

Pollution atmosphérique et Covid-19 : impacts sanitaires et prévention



Francelyne MARANO

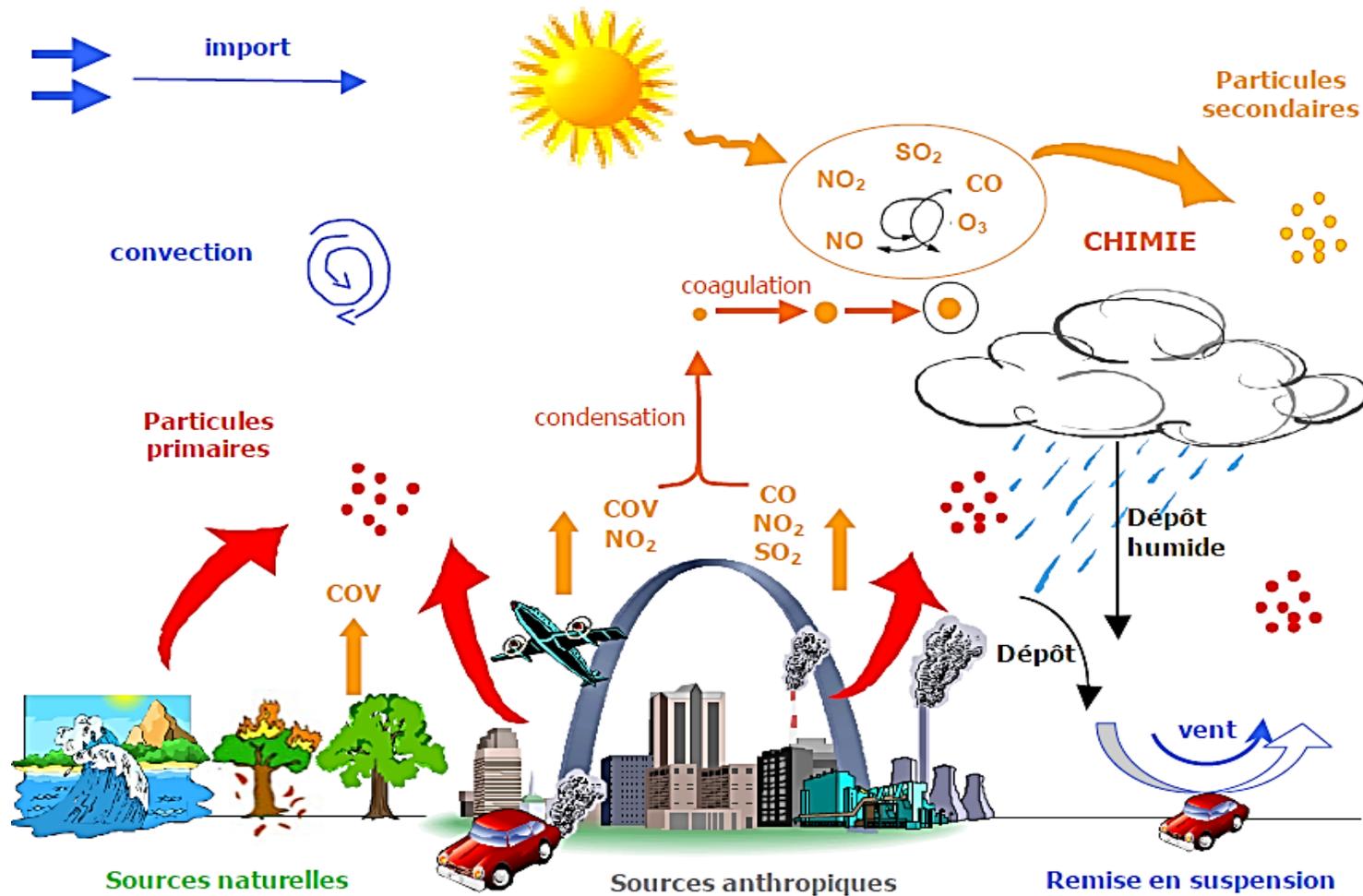
**Professeur émérite à l'Université de Paris,
Unité de Biologie fonctionnelle et adaptive CNRS UMR 8251,
Présidente de la commission spécialisée sur les risques
environnementaux du Haut Conseil de la santé publique**



- **Les sources des polluants atmosphériques**
- **Les polluants atmosphériques, un mélange complexe**
- **Les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique en France**
- **Pollution atmosphérique et Covid-19, quelles interactions ?**
- **L'exposition à la pollution atmosphérique, facteur aggravant de la Covid-19 ?**
- **Les mécanismes de transmission du SARS-CoV-2**
- **Covid-19 et pollution atmosphérique, les gestes de prévention à adopter**



Les sources des polluants atmosphériques



Source : Synthèse des connaissances sur les particules en suspension dans l'air et des travaux d'AIRPARIF sur ces polluants. – Paris : AIRPARIF, 2008-10
http://expair.airparif.asso.fr/pdf/publications/biblio_particules_081022.pdf



Les polluants atmosphériques : un mélange complexe

<u>Monoxyde d'azote</u> NO	<u>Monoxyde de carbone</u> CO	<u>Dioxyde de soufre</u> SO₂	<u>Dioxyde d'azote</u> NO₂	<u>Composés organiques volatils</u> COVNM
<u>Hydrocarbures polycycliques aromatiques</u> HAP	<u>Ammoniac</u> NH₃	<u>Particules < 2.5 µm</u> PM_{2.5}	<u>Métaux</u> Pb,As,Ni,Cd...	<u>Particules < 10 µm</u> PM₁₀



Source : Airparif
<https://www.airparif.asso.fr/comprendre-la-pollution/les-sources-de-pollution>

© 2021 Airparif. Tous droits réservés.



L'étude de Santé Publique France

LA POLLUTION DE L'AIR CAUSE PLUS DE 48 000 DÉCÈS PAR AN EN FRANCE

- **Ordre de grandeur cohérent avec les estimations précédentes**
 - Etude CAFE (PM anthropiques-mortalité, 2000) : 42 000 décès en France
 - Etude de l'Agence européenne de l'environnement (PM2.5,mortalité, 2012): 43 000 décès en France
- **Poids pour la santé publique**
 - 9% de la mortalité en France
 - Jusqu'à 27 mois d'espérance de vie perdue pour une personne de 30 ans dans les zones les plus exposées
- **Effets plus importants en grandes agglomérations mais les villes de taille petite et moyenne, ainsi que milieu rural aussi concernés :**
 - En zones > 100 000 habitants : en moyenne, une perte de 15 mois d'espérance de vie à 30 ans
 - En zones > 2000 et <100 000 habitants : en moyenne, une perte de 10 mois d'espérance de vie à 30 ans
 - En zones rurales : en moyenne une perte de 9 mois d'espérance de vie à 30 ans

Source : M.Pascal et al, BEH 26-27 2016

http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2016/26-27/2016_26-27_1.html

