

---

## AVIS

---

**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**

8 avril 2020

---

Le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) a été saisi le 6 avril 2020 par la Direction générale de la santé (DGS) au sujet du risque résiduel de transmission du virus sous forme d'aérosol, en milieu de soin, dans les autres environnements intérieurs, ainsi que dans l'environnement extérieur dans la perspective d'augmenter encore le niveau de protection (Cf. Annexe 1).

De nombreuses mesures de prévention de la transmission du Sars-CoV-2 sont en application dans notre pays, que ce soit en milieu de soin ou plus globalement en population générale. Les questions portent sur d'éventuelles mesures supplémentaires à mettre en œuvre. Cette analyse devra tenir compte, notamment, des dernières données acquises de la science en la matière et de leurs évolutions depuis le début de l'épidémie.

### Éléments de contexte

Le 31 décembre 2019, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a été informée par les autorités chinoises d'un épisode de cas groupés de pneumonies dont tous les cas initialement confirmés avaient un lien avec un marché d'animaux vivants dans la ville de Wuhan (région du Hubei), en Chine.

Le 9 janvier 2020, un nouveau virus émergent a été identifié par l'OMS comme étant responsable de ces cas groupés de pneumopathies en Chine. Il s'agit d'un coronavirus, temporairement désigné par l'OMS virus 2019-nCoV (*novel coronavirus*), puis le 11 février 2020 officiellement désigné par l'OMS SARS-CoV-2, responsable de la maladie Covid-19 (*Coronavirus disease*).

Le 30 janvier 2020, au regard de l'ampleur de l'épidémie l'OMS a déclaré que cette épidémie constituait une Urgence de Santé Publique de Portée Internationale (USPPI).

Le 28 février 2020, la France est passée au stade 2 (foyers isolés) de l'épidémie d'infections à SARS-COV-2, puis le 14 mars au stade 3 (circulation active du virus dans le pays).

Depuis le 17 mars 2020, le confinement de la population générale a été instauré, avec une limitation des déplacements autorisés.

Afin de répondre à la saisine du 06 avril 2020, le sous-groupe dédié aux questions relatives à l'Hygiène- transmission environnementale du groupe de travail « *grippe, coronavirus, infections respiratoires émergentes* », composé d'experts du HCSP appartenant à plusieurs commissions spécialisées, a été mobilisé ainsi que des membres supplémentaires de la CSRE et des experts n'appartenant pas au HCSP (cf. Annexe 2).

## Le HCSP a pris en compte les éléments suivants

### 1. Données sur les particules émises lors de la parole, la toux... et effet des masques

#### Emission de particules lors de la parole...

La transmission des maladies infectieuses par voie aérienne a traditionnellement mis l'accent sur le rôle de la toux et des éternuements. Ceci conduit à l'émission de gouttelettes, visibles à l'œil nu, mais de grandes quantités de particules sont invisibles à l'œil nu.

Néanmoins, on sait aussi que la parole normale produit également de grandes quantités de particules qui sont trop petites pour être visibles à l'œil nu, mais qui sont assez grandes pour transporter une variété de pathogènes respiratoires transmissibles. Le taux d'émission de particules lors de la parole normale est positivement corrélé à l'intensité sonore (amplitude) de la vocalisation, allant d'environ 1 à 50 particules par seconde (0,06 à 3 particules par cm<sup>3</sup>) pour des amplitudes faibles à élevées, quelle que soit la langue parlée (anglais, espagnol, mandarin ou arabe) [1].

En ce qui concerne la toux, la granulométrie des particules émises est majoritairement inférieure à 2 µm (particules bronchiques). L'air expiré contient plus de 95 % de particules submicroniques. Cependant, en masse, ce sont les particules les plus grosses qui sont prépondérantes [2]. L'évolution de la taille des particules émises varie selon la température et l'hygrométrie. Ainsi, des particules de taille thoracique peuvent rapidement se disséquer et atteindre un diamètre aérodynamique moyen leur permettant de rester en suspension dans l'air [3].

#### Effet du port de masque

Expérimentalement, le port d'un masque chirurgical permet de réduire d'un facteur 3 le nombre de particules sub-microniques inhalées par le porteur, mais 40% de ce qui pénètre dans le masque passe par les côtés du masque [4]. Cette fraction est probablement moindre quand le masque chirurgical est bien adapté au visage.

Leung *et al.* [5] ont identifié des coronavirus humains saisonniers, des virus de la grippe et des rhinovirus dans l'air expiré et la toux d'enfants et d'adultes atteints de maladies respiratoires aiguës. Les masques chirurgicaux réduisaient significativement la détection de l'ARN du virus de la grippe dans les gouttelettes respiratoires et de l'ARN du coronavirus dans les aérosols, avec une tendance à la réduction de la détection de l'ARN du coronavirus dans les gouttelettes respiratoires.

Le masque FFP2 laisse passer une petite partie (environ 8%) de l'aérosol auquel est exposée la personne qui le porte à cause des fuites sur les côtés du masque, le pouvoir filtrant du masque en lui-même étant d'au moins 94% pour des particules de 0,01 à 1 µm.

In fine, la réalité de la protection offerte par les masques, y compris chirurgicaux ou de type FFP2, dépend en fait de nombreux autres facteurs que les caractéristiques intrinsèques des masques, tels que l'adaptation au visage, le port de barbe ou la fréquence ventilatoire [6].

#### Modalités de transmission des virus respiratoires

Les virus respiratoires se transmettent par de multiples voies. L'importance relative entre la transmission « gouttelettes », « aérosols » et « contact » n'est pas bien établie. Afin de prévenir la transmission de ces virus, les agences de santé recommandent la mise en œuvre des précautions basées sur le mode de transmission, i.e. « contact », « gouttelettes » et « air ».

Les incertitudes sur l'importance relative de la transmission « gouttelettes » et « aérosols » font qu'il peut exister des discordances de recommandations entre différentes agences. Ainsi, pour le MERS-CoV, l'OMS préconisait des précautions « contact + gouttelettes » versus « contact + air » pour le CDC (Center for Disease Control and Prevention) [7].

Des acides nucléiques viraux, et dans certains cas des virus viables, ont été détectés dans des aérosols dans l'air des établissements de santé pour certains virus respiratoires tels que les virus de la grippe saisonnière et de la grippe aviaire, le virus respiratoire syncytial et le MERS-CoV. Cependant, les données actuelles ne permettent pas de démontrer que ces virus peuvent se propager efficacement par aérosols entre les individus.

Cowling *et al.* [8] ont appliqué un modèle mathématique aux données provenant d'essais contrôlés randomisés sur l'hygiène des mains et les masques chirurgicaux dans les foyers de Hong Kong et de Bangkok. Selon leur modèle, la transmission par aérosol représente environ la moitié de tous les événements de transmission.

