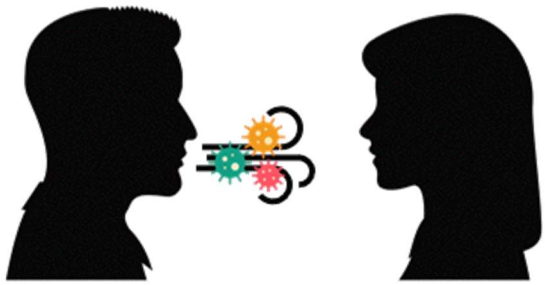
GRIPPE, COVID-19, ROUGEOLE, TUBERCULOSE, … CES MALADIES QUI SE TRANSMETTENT PAR L'AIR

COMPRENDRE LES TRANSMISSIONS AÉROPORTÉES



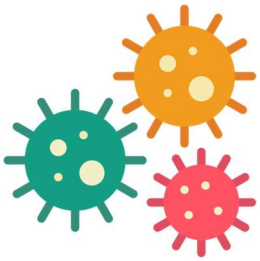
VERSION EN COURS DE RÉDACTION

FAISANT ENCORE L'OBJET DE DISCUSSIONS

Ce document est le résultat intermédiaire d'un travail de médiation scientifique sur les maladies à transmission aéroportée. Il est le fruit du travail collégial d'un groupe pluridisciplinaire regroupant cliniciens, virologues, pneumologues, pédiatres, épidémiologistes, spécialistes des aerosols, ingénieurs, médiateurs scientifiques… Il peut être considéré comme le démonstrateur ou le prototype d'un projet plus important et permet, entre autres, d'élaborer une méthodologie de travail collaborative et iterative.

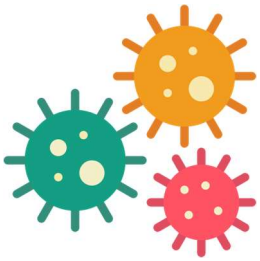
Version 1.00 du 06-05-2025

Contact : info@letsair.org



SUIVI DE VERSIONS

Date	#	Modifications
21/04/2025	0.97	• Ajout du type de virus respiratoire « Je rentre et je me propage » • Page 5 : modification icone « asymptomatique » • Ajout de la page 6 « Nature et évolution des symptômes »
25/04/2025	0.98	• Page 14 : ajout d'une page « Pour aller plus loin » avec références bibliographiques
29/04/2025	0.99	• Modification Page 4 pour différencier pathognes des maladies • Modification Page 8 du libellé pour le ratio 80/20
03/05/2025	1.00	• Ajout de la page « Risque d'infection »



CONTENU DU GUIDE

4. Exemples de maladies liées à des agents pathogènes qui se transmettent par l'air que nous respirons

5. Agents pathogènes, symptômes et maladies

6. Les virus respiratoires et autres virus

7. Nature et évolution des symptômes

8. Comment les maladies aéroportées se transmettent-elles ? le role des particules respiratoires infectieuses

9. Terminologies pour les maladies qui se transmettent dans l'air

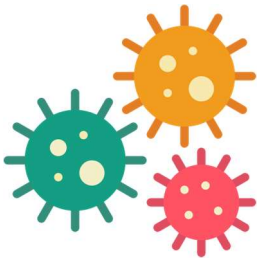
10. Qu'est-ce qu'un aerosol ?

11. Taille et distribution des particules exhalées

12. Risque d'infection

13. Parties prenantes pour la prévention

14. Pour aller plus loin



EXEMPLES DE MALADIES LIÉES À DES AGENTS PATHOGÈNES QUI PEUVENT SE TRANSMETTRE PAR L'AIR QUE NOUS RESPIRONS

Virus

- ✓ Adenovirus
- ✓ Bocavirus
- ✓ Varicellovirus
- ✓ Coronavirus
  MERS, SRAS 1, SRAS-CoV-2
- ✓ Virus de la grippe type A
  H1N1, H5N1, ...
- ✓ Virus de la Grippe type B
- ✓ Morbillivirus
- ✓ Paramyxovirus
- ✓ Rhinovirus
- ✓ Rubivirus rubellae
- ✓ Virus Respiratoire Syncytial (VRS)
- ✓ Variola virus
- ✓ ...

Bactéries

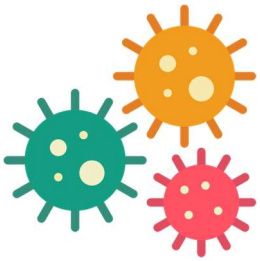
- ✓ Bordetella pertussis
- ✓ Corynebacterium diphtheriae
- ✓ Legionella pneumophila
- ✓ Streptococcus pneumoniae
- ✓ Mycobacterium tuberculosis
- ✓ ...

Champignons

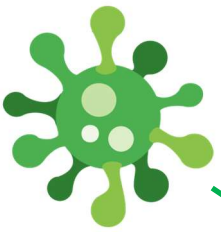
- ✓ Aspergillus
- ✓ Blastomyces dermatitidis
- ✓ Coccidioides immitis
- ✓ Histoplasma capsulatum
- ✓ ...