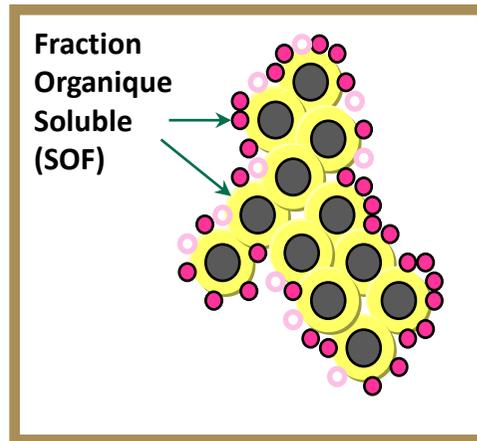


Les particules atmosphériques fines et ultrafines

Les particules atmosphériques fines = PM 2,5

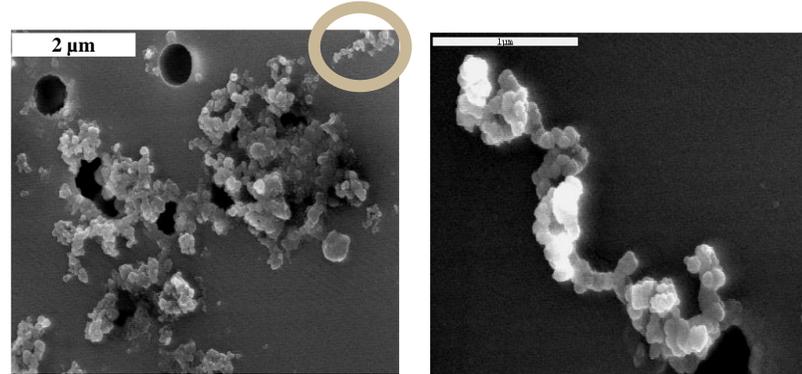
Les particules atmosphériques ultrafines = PM 1

Particules Diesel

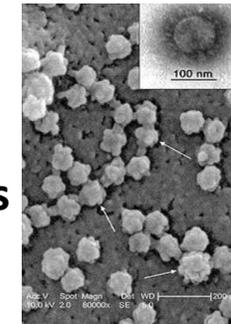


- Sphères de carbone (0,01-0,08 μm) qui forment des agglomérats (0,05- 1 μm)
- Hydrocarbures adsorbés
- Hydrocarbures condensés
- Sulfates hydratés

Suies (60-90% PM 2,5 trafic)



- Composés organiques
- Métaux
- Endotoxines bactériennes
- Allergènes
- Virus ?

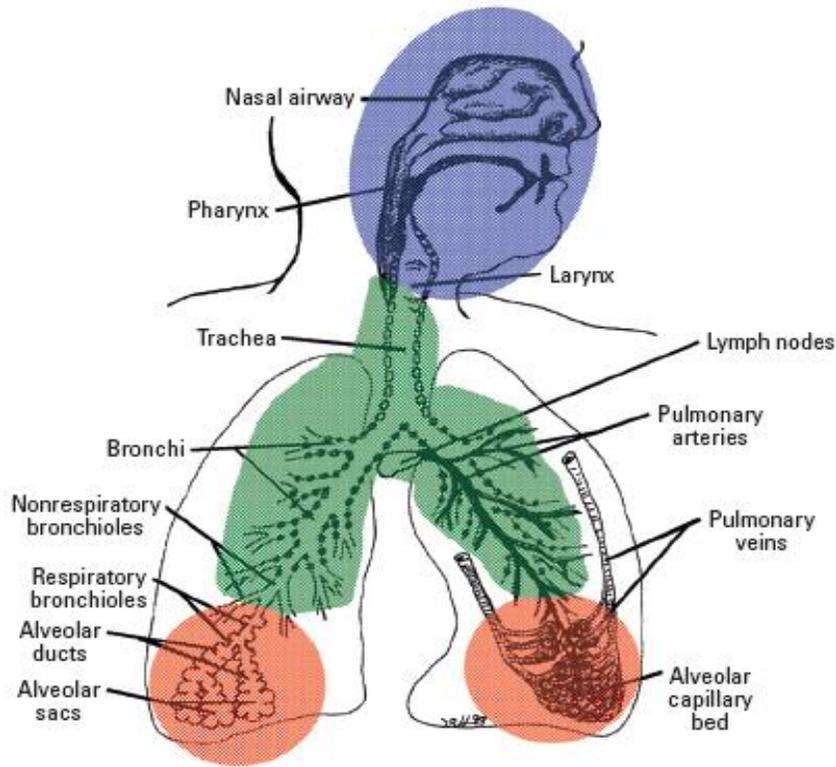


SARS-CoV-2



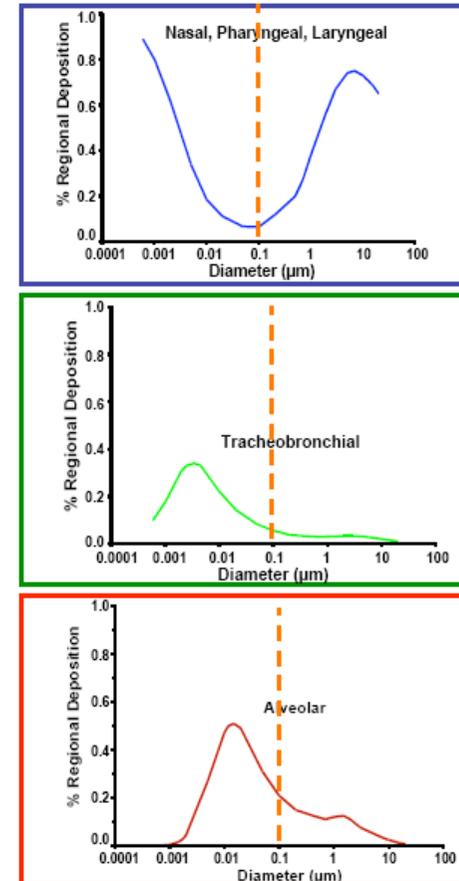
Les particules atmosphériques fines et ultrafines

Les particules se déposent dans l'appareil respiratoire en fonction de leur taille