La distinction entre transmission « gouttelettes » et transmission par voie aérienne pour pragmatique et opérationnelle qu'elle soit, n'est pas dichotomique. L'émission de particules par un individu, malade ou non, concerne des particules de diamètre variable, allant de particules sub-microniques à plus de 100 microns.

Une étude chez des patients grippés a ainsi montré que 43% de l'ARN viral émis par les patients était porté par des particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 1 micron [9], bien que cette affection soit considérée comme à transmission « gouttelettes ». La grippe ou le SARS-CoV, bien que l'on considère qu'ils sont transmis préférentiellement selon le mode « gouttelettes », ont ainsi dans des circonstances rares été transmis par voie aérienne [10,11].

Quant au MERS-CoV, les données disponibles sont en faveur d'une transmission de type « gouttelettes », sauf en cas de procédures générant des aérosols [12]. Jones *et al.* [13] ont repris et développé le concept de transmission par aérosol, pour résoudre les problèmes de limitation dans les définitions conventionnelles de la transmission par voie aérienne et par gouttelettes.

Un aérosol infectieux est un ensemble de particules chargées de pathogènes dans l'air. Les particules d'aérosol peuvent se déposer sur une personne ou être inhalées par celle-ci. La transmission par aérosol est biologiquement plausible lorsque (1) des aérosols infectieux sont générés par ou à partir d'une personne infectieuse, (2) l'agent pathogène reste viable dans l'environnement pendant un certain temps et (3) les tissus cibles dans lesquels l'agent pathogène déclenche l'infection sont accessibles à l'aérosol. Jones *et al.* [13] proposent une échelle de niveau de preuve, pour chacune des conditions. La plausibilité biologique de la transmission de l'aérosol est évaluée pour le coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère et d'autres virus.

Pour le SARS-CoV, le niveau de preuve pour la transmission d'aérosols indique que les preuves pour les conditions 1 et 3 sont modérées et fortes pour la condition 2. Le score final est de 7/9.

Concernant le SARS-CoV-2, la transmission du virus se fait à partir de personnes déjà infectées, malades ou porteuses asymptomatiques du virus à partir de la transmission directe de particules émises lors de la toux, de l'éternuement ou simplement en parlant. Une personne infectée émet des gouttelettes qui vont sécher très rapidement pour former des résidus secs qui contiennent les protéines et les sels minéraux qui se trouvent dans la salive ou dans le mucus trachéal et bronchique (en fonction du site d'émission) et qui contiennent les particules virales. Les taux d'émission pour les résidus secs sont faibles (par exemple une personne qui parle émet entre 1 et 50 particules par seconde pour des particules de diamètre aérodynamique entre 0,5 micron et 20 microns). La question est de savoir si dans l'environnement extérieur une personne infectée peut émettre un aérosol capable de se diffuser à une distance supérieure à 1 à 2 mètres correspondant à la distance recommandée entre deux individus.

## Etudes cliniques de prévention de la transmission des virus respiratoires

### La grippe

Quelques études randomisées ont été réalisées dans le cadre de la prévention de la grippe, chez le personnel soignant, en comparant masque chirurgical et masque FFP2. L'étude de Loeb *et al.* [14] est une étude randomisée (randomisation individuelle) qui montre une non infériorité entre

les deux types de masque, dans la prévention de la grippe (grippe confirmée biologiquement). L'étude de Radonovich *et al.* [15] est aussi une étude randomisée (randomisation par cluster) qui ne met pas en évidence de différence significative entre masque chirurgical et masque FFP2, dans la prévention de la grippe (grippe confirmée biologiquement). En communauté, les études randomisées en cluster d'Aiello *et al.* [16,17] montrent que le port de masque chirurgical associé à l'hygiène des mains pourrait réduire l'incidence de la grippe et des syndromes para grippaux.

### Le SARS-CoV

La méta-analyse de Jefferson *et al.* [18] porte sur les interventions physiques qui visent à interrompre ou à réduire la diffusion des virus respiratoires.

En ce qui concerne le SARS-CoV, elle montre, sur les études cas-témoins, que le port de masque (chirurgical ou FFP2) réduit significativement le risque de survenue de la maladie.

### Transmission des coronavirus et du SARS-CoV-2

Comme la plupart des micro-organismes, le SARS-CoV-2 n'a pas une unique voie de transmission [19]. Les principales modalités de transmission du SARS-CoV-2 sont les suivantes :

- transmission directe (par inhalation de gouttelettes lors de toux ou d'éternuement par le patient),
- et transmission par contact (contact avec la bouche, le nez, ou les muqueuses des yeux) [20].

La transmission des coronavirus des surfaces contaminées vers les mains n'a pas été prouvée. Cependant, elle ne peut être exclue, à partir de surfaces fraîchement contaminées par les sécrétions. L'ARN du SARS-CoV-2 a pu être détecté dans les selles (au 7<sup>ème</sup> jour de la maladie) [21]. Toutefois, le caractère infectieux du virus détecté dans les selles n'a été évoqué qu'en une seule occasion chez un patient prélevé 15 jours après le début des symptômes, ce qui laisse supposer que la transmission par les selles est moins importante que la transmission par les gouttelettes respiratoires ou manuportée [22,23]. En particulier, le risque de transmission fécale du virus SARS-CoV-2 n'a pas été documenté [24]. L'excrétion du virus a pu être mise en évidence chez certains patients après la disparition des symptômes [25].

Les données actuelles suggèrent que le SARS-CoV-2 se transmet principalement par des gouttelettes (particules de taille 5-10 µm). La transmission de personne à personne se produit lorsqu'une personne infectée émet des gouttelettes contenant des particules virales en toussant, en éternuant et en parlant. Ces gouttelettes atterrissent sur la muqueuse respiratoire ou la conjonctive d'une autre personne, généralement à une distance d'environ deux mètres, mais peut-être plus loin [26]. Les gouttelettes peuvent également se déposer sur des objets fixes ou mobiles et peuvent être transférées à une autre personne lorsqu'elle entre en contact avec ces objets.

Concernant les surfaces, bien que les données soient peu nombreuses, les éléments disponibles suggèrent que le virus peut rester infectieux sur des surfaces à température ambiante pendant une période pouvant aller jusqu'à 9 jours [27]. Cette durée est plus courte à des températures supérieures à 30 °C. Néanmoins, le nettoyage et la désinfection sont efficaces pour diminuer la contamination des surfaces, ce qui souligne l'importance des zones à fort contact [27].

La transmission par aérosols, des particules plus petites que 5 µm, peut également se produire dans des circonstances spécifiques telles que l'intubation endo-trachéale, la bronchoscopie, l'aspiration, la rotation du patient en position couchée ou la déconnexion du patient du respirateur. La réanimation cardiopulmonaire est une autre procédure importante génératrice d'aérosols [28].