Maladies associées

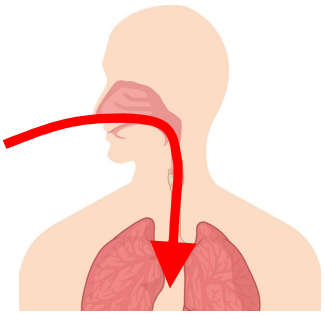
- Varicelle
- Covid-19
- Grippes
- Rougeole
- Oreillons
- Rhume
- Rubéole
- Bronchiolite
- Variole
- Coqueluche
- Diphtérie
- Légionellose
- Méningite
- Tuberculose
- Aspergillose
- Blastomycose
- Histoplasmose
- ...



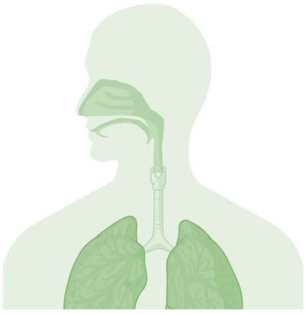
AGENTS PATHOGÈNES, SYMPTÔMES ET MALADIES



Agent pathogène
(virus, bactérie, champignon)



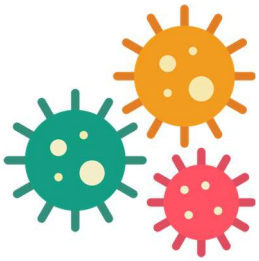
L'agent pathogène infecte la personne exposée



L'agent pathogène n'infecte pas la personne exposée

La personne développe des symptomes, est malade, développe la maladie associée à l'agent pathogène; elle est dite **"symptomatique"**.

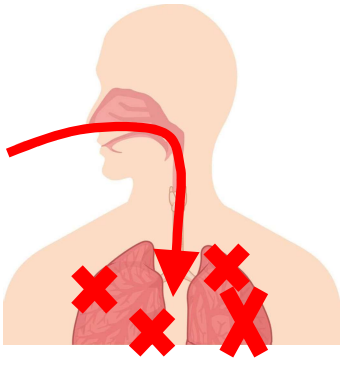
La personne ne développe aucun symptôme, elle est infectée mais n'est pas malade. Elle est dite **"asymptomatique"**



LES VIRUS RESPIRATOIRES ET AUTRES VIRUS

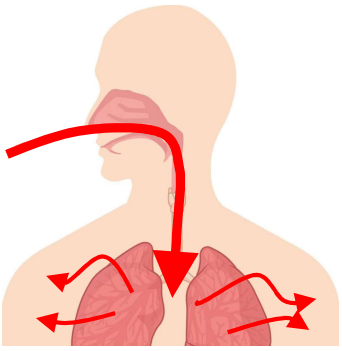
LES VIRUS RESPIRATOIRES
DU TYPE "JE RENTRE ET JE RESTE"

Ce sont des virus dont le point d'entrée et la cible sont l'appareil respiratoire : Grippes, VRS, ...



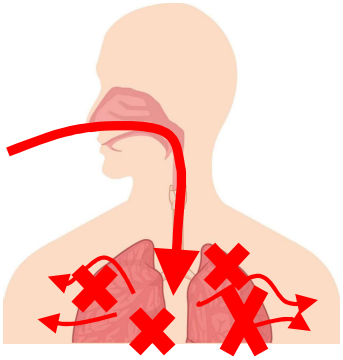
LES VIRUS RESPIRATOIRES
DU TYPE "JE RENTRE ET JE MIGRE"

Ce sont des virus dont le point d'entrée est l'appareil respiratoire mais dont la cible n'est pas constitué par cet appareil : rougeole, varicelle,...



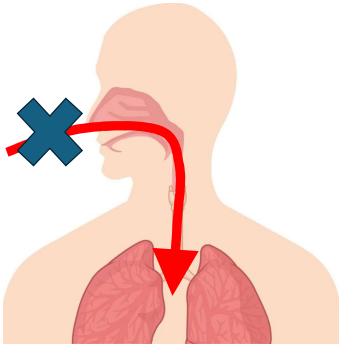
LES VIRUS RESPIRATOIRES
DU TYPE "JE RENTRE ET JE ME PROPAGE"

Ce sont des virus dont le point d'entrée est l'appareil respiratoire et qui par la suite cible d'autres organes : COVID-19, ...



