SOCIÉTÉ FRANCOPHONE de MÉDECINE TROPICALE et SANTÉ INTERNATIONALE

MTSI

Pollutions environnementales et santé sous les tropiques
20 mai 2021 Paris

Affections broncho-pulmonaires et pollutions urbaines

Eric Pichard

Centre Médical de l'Institut Pasteur. Paris

Centre de Diagnostic et de Thérapeutique. Hôtel Dieu. Paris

OMS : 7 millions de décès par an attribuables à la pollution dans le monde **dont 90% dans des pays à revenu faible ou intermédiaire**

…et même plus pour les chercheurs du groupe Goddard Earth Observing System (GEOS) d'Harvard : « la mortalité prématurée annuelle mondiale attribuée aux $PM_{2.5}$ des **carburants fossiles** en 2012 est de 10.2 millions »
Vohra et al. Environmental Research 2021; (195)195, April 2021, 110754

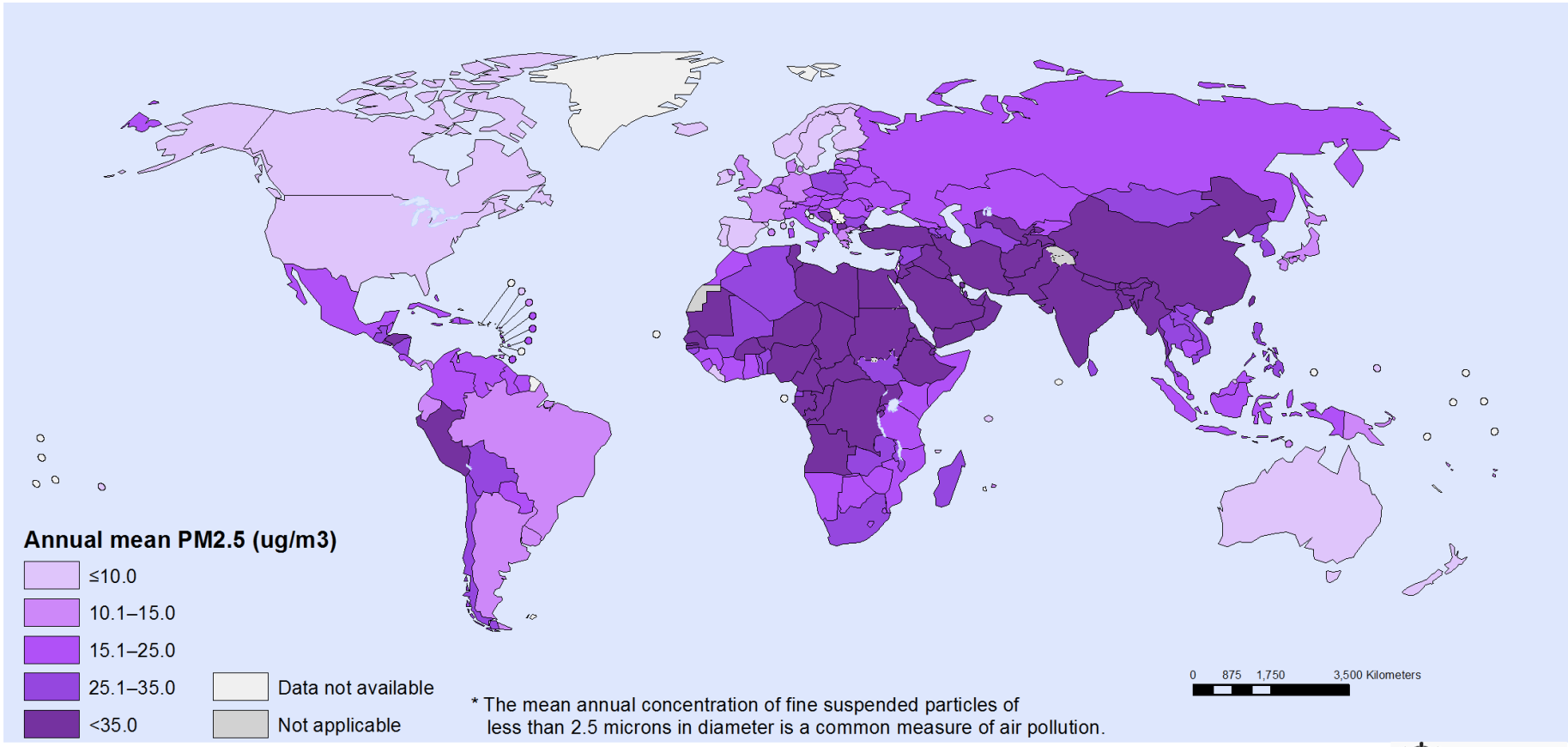
OMS : la pollution est responsable de 43% des décès par **BPCO** et de 29% des décès par **cancer du poumon**

UNICF : la pollution contribue de façon importante à la mortalité de 600.000 **enfants de moins de 5 ans (surtout par pneumonies)** annuellement et menace la vie et l'avenir de millions d'autres…