Dans leur étude, van Doremalen *et al.* [29] ont évalué le comportement de deux isolats de coronavirus provenant d'échantillons respiratoires de 2 patients (SARS-CoV Tor2 d'un patient hospitalisé à Toronto en 2003 et SARS-CoV-2 nCoV-W A1-2020 du premier cas importé aux États-Unis) en conditions expérimentales, sur quatre surfaces de l'hôpital et dans des aérosols préformés (inférieur à 5µm à 65% d'humidité relative (RH%)). D'un point de vue statistique, leur méthodologie bayésienne était robuste et efficace, les données des analyses étaient excellentes.

Ces expériences ont permis aux auteurs de conclure que les deux coronavirus se sont comportés de la même manière, et que le SARS-CoV-2 est resté viable et infectieux pendant au moins 3 heures en aérosols et 8 heures sur les surfaces (jusqu'à 24 heures sur le carton, soit beaucoup plus longtemps que le SARS-CoV), confirmant le rôle potentiel de l'environnement dans leur transmission. Cependant, leurs aérosols ont été générés en utilisant une machine de grande puissance, ce qui ne reflète pas les conditions normales de la toux [30].

Dans une étude récente (en pré-publication) relative aux prélèvements d'environnement des chambres de patients atteints de COVID-19, le SARS-CoV-2 était présent sur de nombreuses surfaces de dispositifs médicaux et d'effets personnels et dans les échantillons d'air [31]. Les deux tiers des prélèvements d'air (750 litres sur 15 minutes) réalisés dans les chambres des patients, à des distances variables du patient, mais également des prélèvements d'air réalisés dans les parties communes, en dehors des chambres, retrouvaient de l'ARN viral. Cette étude va dans le sens d'une diffusion à distance du virus, même si elle ne démontre pas la présence de virus potentiellement infectant à distance.

Dans l'étude de Ong *et al.* [32] les prélèvements d'air étaient négatifs. Cependant, on retrouvait des virus SARS-CoV-2 en de nombreux endroits de la chambre d'un patient infecté, jusqu'à la bouche d'aération, les vitres ou la poignée de porte. Ceci confirme ce qui avait été observé avec le SARS-CoV [33].

### **Arguments en faveur de la présence d'un aérosol contenant des particules fines à partir des personnes**

*Chez le sujet normal* [34-38], l'air expiré contient des particules solides, liquides et mixtes provenant des constituants de la surface et de la paroi des muqueuses respiratoires des voies aériennes supérieures, mais aussi de la zone de conduction et du poumon profond (mucus, surfactant, cellules desquamées et débris cellulaires, particules exogènes provenant de la pollution atmosphérique, et micro-organismes ou fragments de micro-organismes présents en intra ou extra-cellulaires).

La distribution granulométrique de l'aérosol dépend des caractéristiques de l'expiration (ventilation calme, ventilation forcée, toux et expectoration provoquée), la majorité des particules (en nombre) étant de moins de 1 µm, avec une augmentation des particules plus grosses (supérieure à 10 µm) lors des manœuvres d'expectoration provoquées. L'exploitation de données provenant de l'étude de ces bioaérosols a permis de proposer de nouvelles méthodes d'études non invasives de l'appareil respiratoire.

*Chez le sujet présentant une infection de l'appareil respiratoire* [39-41], deux types de modifications vont intervenir pour augmenter la production de particules :

- d'une part la réponse inflammatoire de l'épithélium respiratoire (hypersécrétion de mucus dont les propriétés rhéologiques se modifient, œdème, prolifération de cellules inflammatoires, nécrose des cellules inflammatoires et des cellules épithéliales) qui augmente la quantité de matériel à la surface des épithéliums qui sera présent dans l'air expiré ;
- d'autre part la modification des modalités de l'expiration avec augmentation des phénomènes de toux avec expectoration et éternuements, provoquant une augmentation considérable des particules dans l'air expiré, avec augmentation de la fraction des particules les plus grosses (mais avec toujours présence des particules fines).

En pratique, toutes les fractions granulométriques augmentent mais si l'on raisonne en masse, ce sont bien sûr les plus grosses qui seront surreprésentées.

*Dans le cas particulier de l'infection actuelle à coronavirus* [23, 29], les données sont encore parcellaires, mais montrent trois types d'informations à prendre en compte :

- d'une part la mise en évidence de virus dans les voies aériennes supérieures des sujets asymptomatiques, donc n'ayant pas de toux ni d'éternuements, et dont la fraction

granulométrique attendue dans l'air expiré est majoritairement (concentration en nombre) faite de particules fines ;

- d'autre part la mise en évidence de coronavirus dans la fraction fine de l'aérosol prélevé à distance du patient émetteur (bureau des soignants situé à distance de pièces où sont soignés les patients) ;
- enfin les données expérimentales obtenues après aérosolisation d'une suspension aqueuse de coronavirus qui montrent la persistance de virus viable dans l'air à distance de la source pendant plusieurs heures.

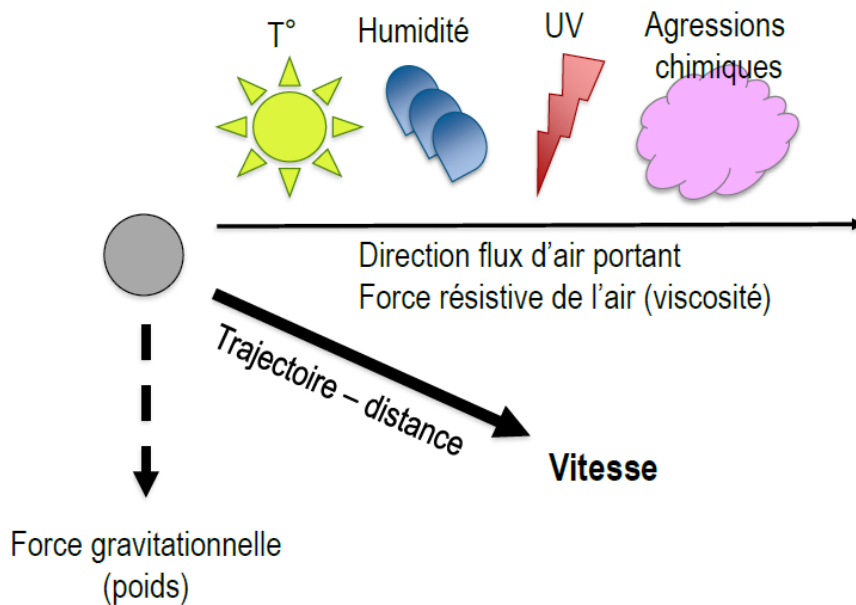
**Synthèse.** Ces données encore parcellaires ne permettent pas de savoir si la présence de virus dans la fraction fine est suffisante pour provoquer une infection (la valeur de l'inoculum nécessaire pour entraîner une infection est inconnue). Néanmoins sur la base des données bien établies sur les modèles de dispersion des aérosols non infectieux (des milliers de références), on peut estimer que la densité virale dans l'air ambiant va décroître rapidement dans le temps et dans l'espace lorsque que l'on sort d'un espace confiné (sous réserve de la concentration initiale de particules virales dans l'aérosol de la pièce où se trouvent le ou les patients : quid des pièces attenantes du service), a fortiori en environnement extérieur où le phénomène de dilution est rapide et majeur. En revanche, il n'y a pas encore de données spécifiques permettant de décrire la diffusion de l'aérosol de particules fines vectrices de virus viable dans une structure comme un magasin ou un transport collectif. Néanmoins ces données même partielles militent en faveur d'une contamination des espaces clos à distance des patients émetteurs, en particulier lorsque cet espace est petit et lorsqu'il y a plusieurs patients dans le même espace.