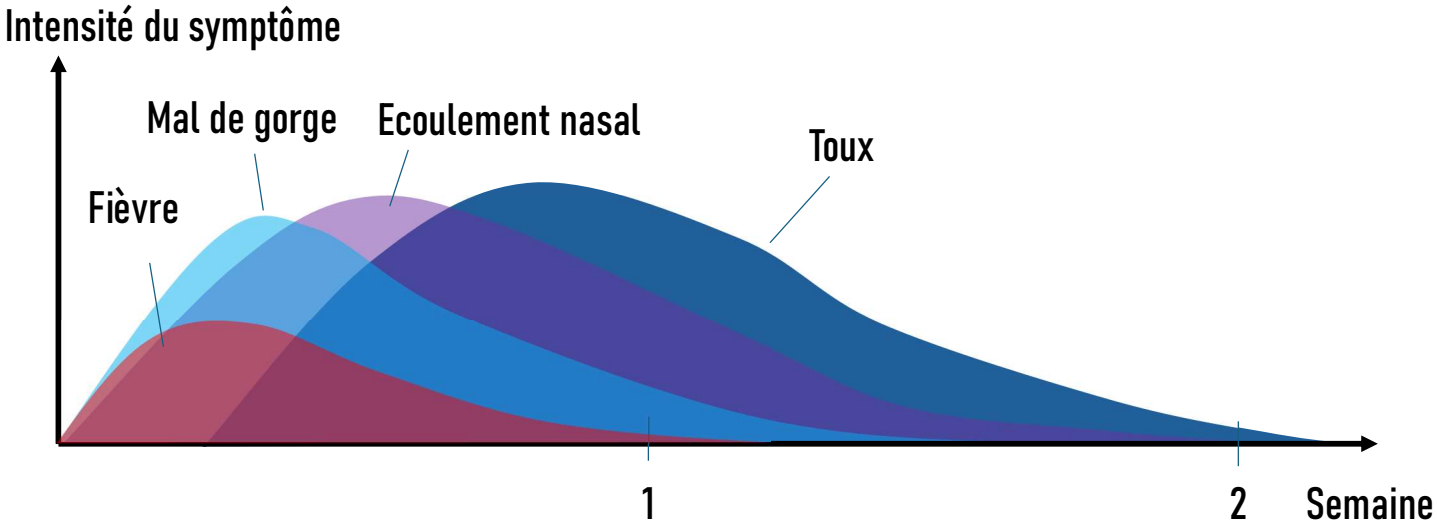
LES VIRUS QUI NE SONT PAS RESPIRATOIRES

Ce sont des virus dont le point d'entrée et la cible ne sont pas l'appareil respiratoire : HIV, HBV, ...

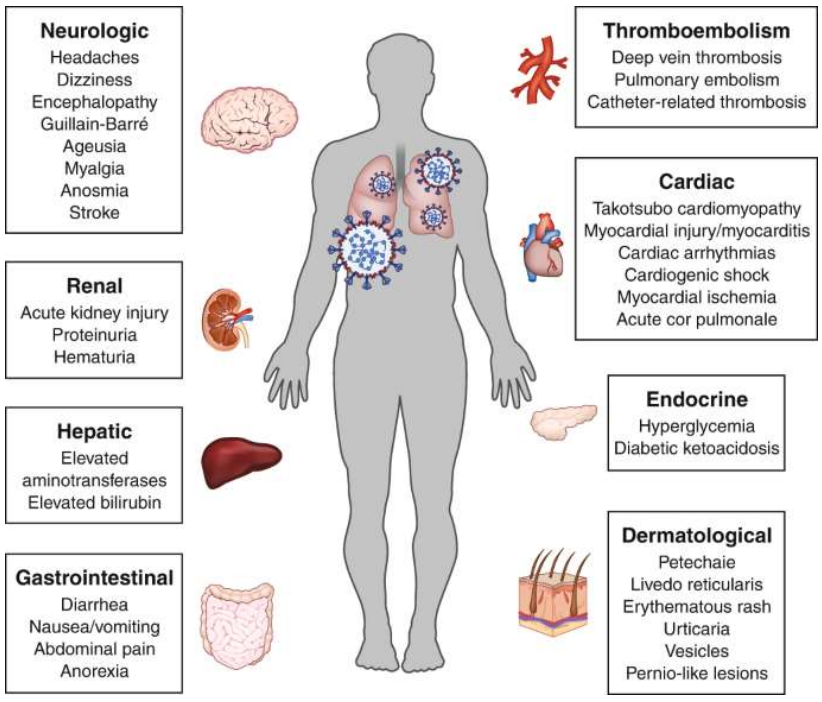


NATURE ET EVOLUTION DES SYMPTOMES

Quand on est infecté par un pathogène, plusieurs symptômes peuvent apparaitre à différents moments de la maladie. Le nombre et l'intensité des symptômes peuvent varier d'une personne à l'autre. Le graphe ci-dessous n'est donné qu'à titre d'illustration.



Dans le cas du COVID-19, plusieurs organes peuvent être touches :

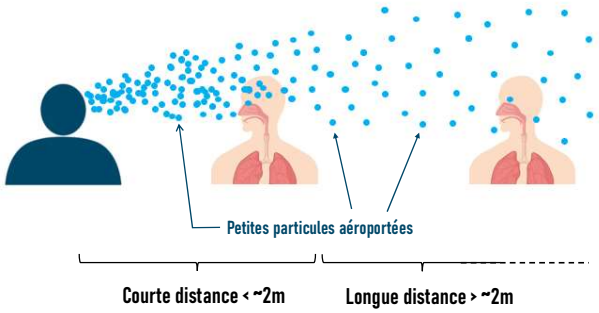


Gupta, A., Madhavan, M.V., Sehgal, K. *et al.* Extrapulmonary manifestations of COVID-19. *Nat Med* **26**, 1017–1032 (2020). https://doi.org/10.1038/s41591-020-0968-3