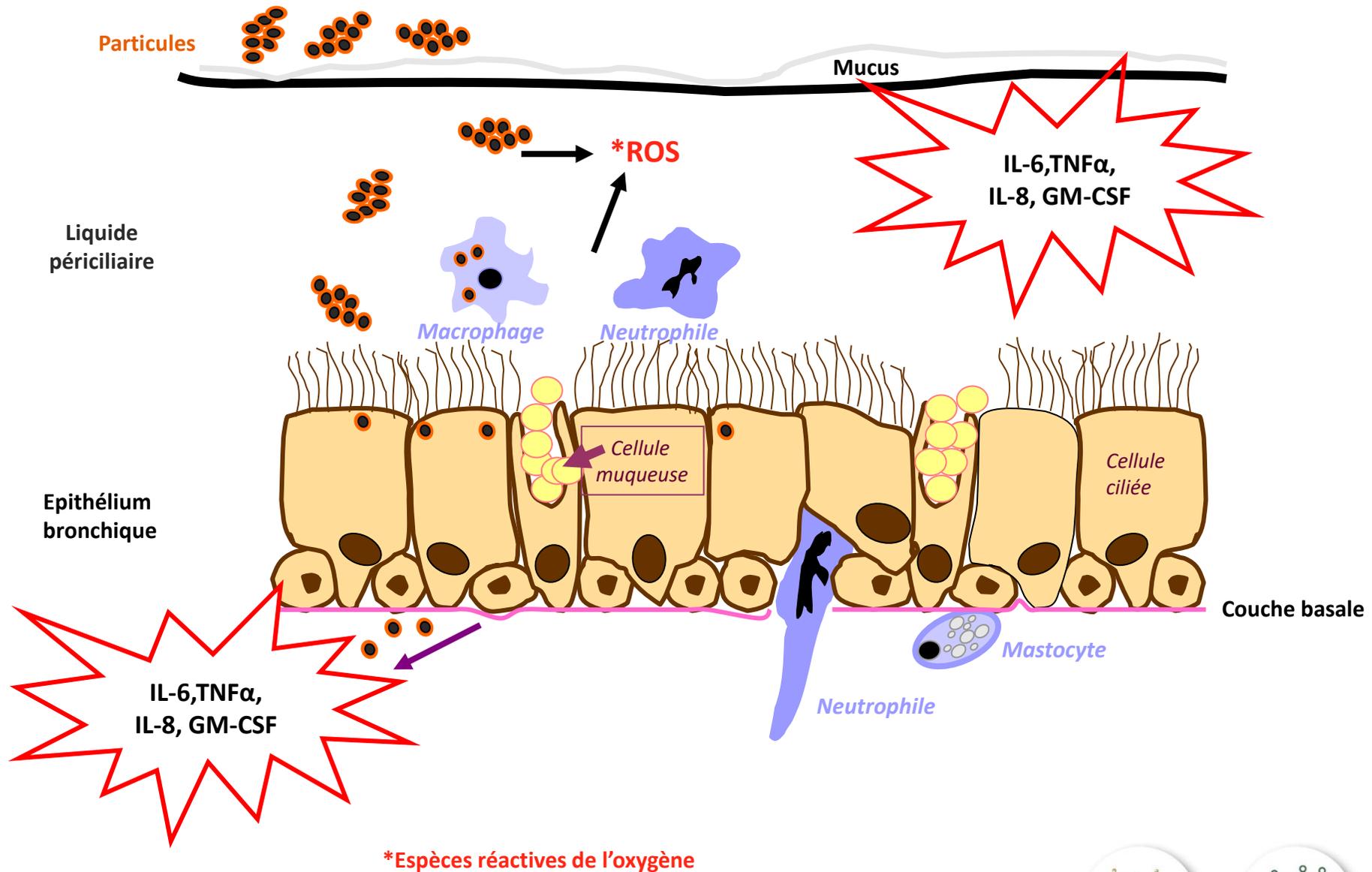


Source : Oberdorster, EHP, 2005
<https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.7339>

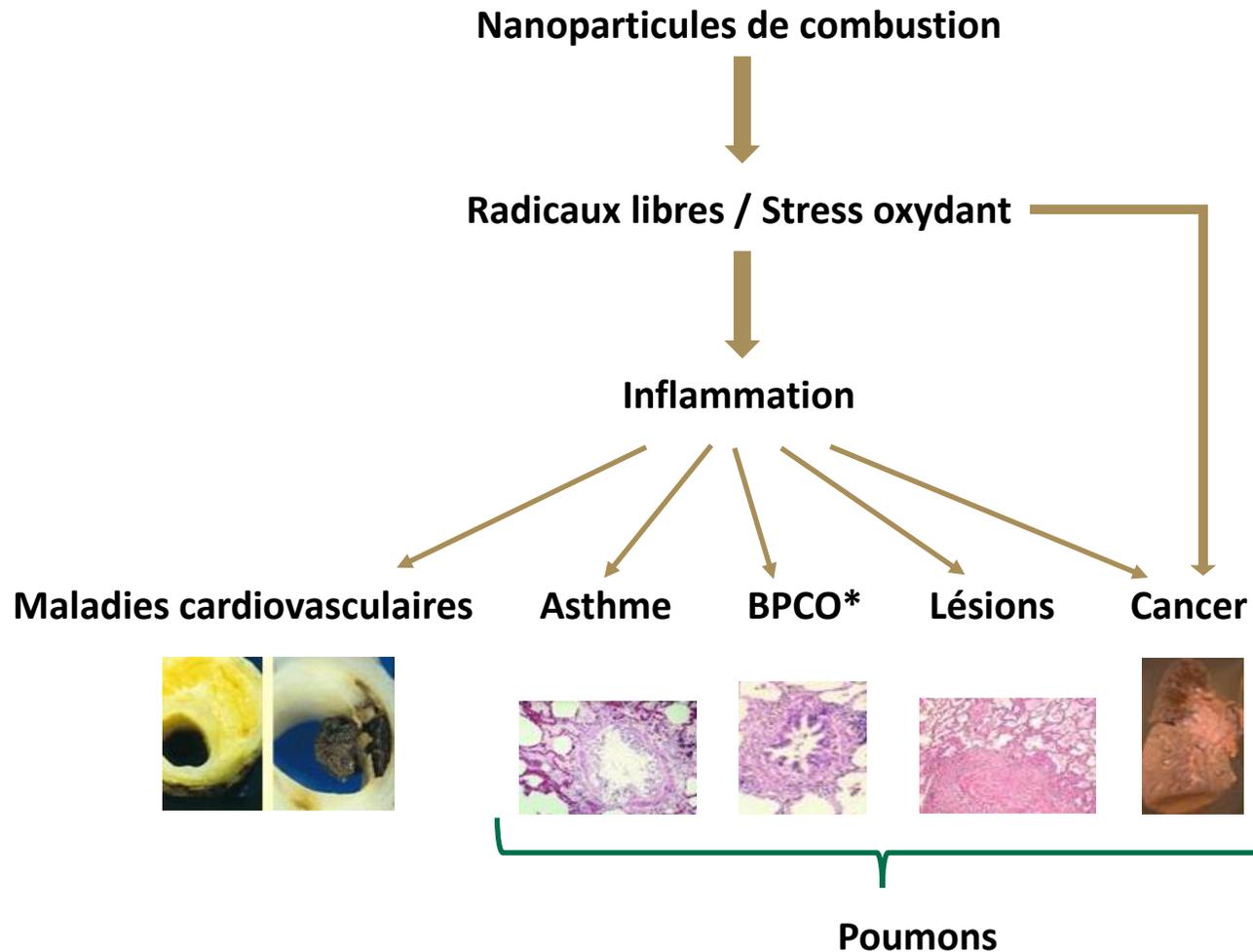
Surface 140 m²



L'inflammation induite par les particules atmosphériques dans les voies respiratoires



Les maladies provoquées par l'inflammation pulmonaire chronique

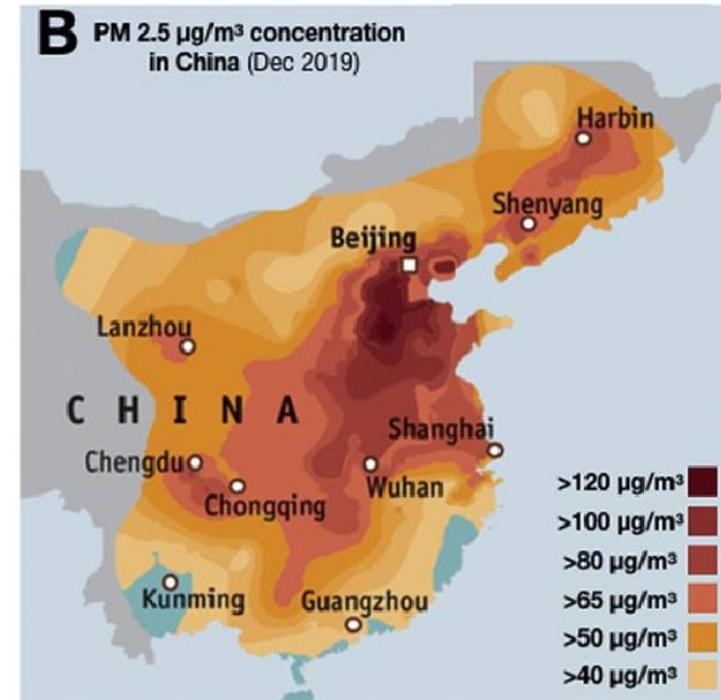
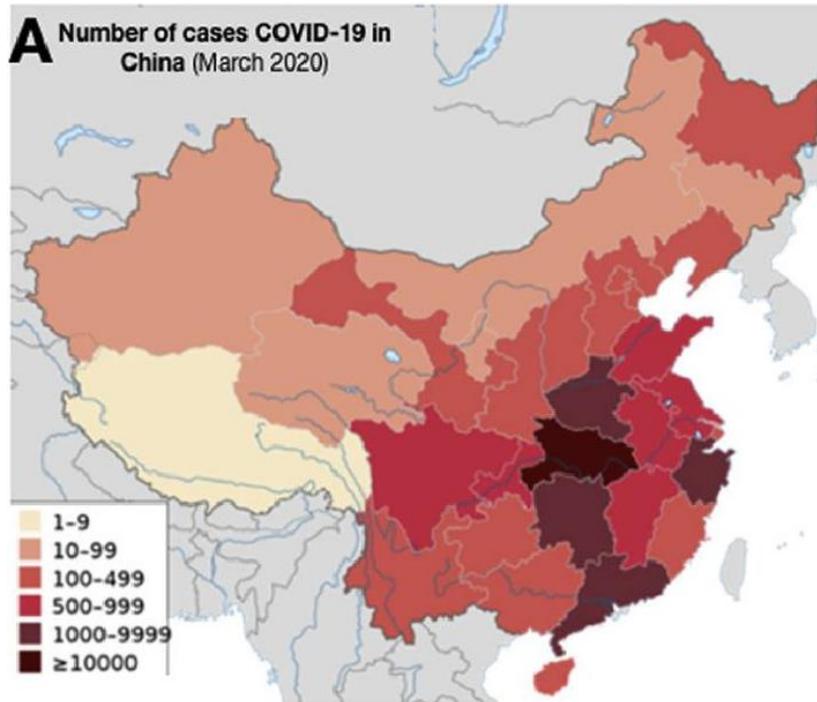


