

---

## NOTE

---

### Relative à l'identification de situations à haut risque de transmission aéroportée du virus SARS-CoV-2

31 décembre 2021

Ce document a pour objectif de mettre à jour les connaissances scientifiques sur le risque de transmission aéroportée du SARS-CoV-2. Après quelques rappels sur les conditions d'émission de particules respiratoires, sous la forme d'un continuum allant des gouttelettes aux microparticules, les conditions à considérer pour évaluer le risque de transmission en milieu de soins sont discutées en détaillant les contraintes liées à la ventilation et à l'occupation des locaux.

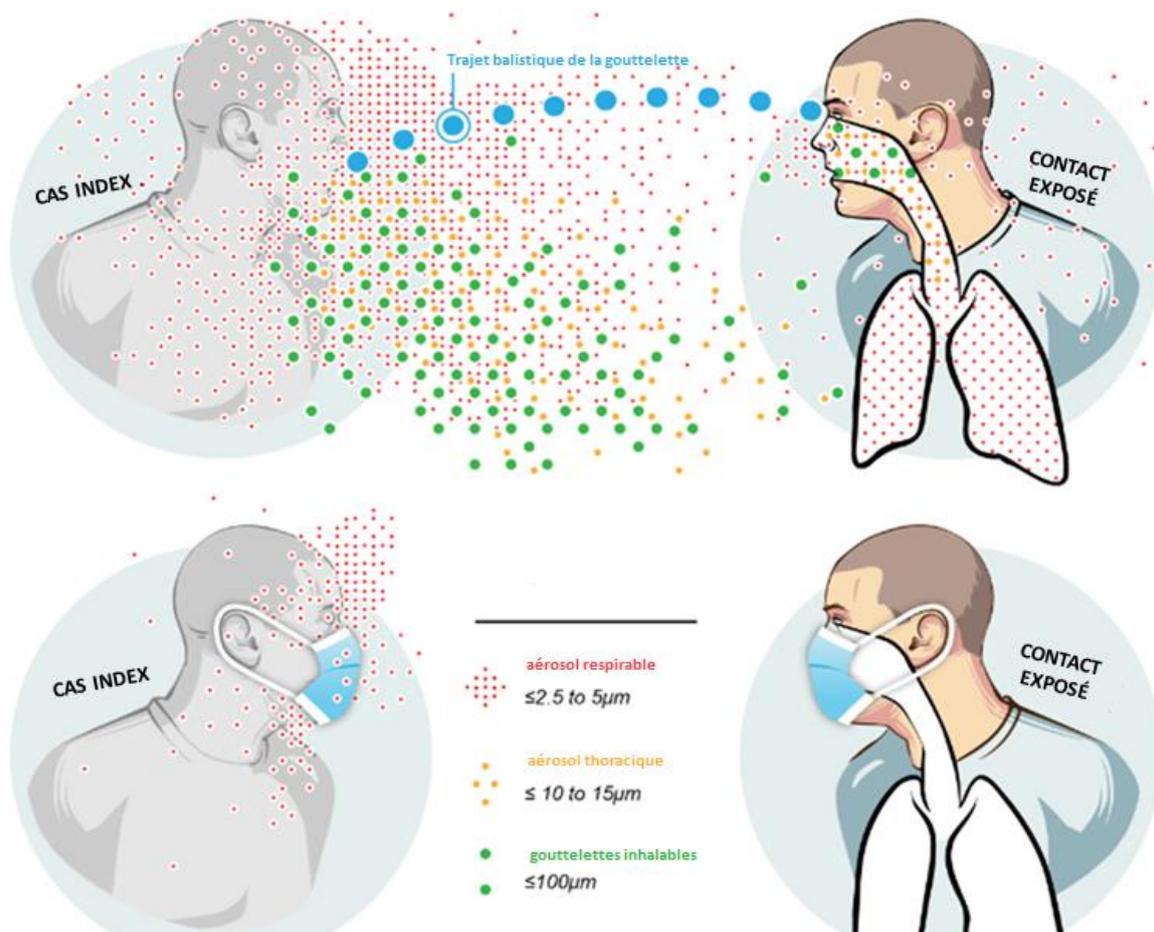
#### 1. RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