## 2. Comportement du virus SARS-CoV2 en condition d'émission dans l'environnement extérieur

La respiration simple émet  $10$  à  $10^4$  particules par litre d'air expiré avec une prédominance des particules de diamètre inférieur à  $1 \mu\text{m}$  et en parlant un individu émet  $1$  à  $5000$  particules par minute, en toussant  $10^3$  à  $10^4$  particules entre  $0,5$  et  $30 \mu\text{m}$  et en éternuant  $10^6$  particules de  $0,5$  à  $16 \mu\text{m}$  (cf. AFSSET 2009<sup>1</sup> et Société Française de Médecine du Travail, 2020<sup>2</sup>). Ces particules peuvent rester dans l'air en suspension [3]. Cependant, dans l'air extérieur l'effet de dilution va être prépondérant et la probabilité qu'une particule aéroportée contenant des virus soit inhalée avec une charge infectante suffisante paraît peu probable en dehors du champ proche, dans une foule par exemple. Par ailleurs, en milieu extérieur, les UV doivent contribuer à une disparition rapide des virus.

<sup>1</sup> AFSSET - Avis et Rapport relatifs à une synthèse des éléments sanitaires en vue d'un appui à l'élaboration de seuils d'information et d'alerte du public pour les particules dans l'air ambiant. 2009. Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2007et0006Ra.pdf>

<sup>2</sup> SFMT - Avis relatif aux indications du port de masque FFP2 pour les soignants prenant en charge des patients infectés par le SARS-COV-2. 30 mars 2020. Disponible sur : <http://splf.fr/wp-content/uploads/2020/03/SocieteFrancaise-de-medecine-du-travail-Avis-relatif-aux-indications-du-port-de-masque-FFP2-pour-les-soignants-prenant-en-charge-des-patients-infectes-par-le-COV-30-03-20.pdf>



D'après Dr Florence Adler CHU Lyon, JNI Bordeaux 2014

### Rôle de la pollution atmosphérique particulaire dans la propagation de l'épidémie de COVID-19

Un « position paper » de la société italienne de santé environnementale [42] met en relation la pollution atmosphérique aux PM 10 et le développement rapide de l'épidémie dans la région très industrielle du Nord de l'Italie. Il suggère que les particules atmosphériques pourraient constituer un **substrat** qui permettrait aux virus de rester dans l'air dans des conditions viables pendant un certain temps (de plusieurs heures à plusieurs jours). Il pose comme hypothèse que le taux d'inactivation des virus dans les particules atmosphériques dépend des conditions environnementales alors qu'une augmentation des températures et du rayonnement solaire favoriserait l'inactivation, une humidité relative élevée pourrait induire un taux de diffusion virale plus élevé, c'est-à-dire un niveau plus élevé de virulence [43]. Il faut cependant noter qu'il existe peu de données sur ce rôle de vecteur des particules atmosphériques dans la propagation virale.

Les chercheurs italiens, après une analyse de l'évolution de la pollution atmosphérique par les PM10 et de la propagation de l'épidémie dans la région de Lombardie, concluent que la spécificité de la vitesse du taux d'augmentation des cas de contagion pourrait donc être liée aux conditions de pollution par les particules atmosphériques qui ont exercé un effet vecteur et boosteur, comme cela a déjà été signalé dans des cas antérieurs de forte propagation d'infection virale par rapport à des niveaux élevés de contamination par les particules atmosphériques. Ils suggèrent de prendre en compte cette contribution en appelant à des mesures restrictives pour contenir la pollution.

Cependant, si les corrélations entre pollution de l'air par les particules et prévalence de la maladie sont bien avérées, aucun lien de cause à effet n'a encore été démontré entre pollution par les particules et dissémination du virus. C'est ce qu'ont tenu à rappeler des spécialistes italiens des aérosols (IAS) le 20 mars 2020 dans une contribution qui fait suite au débat sur la relation entre la pollution atmosphérique par les particules et la propagation du COVID-19.

Très récemment, une publication du département de statistique de l'école de santé publique de l'université de Harvard publie également que l'exposition chronique à un niveau de pollution particulaire (PM2,5) préexistant élevé augmente le risque de mortalité au COVID-19 [44]. Les auteurs trouvent qu'une augmentation de seulement 1 µg / m<sup>3</sup> de PM2,5 serait associée à une augmentation de 15% du taux de mortalité COVID-19. Ils suggèrent que l'exposition à long terme à la pollution atmosphérique augmente le risque de développer des formes graves de la maladie.

Il est bien connu que la pollution atmosphérique est un facteur d'aggravation des pathologies respiratoires, asthme et bronchique chronique. En provoquant une inflammation bronchique elle pourrait faciliter l'entrée des virus dans les épithéliums respiratoires.

En 2003, une étude publiée dans la revue scientifique de santé publique *Environmental Health* a analysé le lien entre la pollution de l'air et les cas létaux de Syndrome Respiratoire Aigu Sévère (SRAS) (qui regroupe tous les SARS-CoV) en République populaire de Chine [45]. Il a été constaté que les patients contaminés vivant dans des régions modérément polluées avaient 84% plus de risques de mourir que les patients de régions peu polluées. De même, les patients vivant dans les régions avec des niveaux de pollution élevés avaient deux fois plus de risques de mourir du SRAS par rapport à ceux vivant dans les régions peu polluées.

**Synthèse.** Cependant nous ne possédons pas actuellement de données scientifiques probantes permettant de dire que le virus peut être transporté par des particules atmosphériques. Par contre, il est bien connu que la pollution atmosphérique est un facteur d'aggravation des pathologies respiratoires, asthme et bronchique chronique. Elle provoque une inflammation bronchique qui pourrait faciliter l'entrée des virus dans les épithéliums respiratoires.