* Bronchopneumopathie chronique obstructive



Pollution atmosphérique et Covid-19, quelles interactions ?

Une coïncidence troublante entre le nombre de cas de Covid-19 en Mars 2020 et la pollution aux particules fines PM 2,5 en Décembre 2019 en Chine

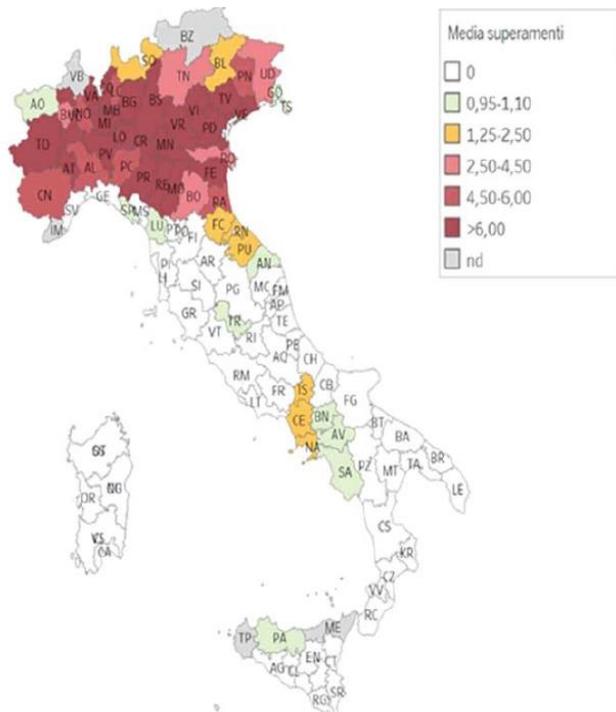


Source : Frontera A et al *J Infect.* 2020 Aug; 81(2): 318–356
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7151372/>



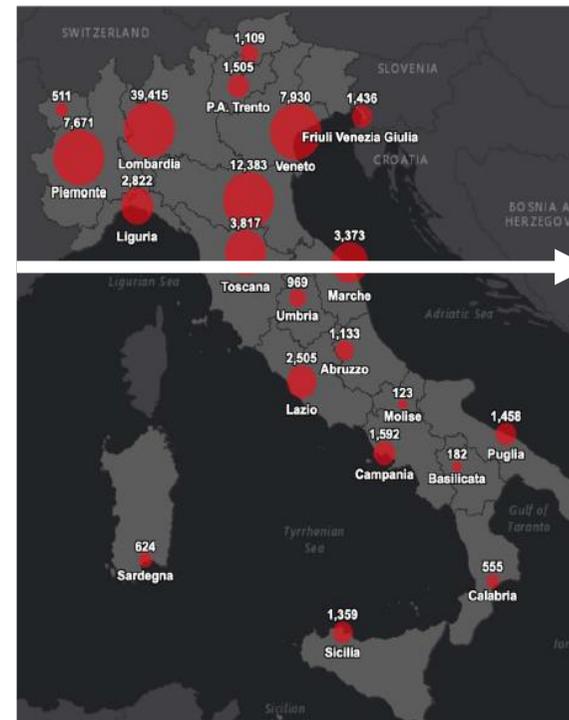
Pollution atmosphérique et Covid-19, quelles interactions ?

En Italie, la Lombardie la plus touchée par l'épidémie en Février-Mars est la plus polluée



Pollution particulaire en Italie
Février 2020

Source : Martelletti et al, *Comp. Clin. med* 2020
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7156797/>



81 972 cas Covid-19

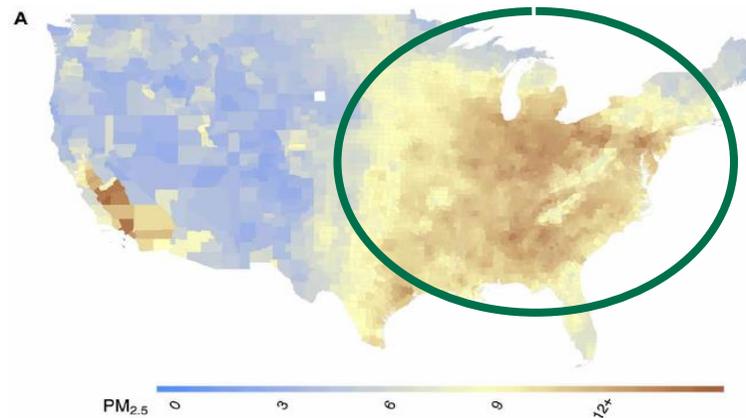
8 517 cas Covid-19

Nombre de cas de Covid-19

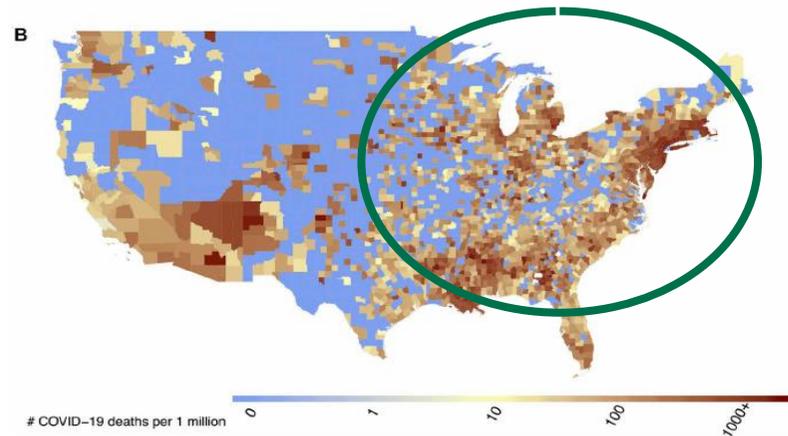


Pollution atmosphérique et Covid-19, quelles interactions ?