Répartition des concentration annuelle de particules fines ($PM_{2.5}$) en zones urbaines ($\mu g/m^3$) OMS 2014

mégapoles : 10 millions d'habitants ou + ; grandes villes 5 à 10 millions ; villes de taille moyenne : 1 à 5 millions ; petites ville : 500 000 à 1 million et < 500 000

Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies (2014)



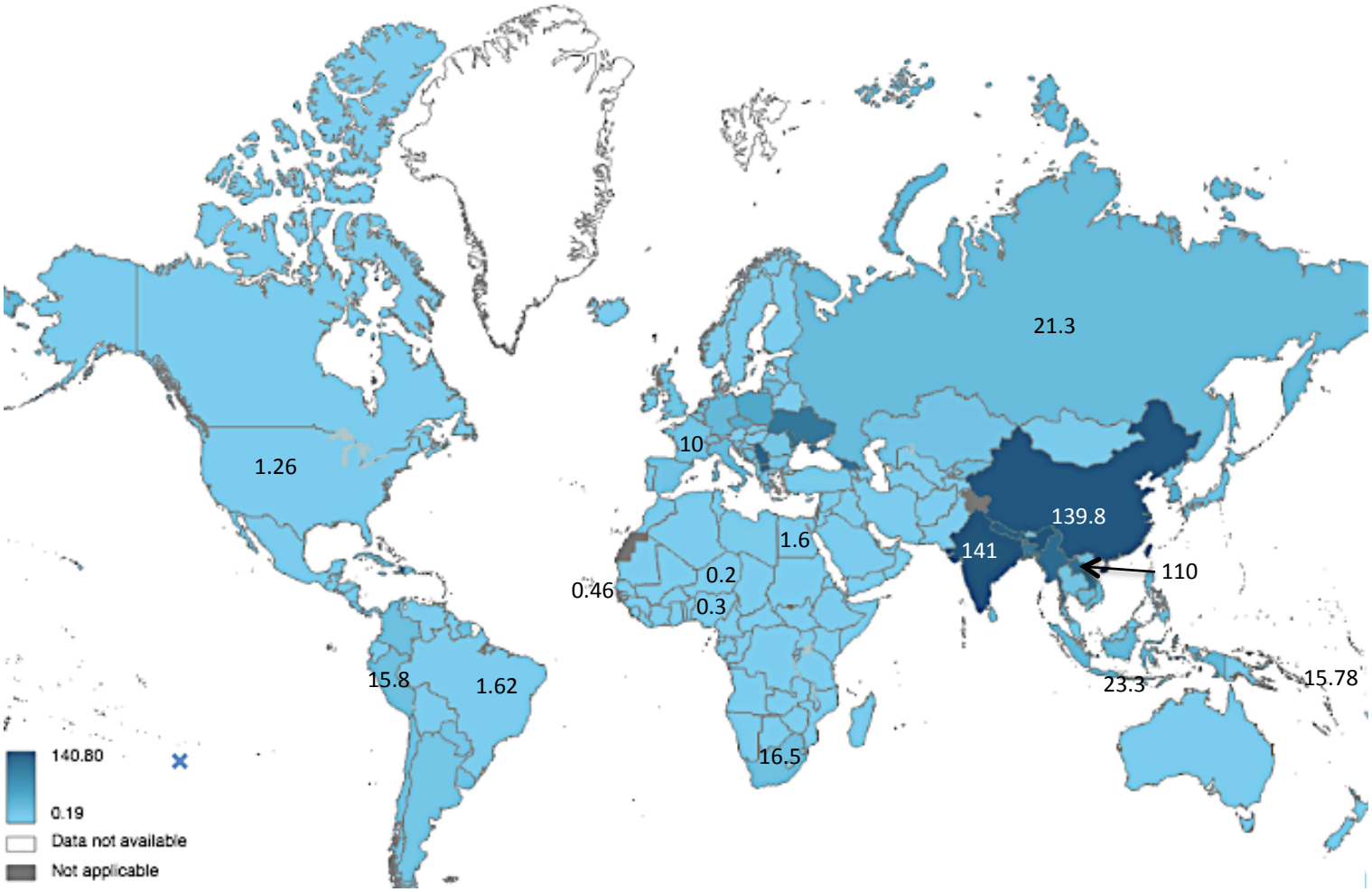
The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: World Health Organization
Map Production: Information Evidence and Research (IER)
World Health Organization

World Health Organization

© WHO 2016. All rights reserved.