### 3. Aérosols viraux du SARS-CoV-2 et Environnements intérieurs

Lorsqu'une personne respire, parle, tousse ou éternue des gouttelettes sont générées par les forces de cisaillement ou de déstabilisation des fluides recouvrant l'appareil respiratoire. Ainsi les mouvements de la bouche et de la langue vont générer des gouttes de salive, l'expiration et l'inspiration vont entraîner les mucus tapissant l'arbre respiratoire et la réouverture des alvéoles génère des gouttes par rupture de film liquide. Enfin, les vibrations et l'adduction des cordes vocales vont également déstabiliser les mucus qui les recouvrent [1, 46, 47]. Les gouttes émises contiennent tous les éléments présents dans le mucus ou la salive, principalement de l'eau, des substances minérales, des substances organiques et potentiellement des virus si la personne est infectée.

Les gouttelettes sont émises dans un jet d'air discontinu et turbulent en provenance de la bouche ou du nez. La température de l'air expiré dépend de la température de l'air ambiant et de la provenance du jet (nez ou bouche). Pour un air ambiant à 20 °C la température va être comprise entre 32 et 36 °C pour une humidité relative proche de 100%. La vitesse de l'air à la sortie de la bouche ou du nez dépend de l'activité et les ordres de grandeurs sont d'environ 1 m.s<sup>-1</sup>, 5 m.s<sup>-1</sup> et 10 m.s<sup>-1</sup> respectivement pour la respiration, la parole et la toux [3]. La taille des gouttes à la sortie du nez ou de la bouche a été mesurée par différents auteurs et différentes techniques qui montrent que la majorité des gouttes ont un diamètre compris entre 1 µm et 1 mm avec un maximum d'émission (en nombre) entre 10 et 20 µm. La concentration dans le flux d'air est comprise entre 0,001-5,5 gouttes.cm<sup>-3</sup> pour la toux et 0,004-3 gouttes.cm<sup>-3</sup> pour la parole [1, 48]. En ce qui concerne la parole, Asadi *et al.* (2009) ont montré que certaines personnes émettent jusqu'à 10 fois plus (super-émetteurs) et que le taux d'émission augmente avec la puissance de la voix et ne semble pas dépendre de la langue utilisée [1]. Le taux d'émission pour la vocalisation est compris entre 1 et 50 particules par seconde alors que pour la respiration, il est inférieur à 2 particules par seconde.

En absence de masque, les gouttes les plus grosses vont suivre des trajectoires balistiques et se déposer sur les surfaces à proximité immédiate de l'émetteur tandis que celles de diamètre plus faible sont emportées dans le flux d'air qui se mélange à l'air ambiant, ce qui provoque l'évaporation rapide de l'eau et laisse en suspension un résidu sec formé des éléments non volatiles présents dans la goutte initiale. La taille des résidus secs mis en suspension est donc très dépendante de la composition initiale des mucus ou de la salive [1] et il a été mesuré un diamètre aérodynamique géométrique moyen compris entre 0,7 µm et 1,25 µm pour les résidus émis en respirant ou en parlant [1].



La présence de virus (coronavirus, virus de la grippe et rhinovirus) dans les exhalaisons a été détectée par Leung *et al.* (2020) dans les particules collectées à la fois pour des diamètres supérieurs et inférieurs à 5 µm et ils ont montré que le port d'un masque chirurgical diminue la détection de virus dans les échantillons collectés [5].

### **Persistance du SARS-CoV-2 dans l'air intérieur**

Quelques travaux ont étudié la dispersion aérienne du virus générée directement par les patients infectés par le Covid-19. Le plus souvent ces études détectent la présence de l'ARN viral dans l'air ; d'autres, moins nombreuses, montrent l'isolement du virus par culture cellulaire. Il faut rappeler ici que la détection de l'ARN viral ne peut représenter le virus viable en quantité suffisante pour produire l'infection. Néanmoins, cette détection du matériel génétique viral dans des prélèvements d'air indique les caractéristiques aérodynamiques de l'émission oropharyngée des particules virales et les possibilités de dissémination du virus par cette voie (cf. lettre de H Fineberg à K Droegemeier K<sup>3</sup>, 1<sup>er</sup> avril 2020).

Santarpia *et al.* (2020) ont montré la présence diffuse de l'ARN du SARS-CoV-2 dans l'air de 11 chambres d'isolement de patients atteints du COVID-19, à la fois par des prélèvements de grands volumes d'air et par des échantillonneurs personnels [49]. Les aéro-biocollecteurs ont été placés dans la chambre à plus de 2 mètres de deux patients porteurs d'ARN viral. Les échantillonneurs personnels portés par les patients se sont révélés aussi positifs, même si les patients ne toussaient pas. Les concentrations les plus élevées d'ARN viral ont été mesurées dans des échantillonneurs personnels d'un patient recevant de l'oxygène par une canule nasale. Cette étude indique que les particules virales peuvent être disséminées sous forme d'aérosols ; toutefois les auteurs précisent que la présence d'un virus infectieux n'a pas été prouvée et que des expérimentations sont nécessaires pour déterminer l'activité virale des échantillons d'air prélevés dans ces conditions.

Liu *et al.* (2020) ont prélevé 35 échantillons d'air dans deux hôpitaux et des zones publiques à Wuhan [50]. Dans les secteurs hospitaliers, la plus forte concentration d'ARN viral a été trouvée dans les toilettes (19 copies par mètre-cube d'air) et dans les zones où les équipements de protection respiratoire sont retirés (18-42 copies par mètre-cube d'air). Par comparaison, dans tous les sites extérieurs, sauf deux, de regroupement de personnes, les concentrations d'ARN viral étaient faibles, en deçà de 3 copies par mètre-cube d'air. Les auteurs concluent qu'une source de SARS-CoV-2 pourrait être une réémission de particules virales à partir de l'enlèvement de l'équipement de protection respiratoire, du nettoyage des sols et des mouvements d'air produits par le personnel. Toutefois, il peut être difficile de réémettre des particules de taille respirable. Par contre, les gouttelettes contaminées, déposées sur les surfaces, pourraient se transmettre par les mains à la bouche, le nez ou les yeux sans requérir la voie respiratoire.

D'autres études [32,51] ont montré la présence de l'ARN viral dans des échantillons d'air prélevés dans des sites où étaient admis des patients infectés par le COVID-19. Une autre publication [29] a montré la persistance du virus dans l'air. Dans cette étude expérimentale, les aérosols de particules virales, d'un diamètre aérodynamique inférieur à 5 µm, ont été générés par un nébuliseur dans une chambre d'essai dans des conditions contrôlées de laboratoire (température de 21 °C à 23 °C et 40% d'humidité relative). Le SARS-CoV-2 reste viable infectieux dans les aérosols jusqu'à 3 heures, avec une demi-vie d'élimination d'environ 1,1 heure.