COMMENT LES MALADIES AÉROPORTÉES SE TRANSMETTENT-ELLES ?
LE ROLE DES PARTICULES RESPIRATOIRES INFECTIEUSES

EN RESPIRANT DE PETITES PARTICULES AÉROPORTÉES

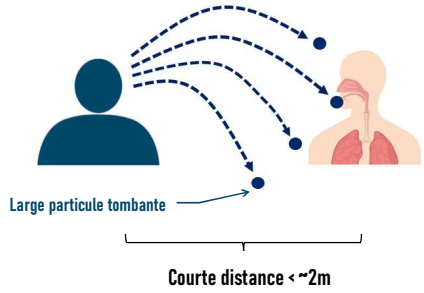
INHALATION ET DÉPÔT DE PARTICULES DANS L'APPAREIL RESPIRATOIRE



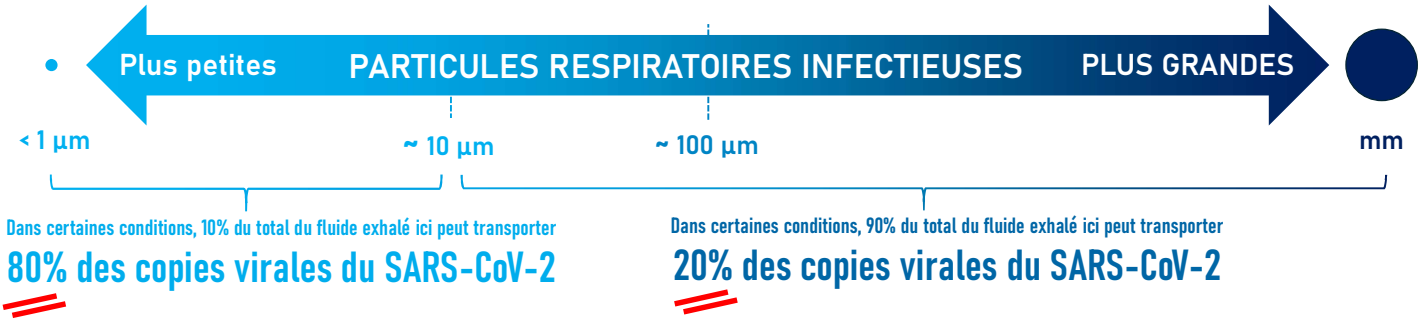
- Transmission par des particules aéroportées (aussi appelées "aerosols")
- Les trajectoires sont influencées par les courants d'air
- Les particules restent suspendues dans l'air, parfois pendant des heures
- Elles peuvent parcourir de longues distances

EN RECEVANT DE LARGES PARTICULES TOMBANTES

DÉPÔT DE PARTICULES DANS LES MUQUEUSES DE LA BOUCHE, DU NEZ, DES YEUX



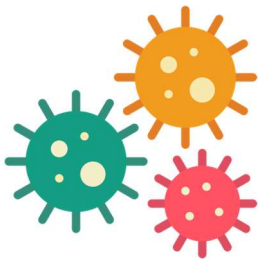
- Transmission par des particules « semi-ballistiques » (aussi appelées « gouttelettes »)
- Les trajectoires sont régies par la gravité
- Tombent rapidement après avoir parcouru quelques mètres
- Ne parcourent pas de longues distances



Les particules respiratoires infectieuses existent sur un spectre continu de taille (depuis moins d'un micron jsuqu'à quelques millimètres en diamètre) et leurs comportements et trajectoires dépendent de plusieurs paramètres : température de l'air ambiant, vitesse initiale, taux d'humidité, rayonnement ultraviolet du soleil, distribution des courants d'air dans la pièce…

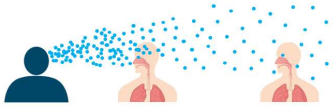
Les deux diagrammes ci-dessus constituent une représentation simplifiée montrant le comportement physique des particules depuis les plus petites (à gauche) jusqu'aux plus grosses (à droite). La transition entre ces deux modèles de comportements se fait de façon progressive avec un recouvrement complexe entre les deux. Les deux modes de transmission décrits correspondent à l'inhalation (à gauche) et au dépôt direct (à droite).

Les limites de 10 µm et 100µm ainsi que les pourcentages indiqués sont approximatifs, donnés comme ordres de grandeur.

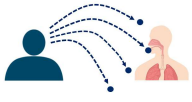


TERMINOLOGIES POUR LES MALADIES QUI SE TRANSMETTENT DANS L'AIR

De nombreux termes ont été utilisés par le passé pour décrire les deux principaux modes de contamination : inhalation et dépôt direct. Ces termes ont évolué au cours du temps et varient selon la discipline concerné (physiciens, monde de la santé, …). Ci-dessous, vous trouverez quelques exemples de terminologies, en anglais, rencontrées dans des articles ou rapports.