Répartition de la mortalité attribuable à la pollution ambiante et domestique pour 100 000 (OMS 2016)



Trois particularités de la pollution urbaine « sous les tropiques »

En 2020, la majorité des populations des PED vit dans des villes
En 2050 le taux d'urbanisation y atteindra 63,4% pour une moyenne mondiale de 66,4% (PNUD)

Polluants	Bénin		OMS	
	Moyenne		Moyenne	
	horaire	annuelle	horaire	annuelle
O_3	160 µg/m³ (8 h)		100 µg/m³ (8 h)	
PM_{10}	230 µg/m³ (24 h)	50 µg/m³	50 µg/m³ (24 h)	20 µg/m³
NO_2	150 µg/m³ (24 h)	100 µg/m³	200 µg/m³ (1 h)	40 µg/m³
SO_2	1300 µg/m³ (1 h) 200 µg/m³ (24 h)	80 µg/m³	500 µg/m³ (10 min) 20 µg/m³ (24 h)	
CO	40 mg/m³ (1h) 10 mg/m³ (8 h)		30 mg/m³ (1h) 10 mg/m³ (8 h)	
Pb		2000 ng/m³		500 ng/m³

Normes de qualité de l'air laxistes Ex : Bénin 2001-2006

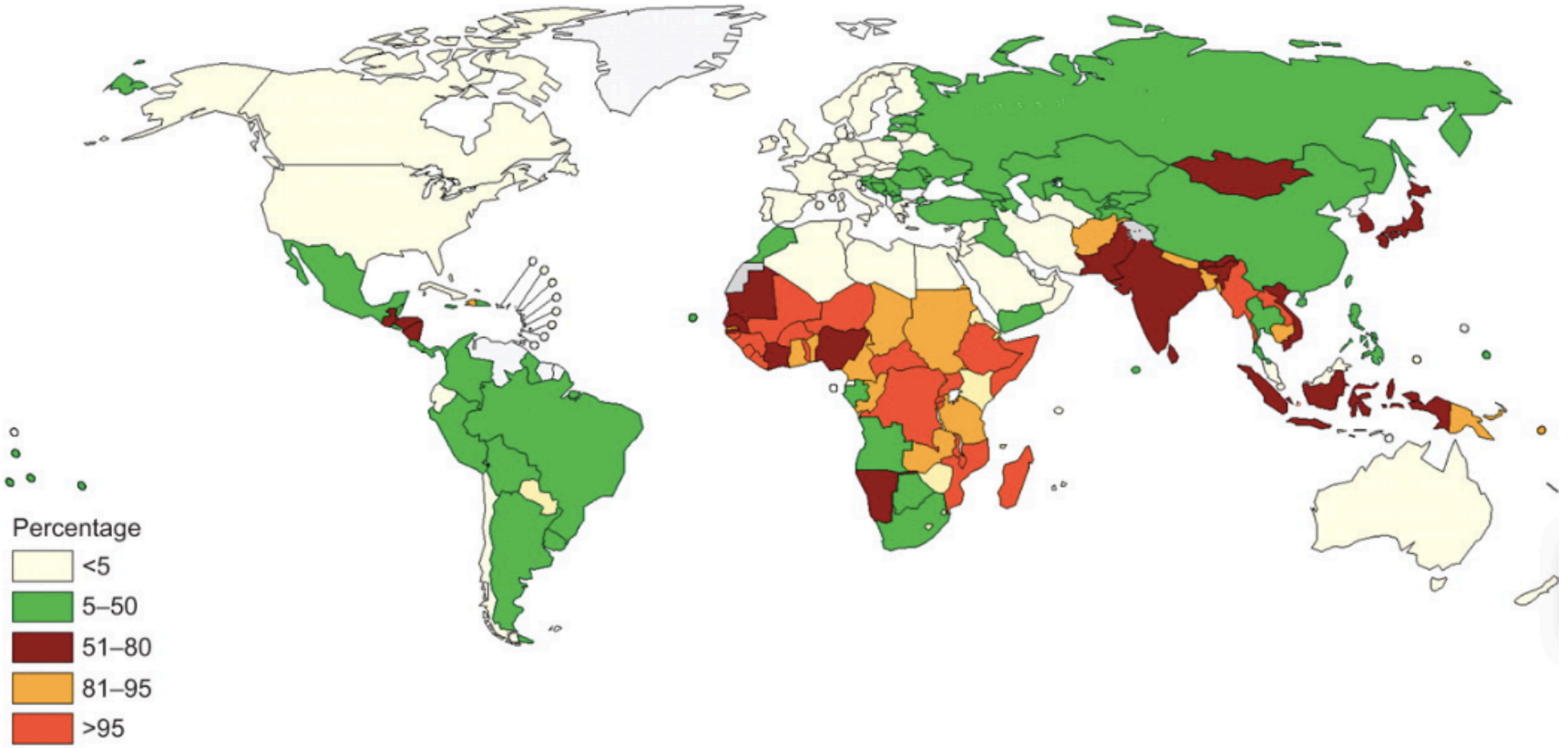
Importance de la pollution domestique

Polluants de l'air à Cotonou en 2005 en tonnes (adapté BM 2007)

	PM_{10}	NOx	SO_2	COVs
Concentrations annuelles (µg/m³)	78	36	9	30[a]
Véhicules	1 616	4693	1 249	45 245
Industries	120	235	1 199	
Énergie domestique	13 886	1 377		

[a] 30 µg/m³ = concentration de benzène

Thèse de Doctorat. F.B.A. Cachon Université d'Abomey-Calavi 2013



Pourcentage de la population totale utilisant des combustibles domestiques solides (OMS)