Lors de l'épidémie à SARS-CoV à Hong Kong au début des années 2000, Yu *et al.* (2004) ont montré, par une étude de modélisation des flux d'air, une possibilité de transmission du virus par aérosol [52]. Dans cette étude, le risque significativement plus élevé d'infection pour les habitants des étages supérieurs d'un bâtiment où se trouvaient des personnes infectées évoquait une voie de transmission par un flux d'air contaminé.

<sup>3</sup> Lettre disponible avec le lien suivant : <https://www.nap.edu/read/25769/chapter/1>

**Synthèse.** Ces études limitées sur la dissémination et la persistance du SARS-CoV-2 dans l'air intérieur sous forme d'aérosol de fines particules (inférieures à 5 µm), généré par un patient porteur du virus dans ses voies aériennes, révèlent à date les éléments suivants :

- L'ARN viral du SARS-CoV-2 est détecté dans des prélèvements d'air de locaux abritant des patients infectés par le Covid-19.
- Cette détection par l'intermédiaire de l'ARN viral souligne la dispersion et la persistance du virus sous forme de fines particules en suspension dans l'air.

Toutefois,

- La présence d'ARN viral dans l'air ne signifie pas la présence d'un virus viable infectant, dont on ne connaît pas, par ailleurs, la dose infectante au contact des muqueuses.
- La demi-vie d'élimination du virus d'environ 1,1 heure, sur des particules fines en suspension dans l'air générées expérimentalement, souligne la réduction rapide de l'infectiosité virale dans les aérosols [29].
- La charge virale dans les prélèvements naso-pharyngés diminue rapidement au cours du temps [53].
- La production de virus par les patients infectés ou asymptomatiques est très variable d'un sujet à l'autre [54] et impacte l'efficacité de la transmission.

## RECOMMANDATIONS DU HCSP

- De nouvelles recherches sont nécessaires pour étudier l'aérosolisation du SARS-CoV-2, son comportement dans l'environnement extérieur et intérieur, à la fois par des études de laboratoire et cliniques, et l'infectiosité des bioaérosols du SARS-CoV-2, afin de définir la place spécifique des aérosols dans la transmission du COVID-19 [55].
- Il est également nécessaire de déterminer la proportion des infections à SARS-CoV-2 en relation avec les trois voies de transmission possibles : transmission par contact direct, transmission par aérosol à distance et transmission manuportée par des gouttelettes ou aérosols déposées sur les surfaces dans l'environnement immédiat d'une personne infectée, symptomatique, asymptomatique ou en incubation.
- Toutefois, en l'état actuel des données de la littérature, on ne peut pas exclure une transmission par aérosol :
  - en milieu clos de soins, comme une chambre de patient infecté et excréteur ;
  - dans les environnements intérieurs clos, confinés, mal aérés ou insuffisamment ventilés ;
  - alors que dans l'environnement extérieur et les espaces ainsi que dans les environnements clos de grand volume, le risque paraît cependant très faible compte tenu de la dilution des aérosols viraux.
- Le port de masque alternatif (masque dit « barrière » ou en « tissu ») est une mesure complémentaire des mesures classiques de distanciation physique, des gestes barrières au moment de la parole, de la toux et des éternuements, d'hygiène des mains méticuleuse, d'évitement de contact avec la face, yeux, bouche et nez ainsi que de l'aération des locaux et de nettoyage-désinfection des surfaces. Le port de masque alternatif par les porteurs asymptomatiques, lorsqu'il est bien utilisé, réduit fortement la transmission du virus mais ne peut éviter à une personne saine d'être contaminée si elle ne respecte pas les précautions barrières.
- Dans le contexte du confinement et de déconfinement, le port d'un masque anti-projections alternatif trouve une justification en population générale pour limiter les émissions particulières lorsque les personnes doivent se déplacer dans des espaces clos, notamment mal aérés ou insuffisamment ventilés. Le port de ce masque ne dispense pas du respect de la distance physique de sécurité à appliquer.
- Le port de tels masques « barrière » peut trouver aussi une justification pour les personnes, en milieu extérieur, ne pouvant respecter une distanciation physique.
- Ces masques alternatifs doivent répondre à des critères de performance de filtration, de respirabilité et de forme. Ceux-ci sont disponibles en consultant le guide publié par l'AFNOR [56].
- Les patients COVID-19 doivent porter un masque chirurgical (au moins) au domicile pour éviter de contaminer leurs proches et leur environnement.
- Par ailleurs, les masques de protection respiratoire filtrants de type FFP ne sont pas indiqués pour la population générale.

**Ces recommandations, élaborées sur la base des connaissances disponibles à la date de publication de cet avis, peuvent évoluer en fonction de l'actualisation des connaissances et des données épidémiologiques.**

*Avis rédigé par un groupe d'experts, membres ou non du Haut Conseil de la santé publique.*

*Validé le 08 avril 2020 par le président du Haut Conseil de la santé publique.*

## Références

1. Asadi S, Wexler AS, Cappa CD, Barreda S, Bouvier NM, Ristenpart WD. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Scientific Reports*. 2019; 9: 1–10. doi:10.1038/s41598-019-38808-z
2. Zhu S, Kato S, Yang J-H. Study on transport characteristics of saliva droplets produced by coughing in a calm indoor environment. *Building and Environment*. 2006; 41: 1691–1702. doi:10.1016/j.buildenv.2005.06.024
3. Xie X, Li Y, Chwang ATY, Ho PL, Seto WH. How far droplets can move in indoor environments—revisiting the Wells evaporation-falling curve. *Indoor Air*. 2007; 17: 211–225. doi:10/fdtgzw
4. Derrick JL, Li PTY, Tang SPY, Gomersall CD. Protecting staff against airborne viral particles: in vivo efficiency of laser masks. *J Hosp Infect*. 2006; 64: 278–281. doi:10/crv2xw
5. Leung NHL, Chu DKW, Shiu EYC, Chan K-H, McDevitt JJ, Hau BJP, et al. Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. *Nat Med*. 2020. doi:10/ggqtgj
6. Lindsley WG, King WP, Thewlis RE, Reynolds JS, Panday K, Cao G, et al. Dispersion and exposure to a cough-generated aerosol in a simulated medical examination room. *J Occup Environ Hyg*. 2012; 9: 681–690. doi:10/ggrbgd
7. Shiu EYC, Leung NHL, Cowling BJ. Controversy around airborne versus droplet transmission of respiratory viruses: implication for infection prevention. *Curr Opin Infect Dis*. 2019; 32: 372–379. doi:10/ggbwdb
8. Cowling BJ, Zhou Y, Ip DKM, Leung GM, Aiello AE. Face masks to prevent transmission of influenza virus: a systematic review. *Epidemiol Infect*. 2010; 138: 449–456. doi:10.1017/S0950268809991658
9. Lindsley WG, King WP, Thewlis RE, Reynolds JS, Panday K, Cao G, et al. Dispersion and exposure to a cough-generated aerosol in a simulated medical examination room. *J Occup Environ Hyg*. 2012; 9: 681–690. doi:10/ggrbgd
10. Chu C-M, Cheng VCC, Hung IFN, Chan K-S, Tang BSF, Tsang THF, et al. Viral load distribution in SARS outbreak. *Emerging Infect Dis*. 2005; 11: 1882–1886. doi:10/fzky4d
11. Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L, Health Care Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Health Care Settings. *Am J Infect Control*. 2007; 35: S65-164. doi:10/c2knnq
12. Chung S, Ling M, Seto W, Ang B, Tambyah P. Debate on MERS-CoV respiratory precautions: surgical mask or N95 respirators? *Singapore Med J*. 2014; 55. doi:10/ggnb3d
13. Jones RM, Brosseau LM. Aerosol transmission of infectious disease. *J Occup Environ Med*. 2015; 57: 501–508. doi:10/f7brmn
14. Loeb M, Dafoe N, Mahony J, John M, Sarabia A, Glavin V, et al. Surgical mask vs N95 respirator for preventing influenza among health care workers: a randomized trial. *JAMA*. 2009; 302: 1865–1871. doi:10.1001/jama.2009.1466
15. Radonovich LJ, Simberkoff MS, Bessesen MT, Brown AC, Cummings DAT, Gaydos CA, et al. N95 Respirators vs Medical Masks for Preventing Influenza Among Health Care Personnel: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019; 322: 824–833. doi:10/ggigm3

