasculaires ou des réponses cardiovasculaires distinctes, par rapport à l'ensemble des PM2.5.

La plupart des études rapportent l'existence d'un risque similaire ou d'intervalles de confiance qui se chevauchent pour les associations entre le BC ou l'EC et les PM2.5 et les indicateurs cardiovasculaires (variabilité de la fréquence cardiaque, rythme cardiaque, pression artérielle et fonction vasculaire, dépression du segment ST, anomalies de la repolarisation, athérosclérose et la fonction cardiaque).





Wei et al. *Lancet Planet Health* 2023

Long-term mortality burden trends attributed to black carbon and PM_{2.5} from wildfire emissions across the continental USA from 2000 to 2020: a deep learning modelling study.

Both PM_{2.5} and black carbon in the USA showed significantly decreasing trends overall during 2000 to 2020 (22% decrease for PM_{2.5} and 11% decrease for black carbon), leading to a reduction of around 4200 premature deaths per year (95% CI 2960–5050).

Since 2010, the decreasing trends of fine particles and premature deaths have reversed to increase in the western USA (55% increase in PM_{2.5}, 86% increase in black carbon, and increase of 670 premature deaths [460–810]), while remaining mostly unchanged in the eastern USA.

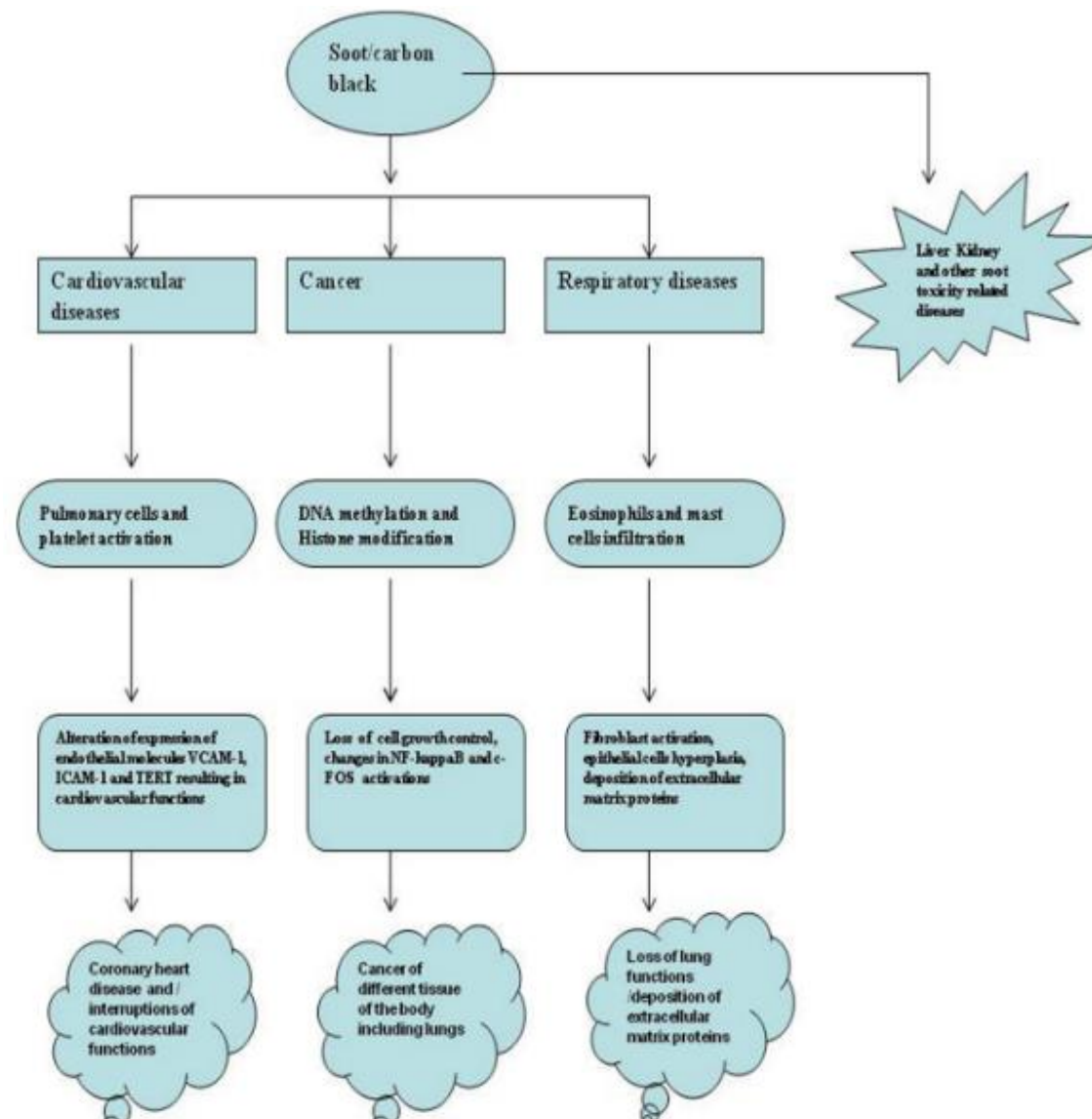
Potential increase in the relative toxicity of PM_{2.5}.

Augmentation potentielle de 28%-38% de la mortalité en considérant une plus forte toxicité du black carbone.

The Toxicological Mechanisms of environmental Soot (Black Carbon) and Carbon Black: Focus on Oxidative Stress and inflammatory Pathways
Frontiers in Immunology
Niranjan & Thakur 2017

- Mécanismes

- Stress oxydatif
- Inflammation
- Méthylation de l'ADN
- Adduits ADN
- Activation AhR
- Inflammation



Conclusions

- Le carbone noir contribue aux effets néfastes sur la santé des PM_{2,5},
 - Effets respiratoires, cardiovasculaires et décès prématurés
 - Potentiel de réchauffement global
- Une meilleure surveillance est nécessaire pour évaluer les effets sur la santé et le changement climatique
- Manque d'études pour distinguer l'effet du BC des PM_{2,5}
- Potentiellement 2^{ème} plus grand contributeur au changement climatique après gaz carbonique