Aux USA, la mortalité Covid-19 est la plus forte dans les régions historiquement les plus polluées par les PM 2,5 (étude écologique)



Concentration en PM 2,5 par région administrative (Comté) entre 2000 et 2016 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

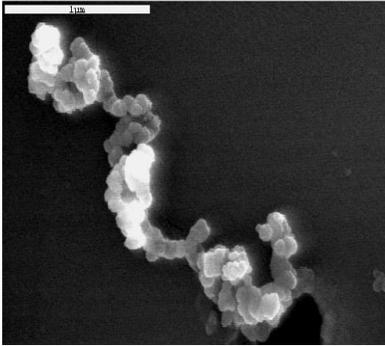


Nombre de morts Covid 19/millions d'habitants et par région administrative (Comté) depuis le début de l'épidémie au 18 juin 2020

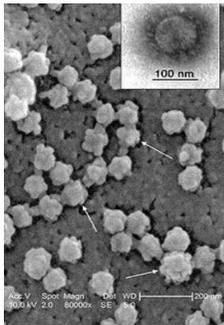
Source : *Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study*, Wu et al.Sci.Adv.2020
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33148655/>



Pollution atmosphérique et Covid-19, quelles interactions ?



PM 2,5



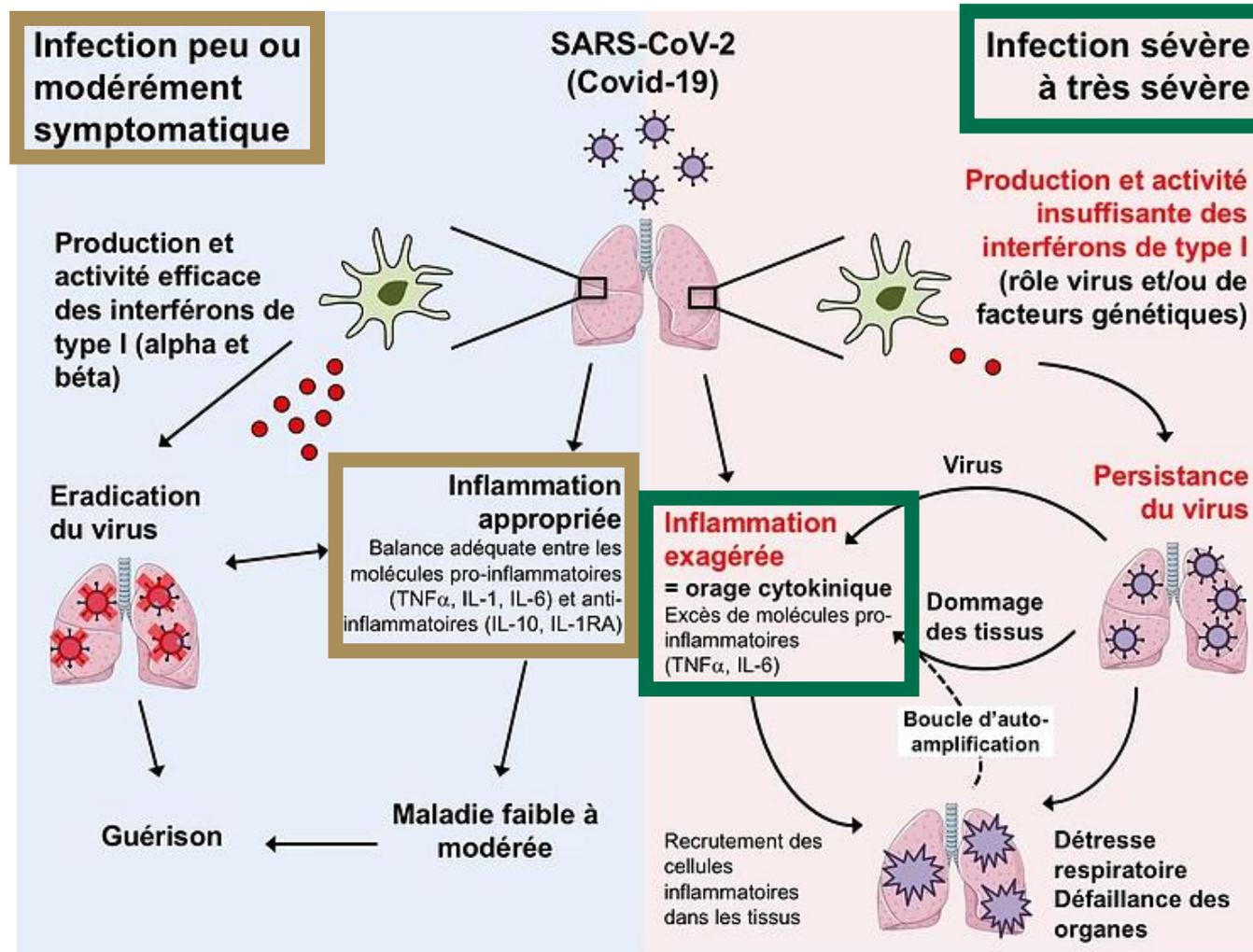
SARS-CoV-2

- Il a été détecté une présence de l'ARN de SARS-CoV-2 dans des prélèvements atmosphériques collectés à l'intérieur et à l'extérieur des hôpitaux à Wuhan (*Liu et al. 2020*)
- La stabilisation des aérosols nécessite des conditions particulières de températures (0-5°C) et une humidité relative (90-100%). L'élévation de température et les radiations solaires tendent à inactiver le virus alors qu'un haut niveau d'humidité augmente la propagation et la virulence de SARS-CoV-2 (*Setti et al. 2020*)



L'exposition à la pollution atmosphérique, facteur aggravant de la Covid-19 ?