…. et exposée aux combustibles de la rue

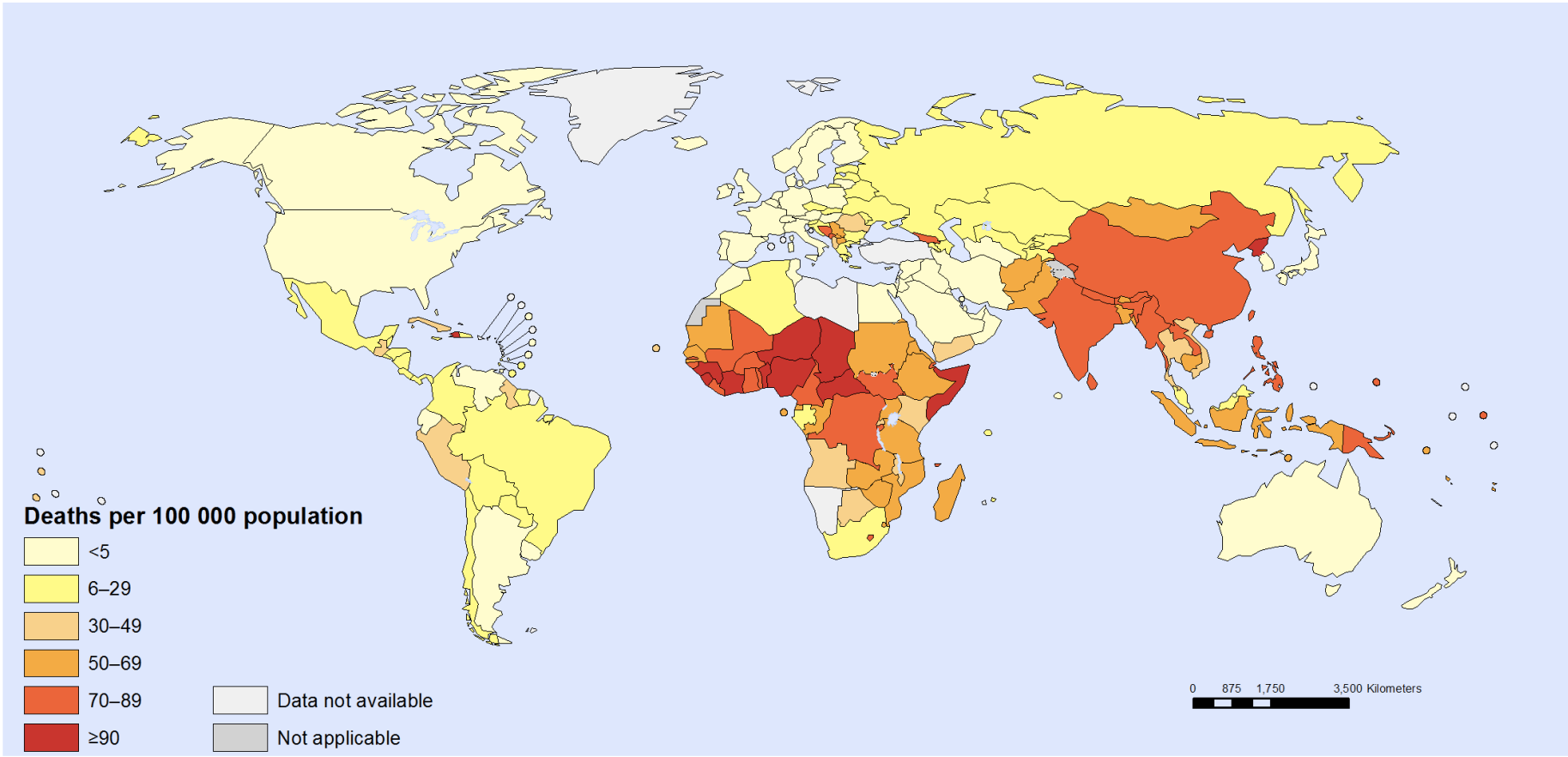
Carburants … frelatés

Bénin : 80% de vente informelle (Cachon 2013)

Importation de vieux véhicules,

sans pots catalytiques, moto-taxis, tuk-tuk…

Mortalité attribuable à la pollution domestique (OMS 2016)



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: World Health Organization
Map Production: Information Evidence and Research (IER)
World Health Organization