16. Aiello AE, Murray GF, Perez V, Coulborn RM, Davis BM, Uddin M, et al. Mask use, hand hygiene, and seasonal influenza-like illness among young adults: a randomized intervention trial. *J Infect Dis*. 2010; 201: 491–498. doi:10.1086/650396
17. Aiello AE, Perez V, Coulborn RM, Davis BM, Uddin M, Monto AS. Facemasks, hand hygiene, and influenza among young adults: a randomized intervention trial. *PLoS ONE*. 2012; 7: e29744. doi:10.1371/journal.pone.0029744
18. Jefferson T, Foxlee R, Mar CD, Dooley L, Ferroni E, Hewak B, et al. Physical interventions to interrupt or reduce the spread of respiratory viruses: systematic review. *BMJ*. 2008; 336: 77–80. doi:10/bwfn3f
19. Roy CJ, Milton DK. Airborne transmission of communicable infection—the elusive pathway. *N Engl J Med*. 2004; 350: 1710–1712. doi:10/cwhqw6
20. Lu C, Liu X, Jia Z. 2019-nCoV transmission through the ocular surface must not be ignored. *The Lancet*. 2020; 395: e39. doi:10/ggnkm7
21. Holshue ML, DeBolt C, Lindquist S, Lofy KH, Wiesman J, Bruce H, et al. First Case of 2019 Novel Coronavirus in the United States. *N Engl J Med*. 2020; 382: 929–936. doi:10/ggjvr6
22. Woelfel R, Corman VM, Guggemos W, Seilmaier M, Zange S, Mueller MA, et al. Clinical presentation and virological assessment of hospitalized cases of coronavirus disease 2019 in a travel-associated transmission cluster. *medRxiv*. 2020; 2020.03.05.20030502. doi:10/dqbs
23. Wölfel R, Corman VM, Guggemos W, Seilmaier M, Zange S, Müller MA, et al. Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature*. 2020. doi:10/ggqrv7
24. Zhang W, Du R-H, Li B, Zheng X-S, Yang X-L, Hu B, et al. Molecular and serological investigation of 2019-nCoV infected patients: implication of multiple shedding routes. *Emerg Microbes Infect*. 2020; 9: 386–389. doi:10/ggpx5v
25. Lan L, Xu D, Ye G, Xia C, Wang S, Li Y, et al. Positive RT-PCR Test Results in Patients Recovered From COVID-19. *JAMA*. 2020. doi:10/ggm2qq
26. Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. *JAMA*. 2020. doi:10/ggqtj4
27. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *J Hosp Infect*. 2020. doi:10/ggm86h
28. Tran K, Cimon K, Severn M, Pessoa-Silva CL, Conly J. Aerosol Generating Procedures and Risk of Transmission of Acute Respiratory Infections to Healthcare Workers: A Systematic Review. Semple MG, editor. *PLoS ONE*. 2012; 7: e35797. doi:10/ggntpr
29. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine*. 2020; 0: null. doi:10/ggn88w
30. WHO. Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations. 2020. Available: <https://www.who.int/publications-detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>
31. Santarpia JL, Rivera DN, Herrera V, Morwitzer MJ, Creager H, Santarpia GW, et al. Transmission Potential of SARS-CoV-2 in Viral Shedding Observed at the University of Nebraska Medical Center. *medRxiv*. 2020; 2020.03.23.20039446. doi:10/dqtw

32. Ong SWX, Tan YK, Chia PY, Lee TH, Ng OT, Wong MSY, et al. Air, Surface Environmental, and Personal Protective Equipment Contamination by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient. *JAMA*. 2020. doi:10/ggngth
33. Booth TF, Kournikakis B, Bastien N, Ho J, Kobasa D, Stadnyk L, et al. Detection of airborne severe acute respiratory syndrome (SARS) coronavirus and environmental contamination in SARS outbreak units. *J Infect Dis*. 2005; 191: 1472–1477. doi:10/b7z5g6
34. Papineni RS, F.S. Rosenthal FS. The size distribution of droplets in the exhaled breath of healthy human subjects. *Journal of Aerosol Medicine*. 1997; 10: 105-161
35. Yang S et al. The size and concentration of droplets generated by coughing in human subjects. *Journal of Aerosol Medicine*. 2007; 20 (4).
36. Morawska L, Johnson GR, Ristovski ZD, Hargreaves M, Mengersen K, Corbett S, et al. Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *Journal of Aerosol Science*. 2009; 40(3):256–69. pmid:ISI:000264353400006.
37. Johnson GR, Morawska L, Ristovski ZD, Hargreaves M, Mengersen K, Chao CYH, et al. Modality of human expired aerosol size distributions. *Journal of Aerosol Science*. 2011; 42(12):839–51.
38. Bake B, Larsson P, Ljungkvist G, Ljungstrom E et Olin AC. Exhaled particles and small airways. *Respir Res*. 2019; 20(1):8. doi: 10.1186/s12931-019-0970-9.
39. Gralton J, Tovey E, McLaws ML, Rawlinson WD. The role of particle size in aerosolised pathogen transmission: a review. *J Infect*. 2011 Jan; 62(1):1-13. doi: 10.1016/j.jinf.2010.11.010
40. Milton DK, Fabian MP, Cowling BJ et al. Influenza Virus Aerosols in Human Exhaled Breath: Particle Size, Culturability, and Effect of Surgical Masks. *Plos Pathogens*. 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003205>
41. Tellier R, Li Y, Cowling BJ and Tang JW. Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary. *BMC Infect Dis*. 2019; 19:101. doi: [10.1186/s12879-019-3707-y](https://doi.org/10.1186/s12879-019-3707-y).
42. SIMA. « Position paper » : Relazione circa l'effeto dell' inquinamento da particolato atmosfericoe la diffione di virus nella popolazione. 2020. Pages 6 [http://www.simaonlus.it/wpsima/wp-content/uploads/2020/03/COVID19\\_Position-Paper\\_Relazione-circa-l%E2%80%99effetto-dell%E2%80%99inquinamento-da-particolato-atmosferico-e-la-diffusione-di-virus-nella-popolazione.pdf](http://www.simaonlus.it/wpsima/wp-content/uploads/2020/03/COVID19_Position-Paper_Relazione-circa-l%E2%80%99effetto-dell%E2%80%99inquinamento-da-particolato-atmosferico-e-la-diffusione-di-virus-nella-popolazione.pdf)
43. Despres V.R., et al. Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review. *Tellus B*. 2012; 64, 15598.
44. Wu X, Nethery N.C, Sabath M.B, Braun D, Dominici F. Exposure to air pollution and COVID 19 mortality in the United States. 2020. [https://projects.iq.harvard.edu/files/covid-pm/files/pm\\_and\\_covid\\_mortality.pdf](https://projects.iq.harvard.edu/files/covid-pm/files/pm_and_covid_mortality.pdf)
45. Cui Y, Zhang Z-F, Froines J, Zhao J, Wang H, Yu S-Z, Detels R. Air pollution and case fatality of SARS in the People's Republic of China : an ecologic study. *Env Health*. 2003; 2 :15-20
46. Fabian P, Brain J, Houseman EA, Gern J, and Milton DK. Origin of Exhaled Breath Particles from Healthy and Human Rhinovirus-Infected Subjects. *Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery*. 2011; 24 (3): 137–47. <https://doi.org/10.1089/jamp.2010.0815>.