Un individu émet en parlant, toussant, crachant éternuant, et même simplement en respirant, un continuum de particules de différentes tailles. Il s'agit d'un gradient de gouttelettes respiratoires de grande taille (15-100  $\mu\text{m}$ ) jusqu'à un aérosol de microparticules ( $\leq 2-5 \mu\text{m}$ ) (figure 1). En cas d'infection respiratoire, ces sécrétions peuvent contenir des microorganismes. Malgré ce continuum, les recommandations nationales et internationales concernant les précautions complémentaires respiratoires air et gouttelettes ont jusqu'ici catégorisé de manière dichotomique le mode de transmission pour chaque microorganisme [1][2] :

- Pour les **précautions complémentaire gouttelettes** : risque de contamination par les plus grosses gouttelettes (>5-10  $\mu\text{m}$ ) dont certaines sont visibles, qui sédimentent en quelques secondes ou minutes à proximité de la source émettrice. Une humidité de l'air élevée limite la déshydratation de ces grosses gouttelettes et leur transformation en particules et résidus secs de plus petite taille, limitant leur persistance dans l'air.
- Pour les **précautions complémentaires air** : risque de contamination par les plus fines gouttelettes et particules ou résidus secs formés par déshydratation des gouttelettes liquides dans le flux d'air (<5  $\mu\text{m}$ ), qui peuvent rester en suspension dans l'air pendant plusieurs minutes ou heures, et se déplacent loin de la source émettrice par les flux d'air. Toutefois l'agent infectieux présent dans ces particules n'est pas toujours vivant ni « infectant ».

Les taux d'attaque et de reproduction initial ( $R_0$ ) du SARS-CoV-2 suggèrent une similitude de transmission avec d'autres virus respiratoires tels que le virus de la grippe, à savoir un mode de transmission principalement direct de personne à personne par l'émission de gouttelettes respiratoires à courte distance [3]. Néanmoins, ce mode de transmission préférentiel ou majoritaire fait débat dans la littérature scientifique. En effet, plusieurs publications suggèrent l'implication de l'ensemble du continuum de particules respiratoires pour la transmission du SARS-CoV-2, qui vient à l'encontre du paradigme gouttelettes/air [4]. Pour le variant Omicron, le  $R_0$  est nettement supérieur à celui décrit pour la souche initiale isolée à Wuhan ou au variant Delta :  $R_{0(\text{Omicron})}$  au Danemark évalué

à 3.19 (IC95% 2.82-3.61) [5] et en Afrique-du-Sud, le  $R_0$  (Omicron) est estimé 4.2 fois (IC95% 2.1 – 9.1) supérieur à celui du variant Delta [6]. Milton propose le concept de **transmission aéroportée** pour le SARS-CoV-2, matérialisé par un schéma représentant ce continuum sous la forme d'un nuage de gouttelettes et microparticules respiratoires émises par une personne masquée ou non et le risque d'exposition pour une personne à proximité, qu'elle soit également masquée ou non (figure 1) [7].



\* **aérosol respirable** : particules  $\leq 2,5$  à  $5 \mu\text{m}$ , **aérosol thoracique** : particules  $\leq 10$ - $15 \mu\text{m}$  ; **gouttelettes inhalables** : particules  $\leq 100 \mu\text{m}$

**Figure 1:** Modélisation de la transmission aéroportée entre personnes masquées ou non, d'après Milton 2020 [7]

Ce débat est d'autant plus difficile à arbitrer que la dose minimale infectante du SARS-CoV-2, la distribution des concentrations de virus en fonction de la taille des particules, et la viabilité virale sur les particules en suspension dans l'air à distance de la source d'émission demeurent inconnus et ne permettent pas de faire la part entre les différents modes de transmission [8]. Quoiqu'il en soit, la concentration en virus dans l'air est inversement proportionnelle à la distance du sujet émetteur par un phénomène de dilution.