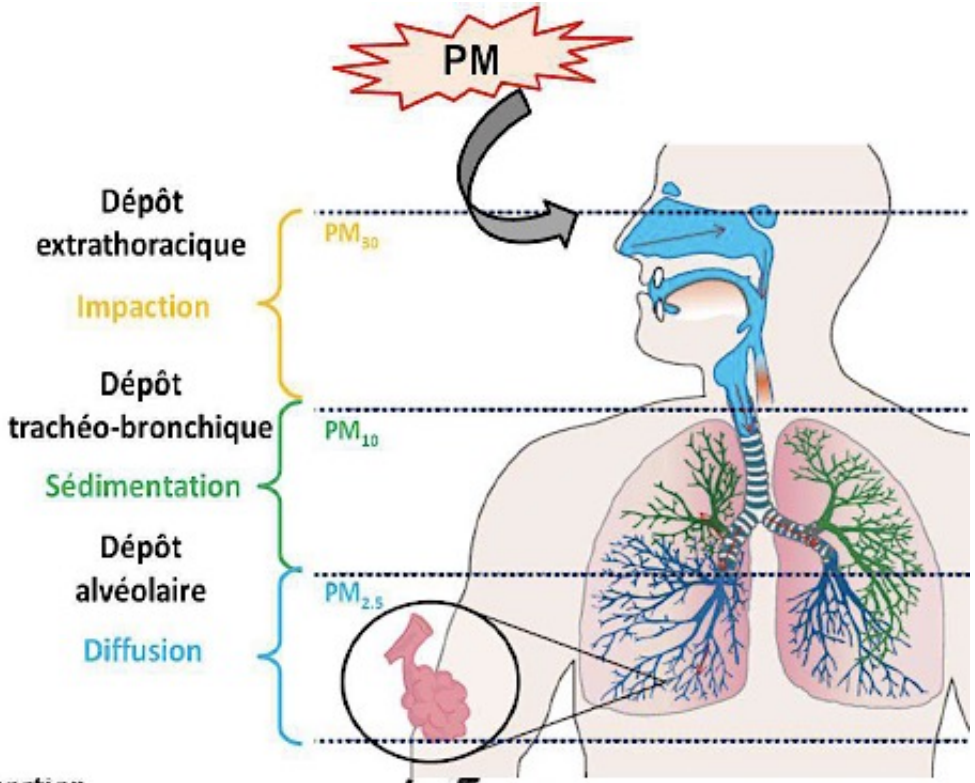
World Health Organization

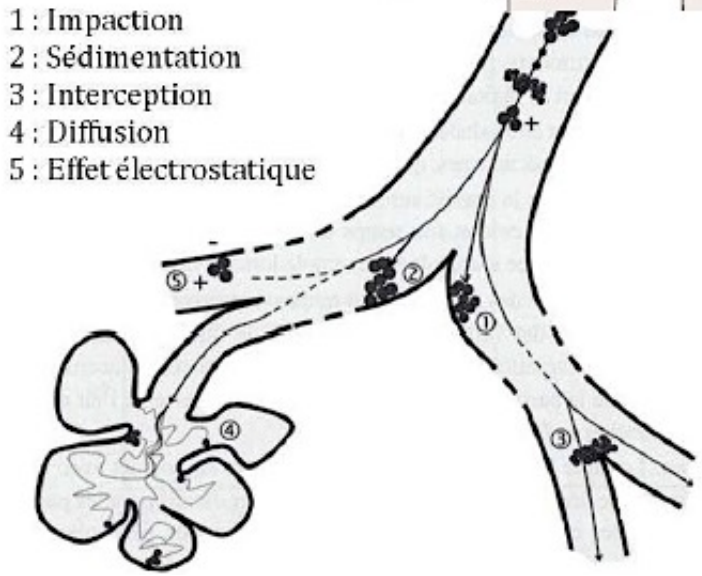
© WHO 2018. All rights reserved.

Circonstances aggravantes

Tabagisme
Fumage domiciliaire du poisson
Ateliers domiciliaires
Combustion des ordures
Centrales thermiques
Travaux urbains
Industries urbaines
Cités minières
Vents de sable, incendies, éruptions…

Mécanismes de dépôt des particules selon leur granulométrie





(Cachon 2013
adapté de Hervé-Bazin, 2007)

Enfants

Voies aériennes plus étroites : obstruction

Surface/poids plus importante : hyperventilation

Immaturité du développement respiratoire

Métabolisme aérobie plus important que chez l'adulte

Physiopathologie

Grosses particules de pollution : irritation des voies aériennes hautes, rhinite

Particules fines ($PM_{2.5}$) pénétrant les voies aériennes basses et **gaz** :

- inflammation par augmentation des récepteurs des cytokines pro inflammatoires (IL6, TNFα, G-CSF) et gélatinases, recrutement de macrophages et PN neutrophiles
- augmentation du stress oxydatif, déplétion en antioxydants
- induction de la production de molécules fibrosantes (fibronectine) : BPCO
- réduction de la fonction phagocytaire des macrophages alvéolaires ; surexpression de molécules d'adhésion (ICAM) : infections
- altération de l'appareil muco-ciliaire et de l'immunité par le NO_2 : infections
- altération de la structure et de la dégradation protéolytique du biofilm : favorise la tolérance de *S.pneumoniae* aux antibiotiques
- transport de composés carcinogènes absorbés sur leur surface jusque dans les poumons et formation de métabolites carcinogènes

Particules ultrafine : passage des alvéoles, effets pulmonaires systémiques

Toxicité propres aux métaux lourds, produits chimiques, composés organiques volatiles COV