Le SARS-CoV-2 induit une inflammation modérée à sévère dans les poumons

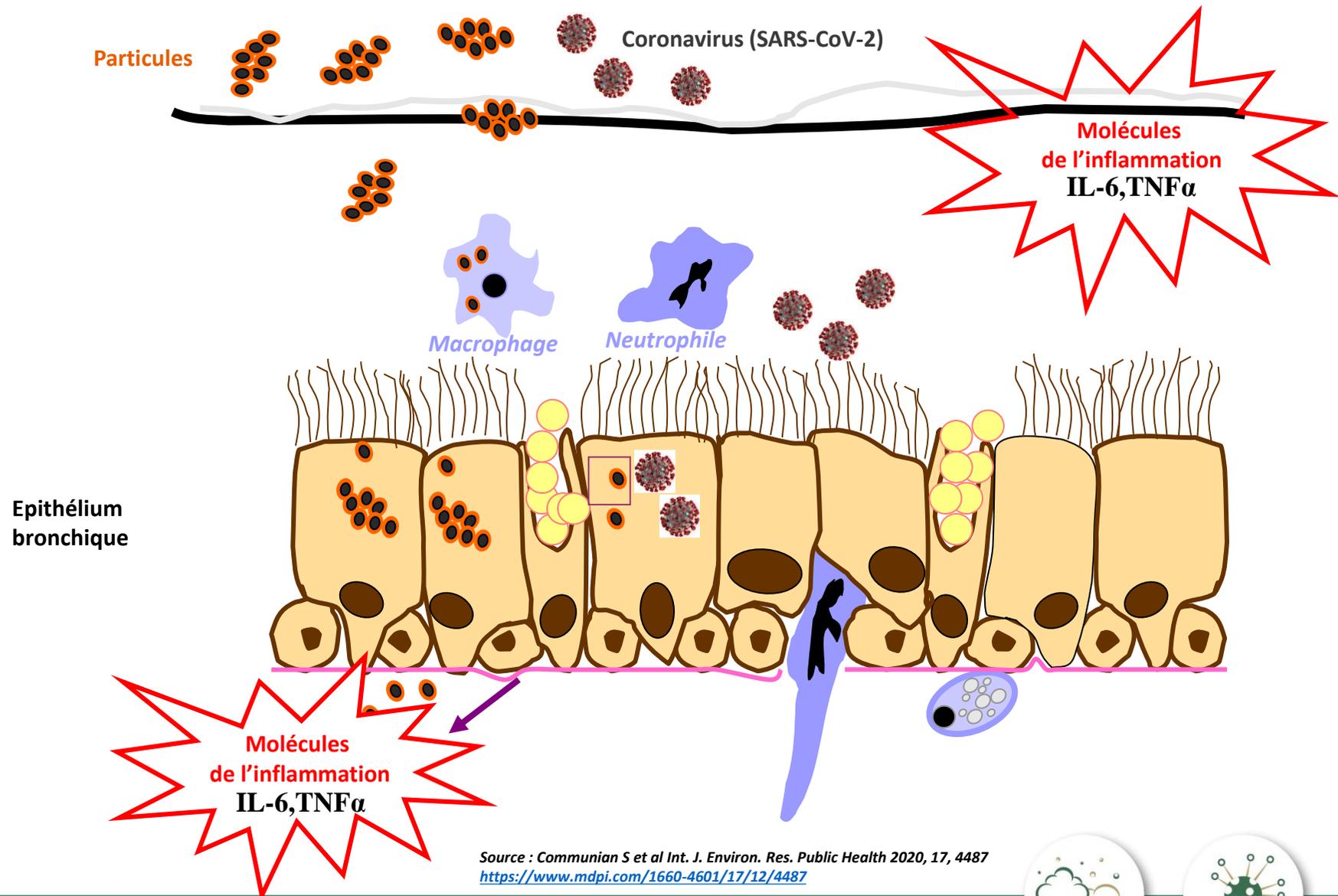


Source : [Le fonds immunov](#), Dr Loïc Guillevin – 26 avril 2020



L'exposition à la pollution atmosphérique, facteur aggravant de la Covid-19 ?

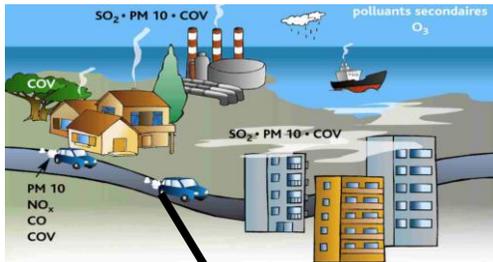
Hypothèse : Particules et coronavirus augmentent l'inflammation dans les poumons



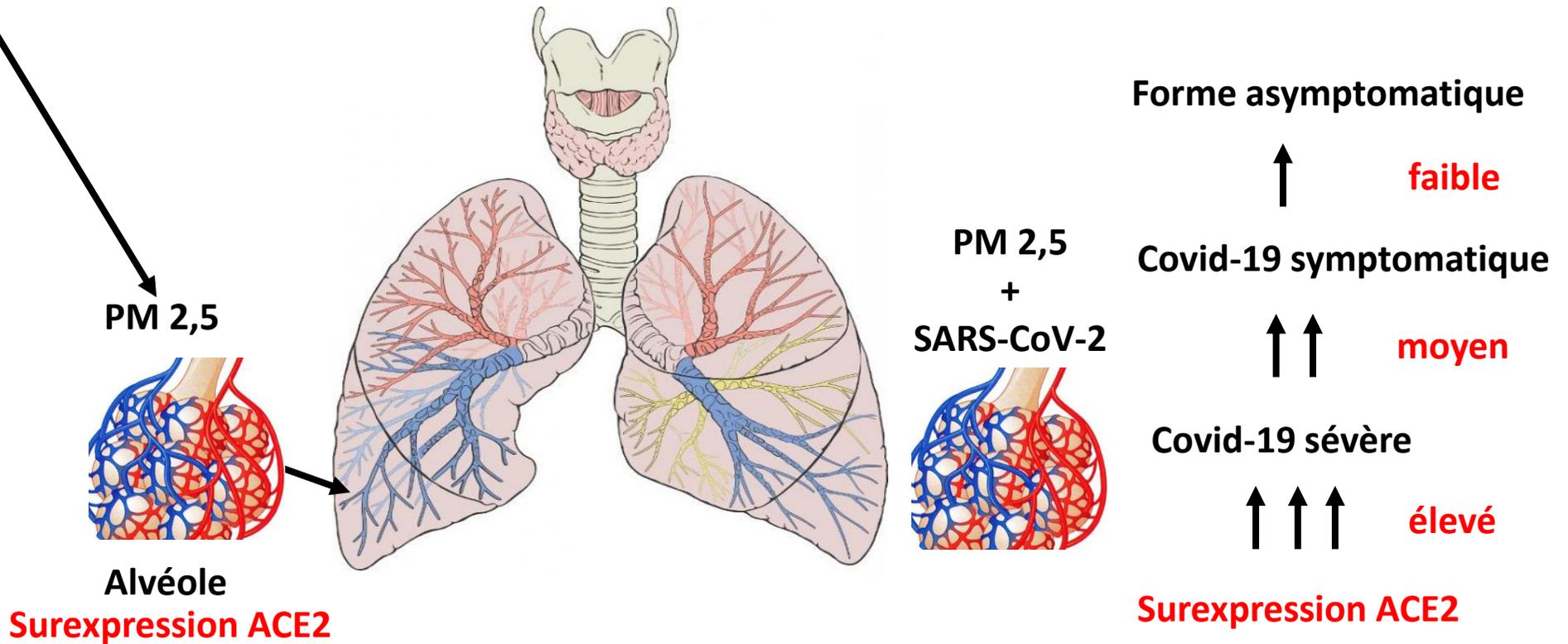
Source : Communian S et al Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 4487
<https://www.mdpi.com/1660-4601/17/12/4487>



L'exposition à la pollution atmosphérique, facteur aggravant de la Covid-19 ?



L'exposition chronique à la pollution, en particulier aux PM 2,5, est corrélée à une augmentation de l'expression alvéolaire du récepteur ACE2 conduisant à une infection Covid-19 plus sévère



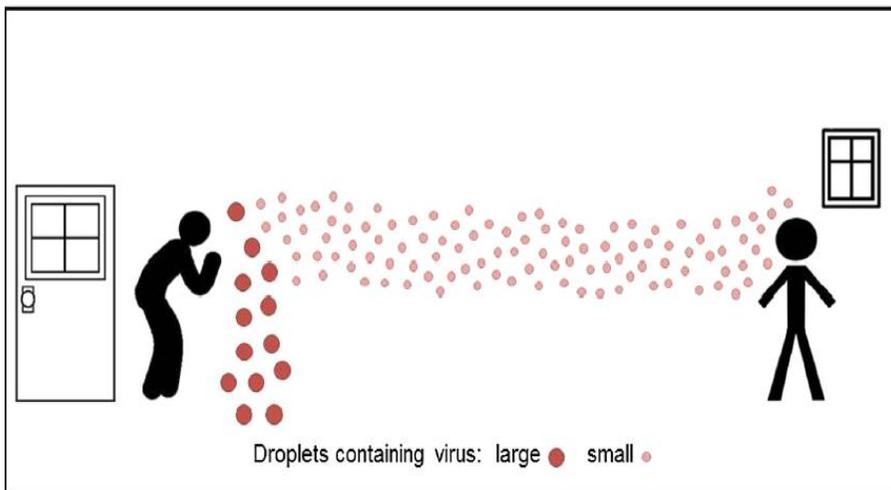
Source : Severe air pollution links to higher mortality in COVID-19 patients: The "double-hit" hypothesis: Frontera A et al, J Infection, 81, August 2020, 255-259
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7240268/>