En complément, plusieurs facteurs individuels et environnementaux entrent en jeu dans le risque de transmission aéroportée, en agissant sur la concentration particulaire de l'air et sur la viabilité du SARS-CoV-2 : volume de la pièce, présence d'une ventilation mécanique et taux de renouvellement de l'air,

hygrométrie, température, densité de population, type d'activité de la personne infectée (chants, cris, toux), respect du port de masque. Le travail de Jones *et al.* proposait déjà une réflexion sur le niveau de risque de contamination en tenant compte à la fois du lieu et de l'activité des personnes présentes (Figure 2) [9].

Type et niveau d'activité	Faible occupation			Forte occupation		
	Extérieur, bien ventilé	Intérieur, bien ventilé	Mal ventilé	Extérieur, bien ventilé	Intérieur, bien ventilé	Mal ventilé
<b>Port d'une protection respiratoire, courte durée de contact</b>						
Silencieux	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune
Parlant	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune
Criant, chantant	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge
<b>Port d'une protection respiratoire, durée prolongée de contact</b>						
Silencieux	Vert	Vert	Jaune	Vert	Jaune	Rouge
Parlant	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge
Criant, chantant	Vert	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Rouge
<b>Pas de protection respiratoire, courte durée de contact</b>						
Silencieux	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge
Parlant	Vert	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Criant, chantant	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
<b>Pas de protection respiratoire, durée prolongée de contact</b>						
Silencieux	Vert	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Rouge
Parlant	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Criant, chantant	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
<b>Risque de transmission</b>						
faible	Vert					
modéré	Jaune					
élevé	Rouge					

**Figure 2** : Risque de transmission du SARS-CoV-2 par une personne asymptomatique, selon les caractéristiques d'occupation des locaux et de comportement des occupants, d'après Jones *et al.* 2020 [9]

Théoriquement, plus la concentration en aérosols potentiellement infectants est importante dans un espace donné, plus le risque de contamination est élevé : le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) parle de situation à haut risque viral mais précise que ce concept n'a pas de définition consensuelle [10].

En milieu de soins, plusieurs publications scientifiques ont évalué la présence de SARS-coV-2 dans l'air et la contamination environnementale. Même si la viabilité du SARS-CoV-2 dans l'air est rarement démontrée, certaines zones de soins semblent concentrer la charge virale en SARS-CoV-2, telles que les sanitaires, les salles de bain, les salles de réunion, ou encore les zones de retrait des EPI [11]–[13]. Ces « **zones à haut risque** » de concentration virale élevée sont généralement des lieux confinés et mal ventilés, et dont le renouvellement de l'air est rapidement saturé par la présence humaine. Ces zones devraient faire l'objet d'une attention particulière pour renforcer leur ventilation et assurer le respect des mesures de protection par les personnes qui les fréquentent.

La stratégie pour limiter ces situations à haute densité virale et le risque résultant de transmission par les gouttelettes et microparticules est d'agir parallèlement sur 2 axes [14] :

- Réduire les émissions des aérosols par la personne infectée et protéger les muqueuses oro-pharyngées de la personne exposée, grâce au port du masque par tous en couvrant impérativement nez, bouche et menton,
- Éliminer au plus vite les aérosols par dispersion/dilution.

## 2. QUELLES QUESTIONS SE POSER EN MILIEU DE SOIN ?

### a. Niveau d'occupation des locaux

#### i. Nombre de personnes présentes et activité humaine

La présence humaine entraîne une concentration en particules dans l'air d'une pièce dans des proportions plus ou moins importantes selon l'activité : respiration spontanée, discussion, éternuement [15]. En 1945, Duguid *et al.* proposaient un tableau présentant la proportion et la source des particules émises selon l'activité (Tableau 1) [16]. Ces données restent similaires à la publication récente de l'Anses [17].