Dépôts minéraux : asbestose, silicose, anthracose…

Pollution aérienne urbaine chimique aiguë : Bhopal 1984

Fuite de l'insecticide isocyanate de méthyle à l'usine Union Carbide de la ville de Bhopal (Madhya Pradesh) en Inde

3500 décès immédiats et plus de 300 000 malades chroniques

Immédiatement : **SDRA** avec afflux inflammatoire de PN et lymphocytes, OAP

A terme : **bronchiolite fibrosante**,
insuffisance respiratoire chronique,
susceptibilité à la **tuberculose,**
au **cancer du poumon**…et au **SARS Cov 2 ?**

….moins grave et curable, les pétards à New Delhi

« La justice a pour la première fois interdit l'usage d'explosifs lors de Diwali, la fête des lumières, ce samedi, pour des raisons sanitaires. Un épais nuage toxique risque d'aggraver la condition des malades du Covid-19 » Libération Nov 2020

Rhinites, bronchites et dyspnées asthmatiformes…

Risques d'affections respiratoires attribuables à la pollution

Ex : effet de la pollution domestique (OMS 2007)

Conséquences sanitaires	Données scientifiques[1]	Population	Risque relatif[2]	Risque relatif (intervalle de confiance 95%)[3]	
Infections aiguës des voies respiratoires inférieures	Concluantes	Enfants de 0 à 4 ans	2.3	1.9–2.7	SUFFISANTES
Bronchopneumopathie chronique obstructive	Concluantes	Femmes ≥ 30 ans	3.2	2.3–4.8	SUFFISANTES
	Assez concluantes I	Hommes ≥ 30 ans	1.8	1.0–3.2	SUFFISANTES
Cancer du poumon (charbon)	Concluantes	Femmes ≥ 30 ans	1.9	1.1–3.5	SUFFISANTES
	Assez concluantes I	Hommes ≥ 30 ans	1.5	1.0–2.5	SUFFISANTES
Cancer du poumon (biocombustibles)	Assez concluantes II	Femmes ≥ 30 ans	1.5	1.0–2.1	INSUFFISANTES
Asthme	Assez concluantes II	Enfants de 5 à 14 ans	1.6	1.0–2.5	INSUFFISANTES
	Assez concluantes II	Adultes ≥ 15 ans	1.2	1.0–1.5	INSUFFISANTES
Cataracte	Assez concluantes II	Adultes ≥ 15 ans	1.3	1.0–1.7	INSUFFISANTES
Tuberculose	Assez concluantes II	Adultes ≥ 15 ans	1.5	1.0–2.4	INSUFFISANTES

Pneumonies et pollution aérienne chez les enfants

Pneumonies : première cause de décès infanto-juvénile dans les PED

En diminution mais moins nette que pour les autres causes de décès à cet âge et parfois en augmentation en Afrique (RDC, Nigeria) et en Asie du sud (Inde, Pakistan) UNICEF 2016 : **pollution ?**

Oui, probablement : risque de développer une pneumonie chez l'enfant double en cas d'exposition à la pollution aérienne (UNICEF 2016)

Mais quelle pollution ?

Synthèse de 22 études sur le lien pollution domestique/pneumonies chez < 5 ans des PED. *Adaji et al. Environ Sci Poll Res 2019*

Surtout Inde, seulement 9 cas/contrôles et 2 randomisées

- Association significative entre exposition aux **carburants solides** et pneumonie
- Pas d'association pour exposition au CO
- Pas d'association pour $PM_{2.5}$ mais avec un de ses composants, le carbone noir

Autres facteurs ou cofacteurs évoqués : saison, promiscuité, pauvreté, nutrition, activités dans le domicile, vaccination, VIH….

A Ho Chi Minh Ville

Chaque augmentation de 10 µg/m^3 de $PM_{2.5}$ est associée à une augmentation du risque d'hospitalisation des enfants pour IRAb de 3.51.
Bronchiolites > pneumonies

Ly Thi Mai Luong et al. Environ Pollut 2020

Pollution aérienne plus importante en saison sèche (novembre-avril)
- Mais 60% des hospitalisations pour IRAb en saison des pluies
- L'augmentation des admissions est liée à l'augmentation de PM_{10}, NO_2 et SO_2 durant la saison sèche mais pas durant la saison humide (mai-oct.)
- Pas d'association entre taux d'O_3 et IRAb quelque soit la saison
- Facteur de confusion : pas de bronchiolites (VRS) en saison sèche

Truong Giang Le et al. Res Rep Health Eff Inst 2012

Lien entre infections respiratoires et utilisation de combustibles solides à domicile chez l'adulte

Lien surtout chez les femmes et les cuisiniers
Kilabuko et al. Int J Environ Res Public Health. 2007 (Tanzanie)
Shrestha et al. Occup Environ Health. 2005 (Népal)
Taylor et al. Int J Environ Res Public Health. 2012 (Sierra Leone)

Mais identification d'infection respiratoires sur interrogatoire, reposant sur des symptômes (toux, expectoration, « bronchite chronique », respiration sifflante, souffle court) et non des examens objectifs
Différentiation des infections respiratoires hautes et basses inconstante