La transmission du SARS-CoV-2 par grosses et moyennes gouttelettes

Transmission d'une personne infectée asymptomatique ou malade à une personne saine en parlant, chantant, toussant, éternuant

microgouttelettes (1 à 10 μ m) jusqu'à 8m

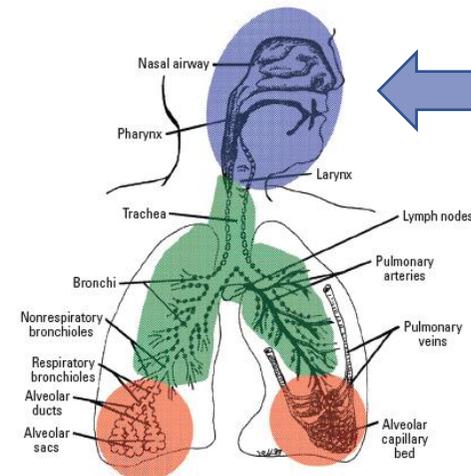


**Grosses et moyennes gouttelettes :
voie principale**

Retombent sur sol ou surface à moins de 2 m
Persistent peu de temps dans l'atmosphère

Grosses et moyennes gouttelettes (10 à 100 μ m) : 1 à 2m

Source : L. Morawska and J. Cao *Environment International* 139 (2020) 105730
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32294574/>



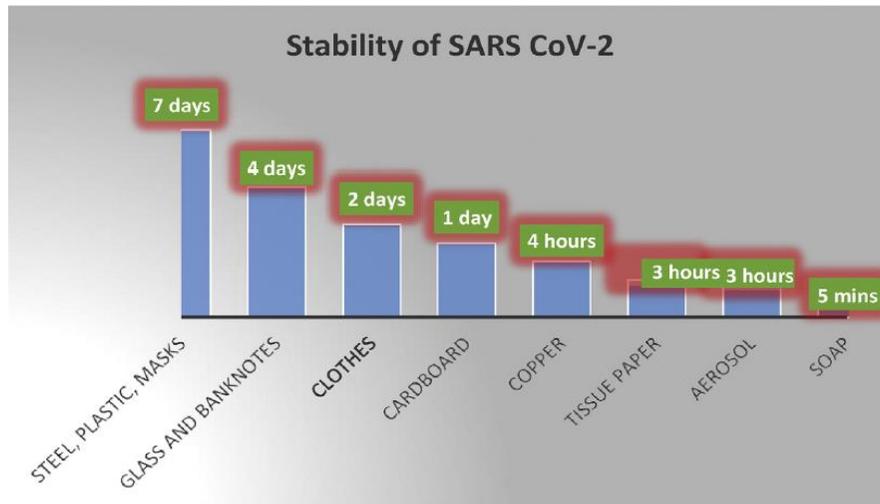
Arrêtées au niveau des
voies aériennes
supérieures, lieu de
réplication primaire des
virus, mais aussi bouche,
œil...

Source : Oberdorster, *EHP*, 2005
<https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.7339>

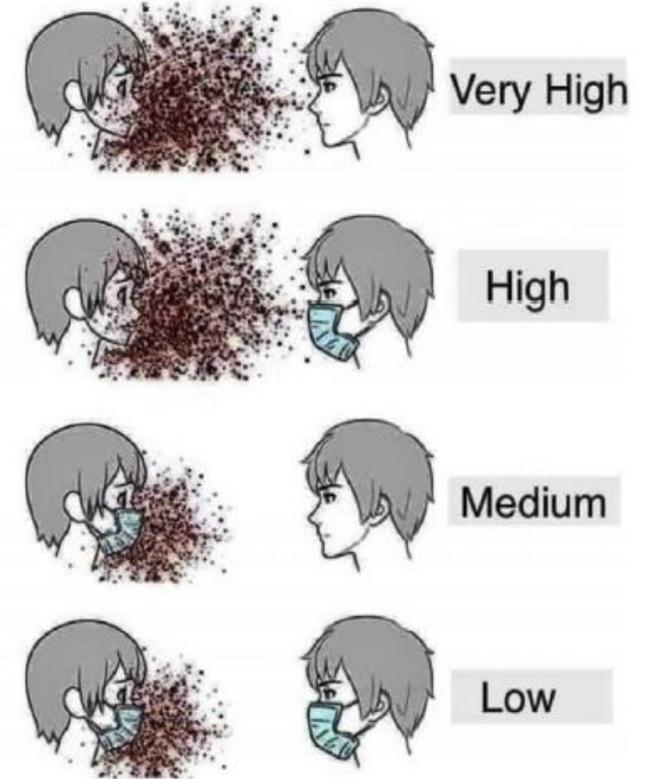


Comment se protéger des grosses et moyennes gouttelettes ?

- Porter un masque de type 1 en face à face
- Se laver régulièrement les mains
- Respecter la distanciation physique d'au moins 1m
- Nettoyer les surfaces



Source : S Goel et al. / Materials Today Chemistry 17 (2020) 100300
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468519420300604>

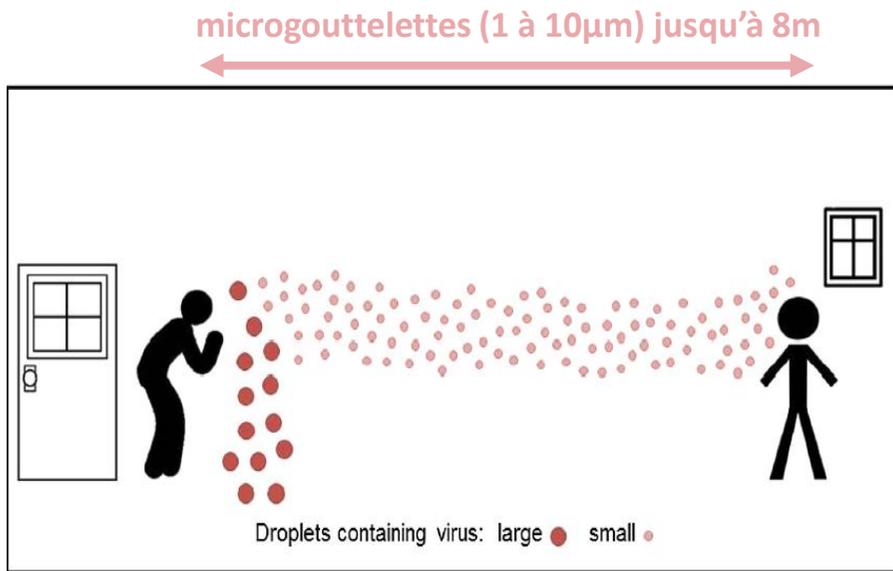


Source : S Goel et al. / Materials Today Chemistry 17 (2020) 100300
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468519420300604>



La transmission du SARS-CoV-2 par aérosols

Transmission d'une personne infectée asymptomatique ou malade à une personne saine en parlant, chantant, toussant, éternuant

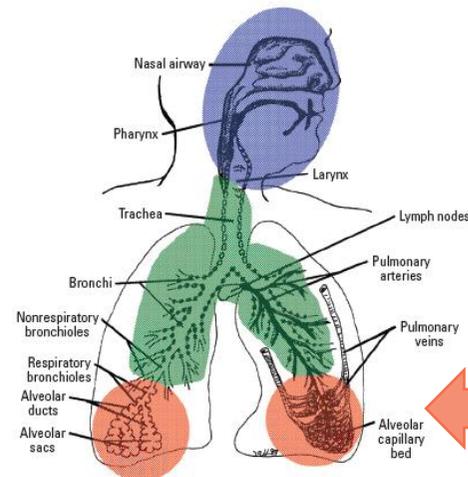


Grosses et moyennes gouttelettes (10 à 100 μ m) : 1 à 2m

Source : L. Morawska and J. Cao *Environment International* 139 (2020) 105730
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32294574/>

Microgouttelettes : voie possible

- Persistent plusieurs heures dans l'atmosphère sous forme de particules fines
- Contiennent de l'ARN viral mais sans qu'on sache si elles sont infectantes
- Peuvent s'accumuler en milieu confiné contenant beaucoup de personnes



Les microgouttelettes peuvent atteindre le niveau des alvéoles pulmonaires

Source : Oberdorster, *EHP*, 2005
<https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.7339>



La transmission du SARS-CoV-2 par aérosols

Observation de la dispersion des aérosols (microgouttelettes 1 à 10 μ m)

Source : G. Lindsley et al J. Occup. Env. Med 2012, 681-690
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4688889/>

Dispersion dans une pièce confinée à partir d'une personne infectée :

- Dépend des mouvements d'air dans la pièce
- Très rapide (quelques minutes)
- Les aérosols restent plusieurs heures dans l'air après déshydratation



© Infovac-France



Quel masque utiliser ?