Mode de contamination: Inhalation	Mode de contamination: Dépôt direct
	
SHORT & LONG RANGES AIRBORNE PARTICLES	SHORT RANGE SEMI-BALLISTIC PARTICLES
AIRBORNE PARTICLES	BALLISTIC PARTICLES
World Health Organization — INFECTIOUS RESPIRATORY PARTICLES	
AEROSOLS / DROPOSOLS	DROPLETS
AEROSOL PARTICLES	LARGER DROPLETS
BIOAEROSOLS / VIROSOLS	DROPLETS
AIRBORNE DROPLETS	BALLISTIC DROPLETS
AIRBORNE DROPLET NUCLEI	DROPLETS

Pour rendre plus accessible la terminologie relative à ce domaine, nous proposons d'utiliser les termes suivants en français

	
PETITES PARTICULES AÉROPORTÉES	LARGES PARTICULES TOMBANTES

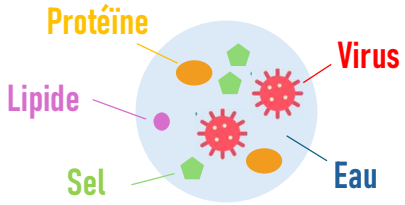
9

QU'EST-CE QU'UN AEROSOL ?

« Aérosol » désigne la suspension, dans un milieu gazeux (air, dans la plupart des cas), de particules liquides, solides ou les deux, présentant une vitesse limite de chute négligeable. Dans l'air, dans les conditions normales, cela correspond à des particules de dimensions comprises entre quelques fractions de nanomètre et 100µm. L'aérosol est donc un système diphasique formé par des particules et le gaz porteur. Néanmoins, le terme aérosol est souvent utilisé en pratique pour désigner uniquement les particules dans l'air.

in "Les aérosols physique et métrologie", Boulaud, D. and A. Renoux, Paris, Tec Doc Lavoisier(1998)

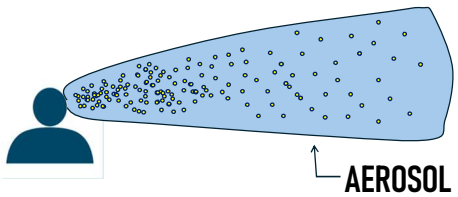
Les "bioaérosols" (contraction de biological aerosols) sont des aérosols avec des particules aéroportées contenant des micro-organismes vivants (virus, bactéries, champignons) et des substances ou produits dérivés de ces organismes. Dans le cas des virus, la composition de la particule aéroportée infectieuse est la suivante :



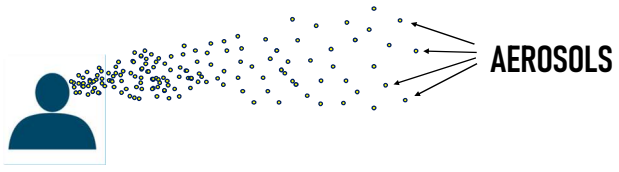
Constituents d'une particule aéroportée infectieuse

Dans la littérature scientifique, aérosol (or bioaérosol) décrit un groupe de particules ou le nuage ainsi constitué, mais décrit aussi chaque particule ou "particule aérosol (bioaérosol)"; cela peut induire des confusions ou des imprécisions :

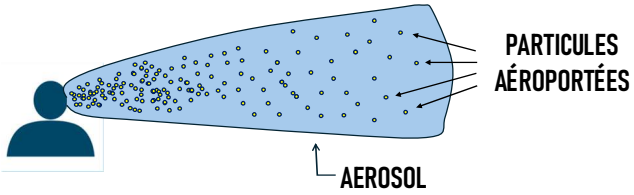
UN AEROSOL VU COMME UN NUAGE DE PARTICULES