Nombreux cofacteurs

Pauvreté, coinfections, nutition…
Gordon et al. Lancet Respir Med. 2014

Broncho-pneumopathie chronique obstructive

4ème cause de décès dans le monde (GBD Risk Factors Collaborators 2015)
Plus de 90% des décès par BPCO se produisent dans des pays à revenu faible et intermédiaire (OMS)

Facteurs de risque :

- tabac : pays riches 15 à 25% des cas de BPCO chez fumeurs *vs* 45% dans les PED
- pollution ambiante et domestique (surtout domiciliaires chez non fumeuses)
- polluants industriels
- IRAb répétées de l'enfance
- exposition du fœtus à la pollution domestique pendant la grossesse

Revue systématique de 24 études dans 12 pays évaluant le risque de BPCO chez l'adulte lié à l'exposition à la pollution aérienne domestique :

- dans 22/ 24 études : risque positif
- F (OR, 2,30; 1,73, 2,06) > H (OR, 1,90; 1,15, 3,13).
- lien avec durée d'exposition

Smith et al. Science 2014

Asthme et pollution

Suivi de cohorte dans 6 pays (Chine, Inde, Ghana, Mexique, Russie, Afrique du Sud)
de 29 249 **adultes** > 50 ans : 5, 12% des asthme attribués à l'exposition aux $PM_{2.5}$ ambiantes
Siqi Ai et al. Environ Res. 2019

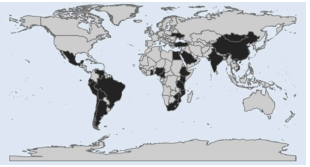
Lien entre l'asthme et la pollution en Afrique du Sud chez 3 468 **enfants** en
zone urbaine industrielle

Risque d'asthme : augmenté
- par l'exposition à la fumée de **tabac** à domicile : OR 1.36
- par l'utilisation du **gaz** pour la cuisson des aliments : OR 1.68
- sévèrement par l'utilisation de **paraffine** pour la cuisson : OR 1.85
- par le passage important de **camions** à proximité : OR 1.32

Shirinde et al. Environmental Health 2014

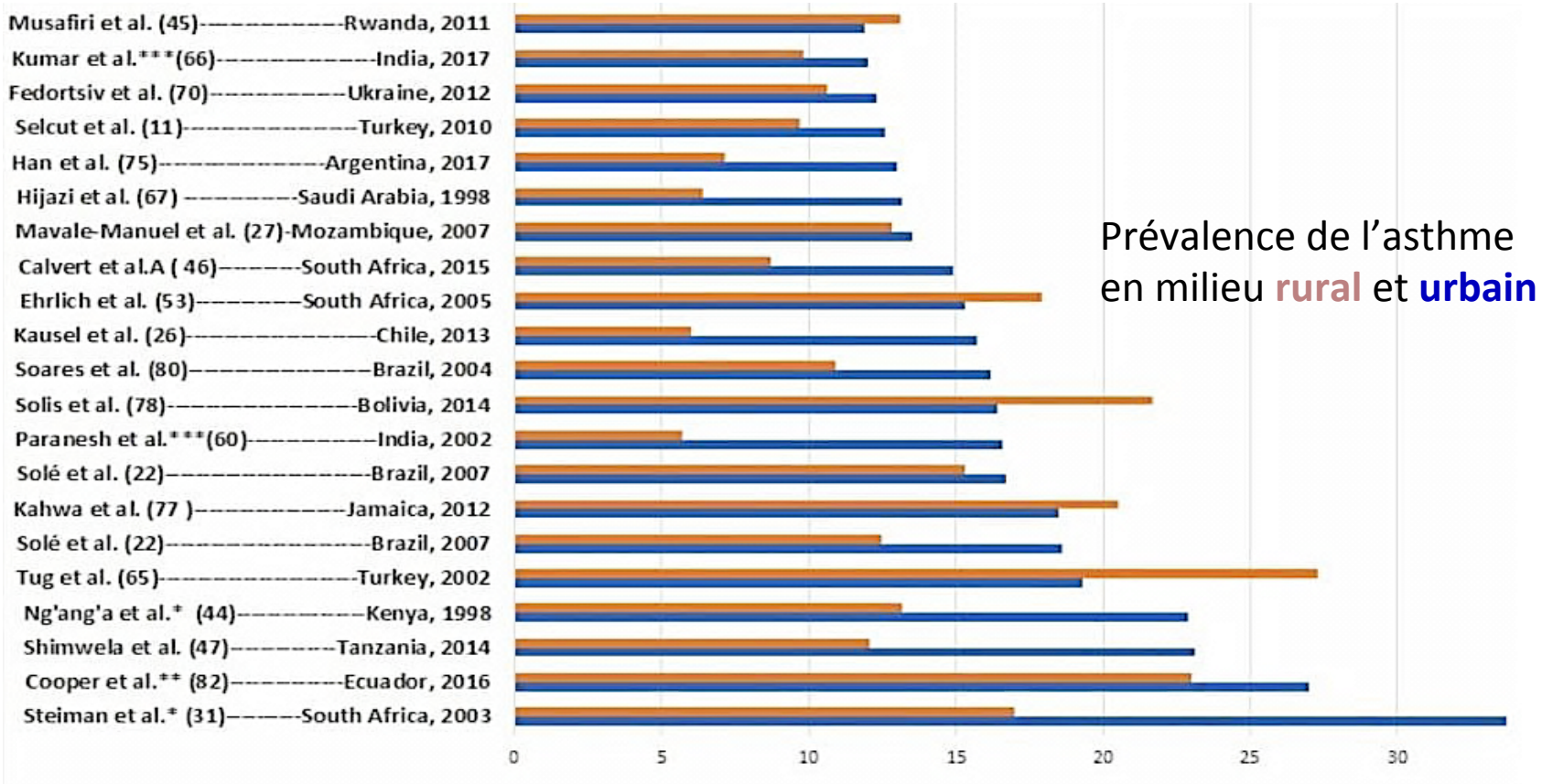
Mais méta analyse de 25 articles (Inde/Népal/Pakistan : 10) : exposition domiciliaire aux carburant solide en milieu rural
Pas d'association significative entre asthme et exposition chez les enfants et les femmes
Associations significatives : IRA enfant (OR 3.53), bronchite chronique (OR : 2.52)
et BPCO (OR : 2.40) chez les femmes
Po et al. Thorax 2011