47. Johnson, GR, and Morawska L. The Mechanism of Breath Aerosol Formation. *Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery*. 2009; 22 (3): 229–37. <https://doi.org/10.1089/jamp.2008.0720>.
48. Zhang, H, Dan L, Ling X, and Yimin X. Documentary Research of Human Respiratory Droplet Characteristics. *Procedia Engineering*. 2015; 121: 1365–1374. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.09.023>.
49. Santarpia et al. Transmission potential of SARS-CoV-2 In viral shedding observed at the University of Nebraska Medical Center. March 23 2020.
50. Liu et al. Aerodynamics characteristics and RNA concentration of SARS-CoV-2 aerosol in Wuhan hospitals during COVID-19 outbreak. March 8, 2020.
51. Cheng V et al. Escalating infection control response to the rapidly evolving epidemiology of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) due to SARS-CoV-2 in Hong-Kong. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020 Mar 5.
52. Yu et al. Evidence of airborne transmission of the severe acute respiratory syndrome virus. *NEJM*. 2004; 350 1731-9.
53. Lescure F-X. et al. Clinical and virological date of the first cases of COVID-19 in Europe : a case series. *Lancet*. 2020. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30200-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30200-0).
54. Edwards D. et al. Inhaling to mitigate exhaled bioaerosols. *PNAS*. 2004; 101 (50) 17383-17388.
55. Fineberg H.V. Rapid Expert Consultation on the Possibility of Bioaerosol Spread of SARS-CoV-2 for the COVID-19 Pandemic. The National Academies of Sciences, Engineering, Medicine. April 1, 2020. <https://www.nap.edu/read/25769/chapter/1>
56. AFNOR. Masques barrière. Guide d'exigences minimales, de méthodes, d'essais, de confection et d'usage. 27 mars 2020. AFNOR SPEC S76-001.

## Annexe 1 – Saisine du Directeur général de la santé du 6 avril 2020

Expéditeur: "SALOMON, Jérôme (DGS)"

Date: 6 avril 2020 à 21:34:31 UTC+2

Destinataire: CHAUVIN Franck ; HCSP-SECR-GENERAL

Cc:

Objet: Covid-19 : risque de transmission par des particules virales aérosolisées

Monsieur le Président, Cher Franck,

De nombreuses mesures de prévention de la transmission du Sars-CoV-2 sont en application dans notre pays, que ce soit en milieu de soin ou plus globalement en population générale.

Dans la perspective d'augmenter encore le niveau de protection, je souhaite connaître votre avis concernant le risque résiduel de transmission du virus sous forme d'aérosol, en milieu de soin, dans les autres environnements intérieurs, ainsi que dans l'environnement extérieur. Je souhaite connaître vos préconisations relatives à d'éventuelles mesures supplémentaires à mettre en œuvre. Cette analyse devra tenir compte, notamment, des dernières données acquises de la science en la matière et de leurs évolutions depuis le début de l'épidémie.

Je souhaite pouvoir disposer de vos préconisations dans un délai **de 48 heures**.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, Cher Franck, l'expression de ma considération distinguée.

Jérôme

Professeur Jérôme SALOMON, CMO, MD MPH PhD

Directeur général de la Santé / **Directeur de crise**

+ 33 1 40 56 40 40 / + 33 1 40 56 53 19

Direction Générale de la Santé, DGS, FRANCE



### Coronavirus : il existe des gestes simples pour vous protéger et protéger votre entourage



Se laver les mains très régulièrement

Tousser ou éternuer dans son coude ou dans un mouchoir

Utiliser des mouchoirs à usage unique

Saluer sans se serrer la main, éviter les embrassades



## **Annexe 2 - Composition du groupe de travail ayant élaboré ces recommandations**

Membre qualifié de la Commission spécialisée « *maladies infectieuses et maladies émergentes* » :

- Christian CHIDIAC
- Jean-François GEHANNO

Membres qualifiés de la Commission spécialisée « *système de santé et sécurité des patients* » :

- Serge AHO-GLELE
- Didier LEPELLETIER, pilote du groupe de travail

Membres qualifiés de la Commission spécialisée « *risques liés à l'environnement* »

- Daniel BLEY
- Patrick BROCHARD
- Philippe HARTEMANN
- Francelyne MARANO, copilote du groupe de travail
- Jean-Louis ROUBATY
- Fabien SQUINAZI, copilote du groupe de travail

Représentant(s) de Santé publique France :

- Anne BERGER-CARBONNE

Experts extérieurs au HCSP

- François GAIE-LEVREL, Laboratoire national de métrologie et d'essais
- Evelyne GEHIN, CERTES, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne

### **Secrétariat général du HCSP**

Annette COLONNIER

Yannick PAVAGEAU

Le 8 avril 2020

**Haut Conseil de la santé publique**

14 avenue Duquesne

75350 Paris 07 SP

[www.hcsp.fr](http://www.hcsp.fr)