DES AEROSOLS VUS COMME DES PARTICULES AÉROPORTÉES



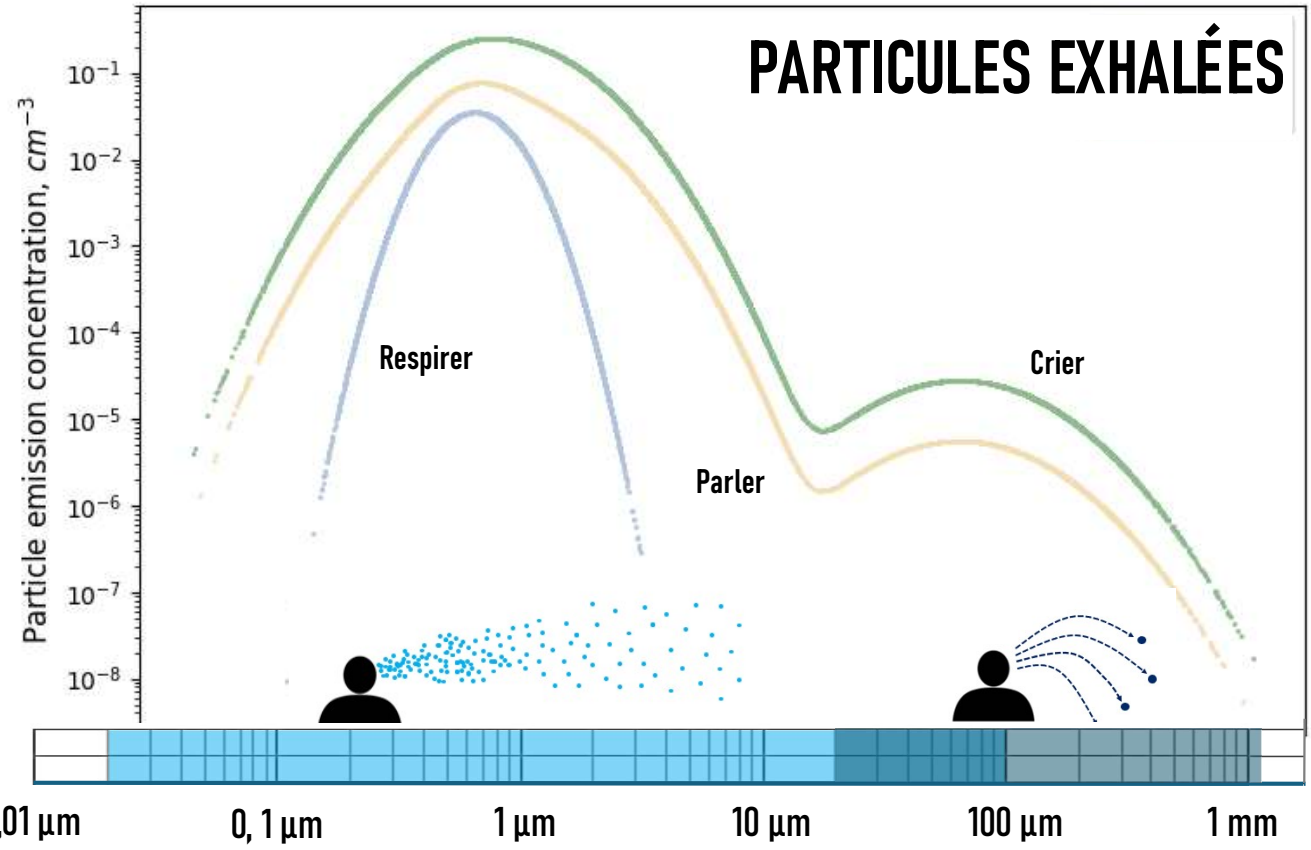
Notre recommendation est la suivante : il est préférable d'utiliser le terme "aérosol" ("bioaérosol") pour désigner le nuage de particules et de désigner les constituants de ce nuage comme des "particules" ou "particules aéroportées".



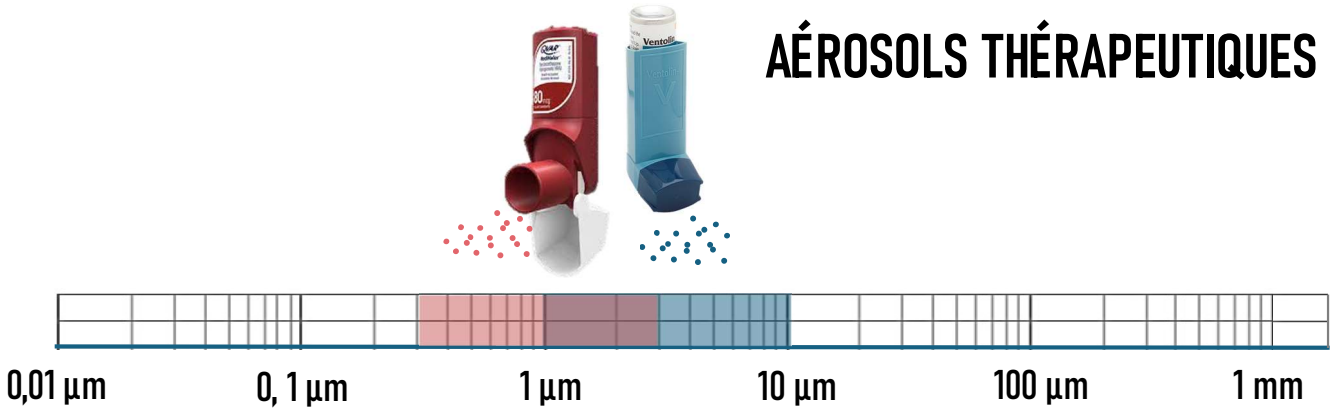
Un « aérosol » rassemble des particules aéroportées

TAILLE ET DISTRIBUTION DES PARTICULES EXHALÉES

Le nombre de particules exhalées par un humain dépend de la taille de particules considérée. Ces particules sont générées par différentes parties de notre anatomie, ce qui explique des variations dans la taille et le nombre de particules générées. La distribution dépend en outre de l'activité réalisée : respirer, parler, crier.



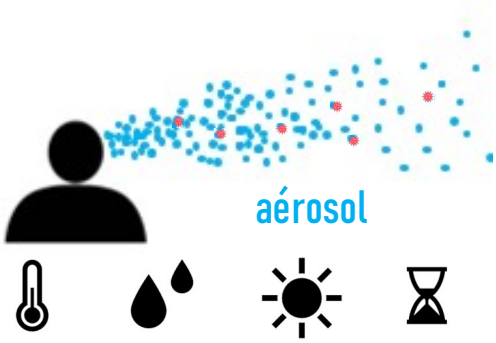
Certaines particules exhalées ont la même taille que celles générées par des inhalateurs qui produisent des aérosols thérapeutiques, visant certaines parties des voies respiratoires inférieures.