Asthme urbain et rural sous les tropiques



Analyse de 70 articles sur asthme urbain *vs* rural dans les PED
Rodriguez et al. Thorax 2019

PD : stabilisation. PED : augmentation
PED : urbain > rural mais définition de urbain? Définition de l'asthme



Prévalence de l'asthme
en milieu **rural** et **urbain**

Asthme + BPCO et pollution sous les tropiques chez les adultes

Compilation de 4 séries de 12 000 adultes d'Argentine/Uruguay/Chili, Pérou, Ouganda et Bangladesh

Prévalence moyenne de asthme + BPCO : 3.8%
(0% au Pérou rural à 7.8% au Bangladesh urbain)

Risque de l'association :

- maximal si **exposition à la fumée de combustion de biomasse domestique** (OR : 1.48)
- tabagisme (OR, 1.28)
- faible éducation primaire (OR, 1.35)

Syndrome obstructif plus sévère si BPCO + asthme *vs* BPCO

Morgan et al. J. Allergy Clin Immunol 2019

Association tuberculose et pollution par les Combustibles solides domiciliaires

Association positive

Inde : *Gupta et al. Energy Environment Monitor 1997*. OR : 2.54
Mishra et al. Int J Infect Dis 1999. OR : 2.58
Hazra et al. Population and environment linkages 2007. OR : 1.2
Koloppan et al. Thorax 2019. OR : 1.7

Mexico : *Pérez-Padilla et al. Int J Tuberc Lung Dis.* OR : 2,4 (cas/témoins, BK+)

Pas d'association

Chine *: Kan et al. BMC Public Health 2011*
Inde : *Behera et al. Indian J Chest Dis Allied Sci 2010*
Bénin : *Gninafon et al. Eur Respir J 2011*

Méta analyse des données de 5 études intéressant 13 pays tropicaux d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine, soit 12 592 patients. *Emuron et al. Chest 2011*

Cancer du poumon

L'exposition à la **fumée de bois** durant + de 50 ans chez des **femmes** est associée au cancer du poumon au Mexique. *Hernández-Garduño et al. Int J Tuberc Lung Dis 2004*

Lien entre la pollution par **biomasse** domestique et cancer du poumon démontré en Inde surtout chez les **femmes**
Behera et al. J Assoc Physicians India. 2005

Revue systématique/méta analyse de *Bruce et al.Thorax 2015 :* risque de cancer du poumon par exposition a la combustion de **biomasse** domestique surtout chez les **femmes des pays pauvres**

L'utilisation du charbon pour le chauffage et la cuisson est reconnue comme cancérogène du groupe I par le Centre International de Recherche sur le Cancer
L'utilisation de la biomasse pour la cuisine n'est considérée que comme un cancérigène probable en raison de preuves épidémiologiques plus faibles, même si plusieurs produits chimiques de statut de groupe I se trouvent dans la fumée de bois (IARC 2010)

Conclusion

Preuves de l'effet de la pollution essentiellement pour les infections respiratoires aiguës chez les enfants surtout par pollution domiciliaire

Nécessaire standardisation des mesures de pollution dans les PED, diagnostics plus précis, analyse des cofacteurs

La pollution n'est qu'un des facteurs favorisant les affections respiratoires en milieu urbain dans les PED, intriquée avec pauvreté, inégalités sociales, malnutrition, climat…

Interventions possibles :

Réduction de la pollution ambiante urbaine
Réduction de l'utilisation de combustibles solides domiciliaires
Lutte contre le tabagisme
Vaccination des enfants : *H.influenzae* b, pneumocoque, rougeole…