Avis du HCSP du 29 octobre 2020 relatif aux masques dans le cadre de la lutte contre la propagation du virus SARS-CoV-2



Type I : efficacité de filtration bactérienne > 95% particules 3 μ

Protège l'environnement du patient symptomatique ou Covid-19 en retenant les gouttelettes émises lors de la toux, des éternuements et de la parole.

Protège les personnes vulnérables

Masques usage unique

- **Les masques de catégorie 1 « Grand public »** ont la même efficacité que les masques à usage médical / filtration > 90% particules 3 μ
- **Les masques de catégorie 2 « Grand public »** réduisent le risque de transmission si toutes les personnes le porte en même temps filtration > 70% particules 3 μ

Masques lavables et réutilisables



Importance de l'aération pour diluer l'aérosol viral



© Infovac-France

- Les microgouttelettes se diluent et disparaissent rapidement avec une aération régulière
- La dilution de l'aérosol viral se fait très rapidement en milieu extérieur sauf en présence d'une foule
- Eviter les environnements confinés sans aération et les regroupements de personnes



Comment se protéger des aérosols ?

Respecter les mesures barrières

- **Porter un masque y compris à l'extérieur dans les zones à forte densité de population**
- **Se laver régulièrement mains**
- **Respecter la distanciation physique de 2 mètres si possible**

Aérer les locaux confinés pour diluer l'aérosol

=> Mesurer le taux de CO₂ comme indicateur de jauge



Pollution atmosphérique - Les gestes de prévention à adopter

Saisine du 12 mai 2010 adressée au HCSP conjointement par les :

- Direction Générale de la Santé (Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé)
- Direction Générale de l'Energie et du Climat (Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, du Transport et du Logement)

Objectifs :

- **Donner un avis sur la pertinence des seuils d'information et d'alerte en vigueur pour les PM ;** si besoin proposition de nouvelles valeurs pour les PM 10 et PM 2,5
- **Elaborer des recommandations sanitaires adaptées à différents publics cibles** en considérant les populations fragiles, les comportements, les connaissances sur l'impact de la qualité de l'air intérieur et la typologie des sources d'émissions atmosphériques (trafic automobile, combustion bois, industries, agriculture, etc.) e apporter des conseils sur les modes de communication pour atteindre chaque public cible identifié

=> **Des objectifs de « court terme »**



Seuils d'information et d'alerte préconisés

	PM 2,5	PM 10
Objectifs de qualité de l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [annuel]	15	25
Seuil d'information ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [journalier]	30	50
Seuil d'alerte ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [journalier]	50	80

Source : Pollution par les particules dans l'air ambiant - Synthèse et recommandations pour protéger la santé, HCSP, Avril 2012
https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/Telecharger?NomFichier=hcsp20120413_ppaa.pdf

En 2010 en France :

- 40 agglomérations dépassaient la valeur de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM 2,5 en moyenne annuelle
- 22 agglomérations dépassaient la valeur de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM 10 en moyenne annuelle



Pollution atmosphérique - Les gestes de prévention à adopter

Niveau de PM 10 ou de PM 2,5	Valeur	Messages sanitaires pour les groupes à risques et la population générale	
		Population sensible	Population générale
Faible	PM 10 < à 50 µg/m ³ Et PM 2,5 < à 30 µg/m ³	Profitez de vos activités habituelles	Profitez de vos activités habituelles
Modéré	PM 10 = 50-80 µg/m ³ Et PM 2,5 = 30-50 µg/m ³	Les adultes et enfants ayant des problèmes cardiaques ou pulmonaires et qui <u>manifestent des symptômes</u> devraient <u>envisager de réduire les activités physiques</u> et sportives intenses	Profitez de vos activités habituelles
Elevé	PM 10 > à 80 µg/m ³ Et PM 2,5 > à 50 µg/m ³	Les adultes et enfants ayant des problèmes cardiaques ou pulmonaires et les personnes âgées devraient <u>réduire voire éviter les activités physiques</u> et sportives intenses Les personnes asthmatiques peuvent ressentir le besoin d'utiliser leur médicament inhalé plus fréquemment	<u>Réduire les efforts physiques</u> et plus particulièrement si des symptômes comme la toux, les sifflements, la dyspnée ou des maux de gorges sont ressentis

Source : Pollution par les particules dans l'air ambiant - Synthèse et recommandations pour protéger la santé, HCSP, Avril 2012
https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/Telecharger?NomFichier=hcsp20120413_ppaa.pdf



En savoir plus...

Haut Conseil de la santé publique Avis du 8 avril 2020 relatif au risque résiduel de transmission du SARS-CoV-2 sous forme d'aérosol, en milieu de soin, dans les autres environnements intérieurs, ainsi que dans l'environnement extérieur, Paris : HCSP, 2020-04-08, 17 p. [[En ligne le 27 avril 2020](#)]

Haut Conseil de la santé publique Avis du 23 juillet 2020 relatif à l'actualisation des connaissances scientifiques sur la transmission du virus SARS-CoV-2 par aérosols et des recommandations sanitaires, Paris : HCSP, 2020-07-23, 17 p. [[En ligne le 14 août 2020](#)]

Haut Conseil de la santé publique Avis du 24 avril 2020 relatif aux préconisations du Haut Conseil de la santé publique relatives à l'adaptation des mesures barrières et de distanciation sociale à mettre en œuvre en population générale, hors champs sanitaire et médico-social, pour la maîtrise de la diffusion du SARS-CoV-2, Paris : HCSP, 2021-04-24, 39 p. [[En ligne le 26 avril 2020](#)]

Haut Conseil de la santé publique Avis du 29 octobre 2020 relatif aux masques dans le cadre de la lutte contre la propagation du virus SARS-CoV-2, Paris : HCSP, 2020-10-29, 52 p. [[En ligne le 16 novembre 2020](#)]

HOST Sabine, COLOMBIER Célia Pollution de l'air et COVID 19, revue des connaissances, impact des mesures de confinement et enjeux pour l'Ile-de-France, Focus santé, ORS Ile-de-France 2020-09, 24 p. [[En ligne](#)]

MARANO Francelyne, SQUINAZI Fabien Pollution atmosphérique et particules fines, facteurs d'aggravation de la Covid ? Environnement, risques & santé, vol. 20 n° 5, 2021-09 [[A paraître](#)]



Comité Régional d'Education pour la Santé

CRES Provence-Alpes-Côte d'Azur
178 Cours Lieutaud
13006 Marseille

Tel : 04 91 36 56 95

cres-paca@cres-paca.org

<http://www.cres-paca.org>