RISQUE D'INFECTION

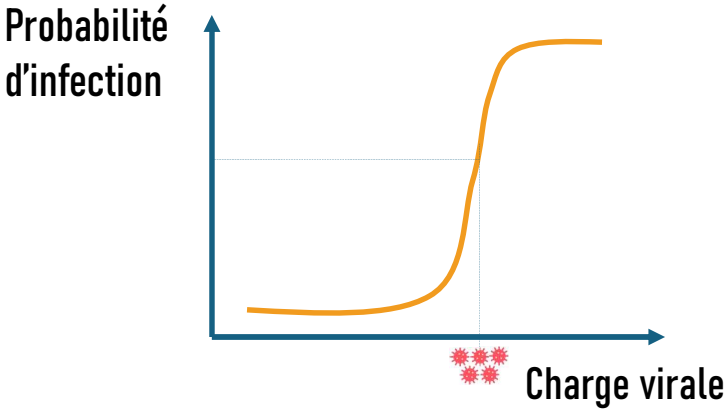
CHARGES VIRALES

- Contenues dans les particules infectieuses aéroportées
- Un virus peut être plus present dans les petites particules
- La charge virale dépend de la taille de la particule, du temps, de la température, du degré d'humidité, de l'exposition aux UV, ...



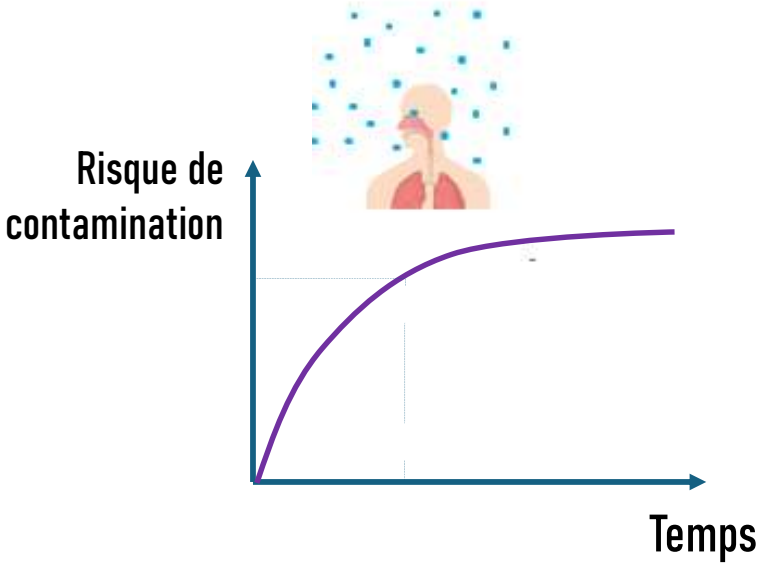
DOSE INFECTIEUSE

- Dépend du type de virus ou du variant,
- Dépend du récepteur et de sa localisation
- Pour un charge viral donnée, on définit plutôt une probabilité d'infection



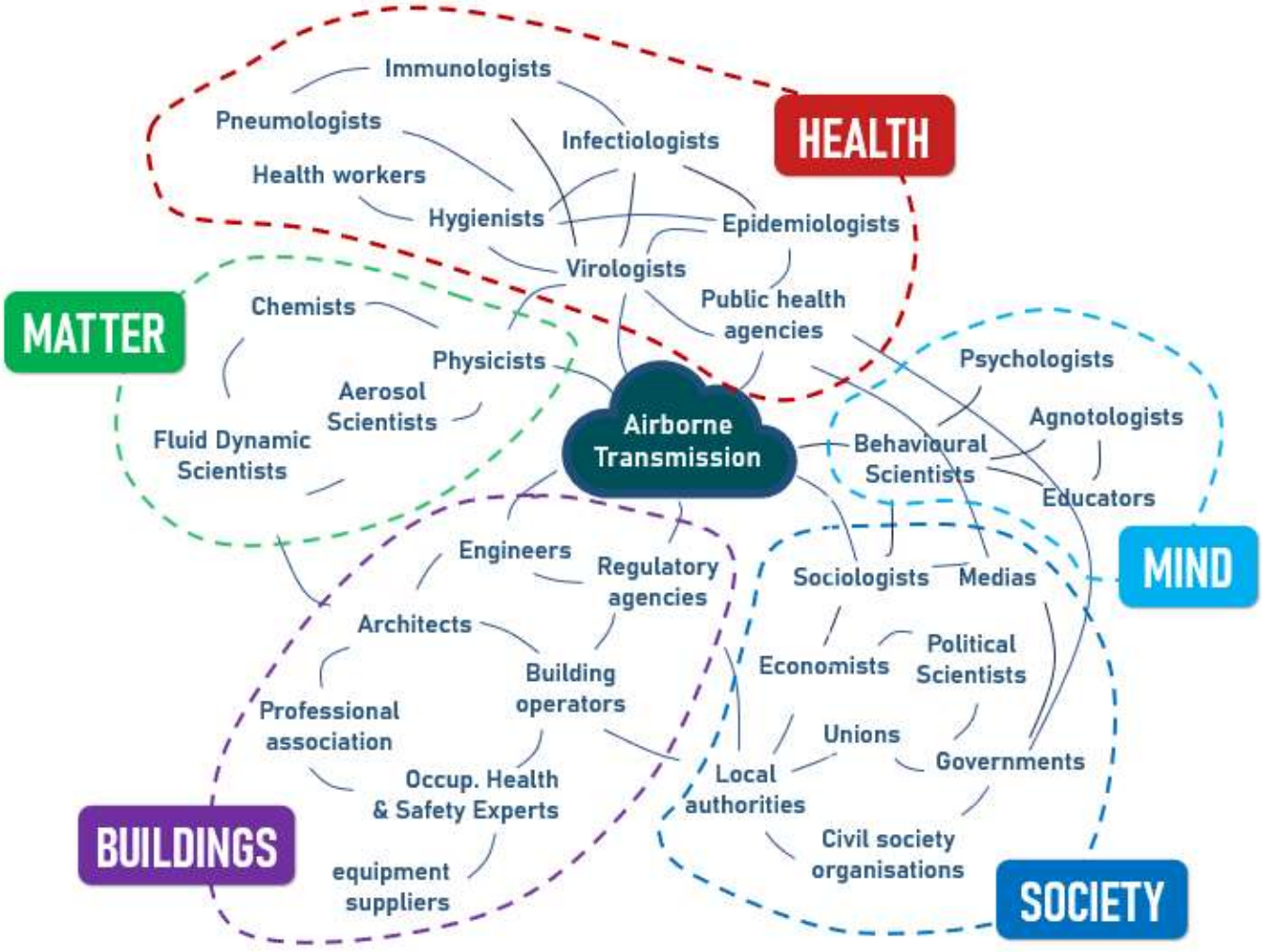
ÉVALUATION DU RISQUE

- Dépend de la personne
- Dépend des conditions d'exposition
- Dépend du temps d'exposition
- ...



PARTIES PRENANTES POUR LA PRÉVENTION

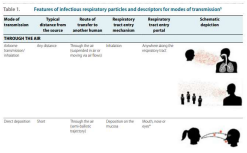
Les moyens de limiter la transmission aéroportée sont bien connus : masques, ventilation des locaux, filtration de l'air. Certains sont connus depuis le 19ème siècle. La difficulté d'implémenter ces moyens de prévention dans les établissements recevant du public est certainement dûe à la grande diversité de parties prenantes impliquées. Ci-dessous, nous avons tenté de représenter ces parties prenantes et leurs interactions (la traduction en français reste à faire).



POUR ALLER PLUS LOIN

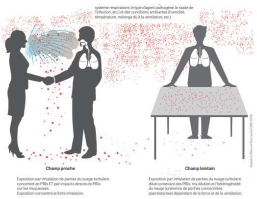
Rapport de l'OMS sur la terminologie

L'Organisation Mondiale de la Santé a publié un document proposant une terminologie pour les agents pathogènes qui se transmettent par l'air. Notre document de médiation scientifique, que vous êtes en train de lire, tente d'être compatible avec ce rapport.



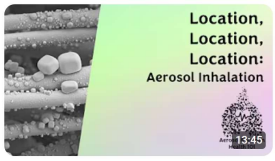
Guide de la SF2H

Ce guide de la Société Française d'Hygiène Hospitalière propose des recommandations pour la prévention de la transmission par voie respiratoire. C'est un remarquable travail pluridisciplinaire qui fait référence.



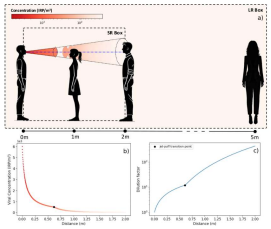
Chaine Youtube de Al Haddrell

Ce spécialiste des aérosols propose de courtes et très didactiques vidéos qui vous aideront à comprendre de nombreux aspects scientifiques de la transmission aéroportée et de l'inhalation d' aérosols.



Article scientifique de Andre Henriques et al.

Un article très clair et didactique sur les risques de transmission aéroportée. Si vous voulez en savoir plus sur la science des aérosols et les modèles de simulation, nous vous recommandons de commencer par cet article.

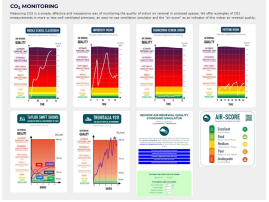


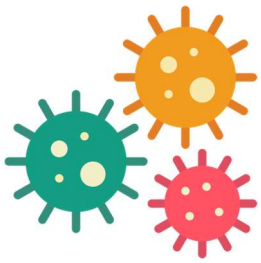
Audition du Pr Clive Beggs

Lors d'une commission d'enquête anglaise sur la crise du COVID-19, le professeur Beggs a décrit les difficultés à faire reconnaitre la transmission par inhalation comme principal mode de transmission pour le COVID-19. Il fait aussi état des dernières avancées de la recherche.

nousaerons.fr / letsair.org

Sites web qui proposent, en français et en anglais, informations et infographies sur la mesure du CO_2 , la ventilation et la filtration de l'air.





POUR ALLER PLUS LOIN

Chia C. Wang *et al.* , Airborne transmission of respiratory viruses.
Science 373, eabd9149 (2021)
10.1126/science.abd