**Tableau 1** : Émission particulaire liée à l'activité humaine, d'après Duguid *et al.* [16].

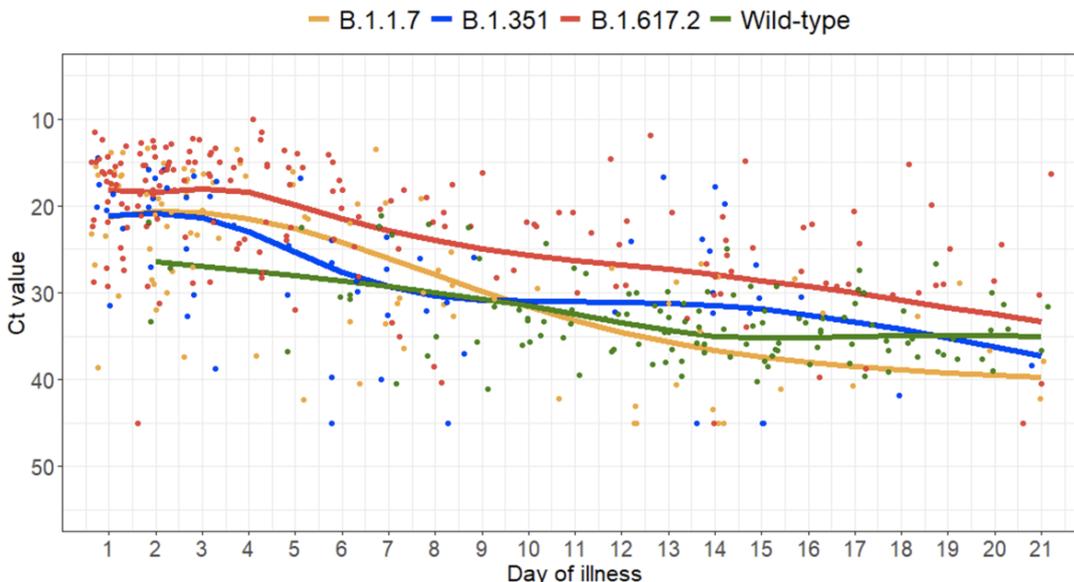
Activité	Nombre de gouttelettes et particules respiratoires par minute (1-100 µm)	Présence d'aérosols (1-2 µm)	Région d'origine
Respiration normale (pendant 5 minutes)	Pas - peu	Quelques	Nez
Une seule expiration nasale forcée	10 - 10 <sup>2</sup>	Quelques	Nez
Compter fort - Parler	10 - 10 <sup>2</sup>	Principalement	Bouche
Toux (bouche ouverte)	0 - 10 <sup>2</sup>	Quelques	Pharynx
Toux (bouche initialement fermée)	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>	Principalement	Bouche
Éternuement	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>6</sup>	Principalement	Bouche
	10 - 10 <sup>3</sup>	Quelques	A la fois du nez et du pharynx

Lors de l'expiration, de la toux et de l'éternuement, de petites gouttelettes sont émises, susceptibles de contenir le virus SARS-CoV-2, même en l'absence de symptômes de la maladie Covid-19. La parole ou le chant génèrent jusqu'à dix fois plus de gouttelettes que lors de la respiration normale. Le diamètre de ces gouttes est compris entre 0,1 micromètre (µm), c'est-à-dire un dix millième de millimètre, et 1 millimètre. Comme la taille moyenne des particules virales SARS-CoV-2 est de 0,125 µm, toutes les gouttes plus grosses que cette taille sont susceptibles de contenir du virus.

#### ii. Contagiosité des personnes présentes

La durée de survie et le potentiel infectant des particules virales émises par une personne positive au SARS-CoV-2 reste encore débattue, avec une grande variabilité interindividuelle, certaines circonstances ou facteurs prédisposant pouvant augmenter le risque de transmission aéroportée [1][2][9][10]. Une méta-analyse récente suggère que de nombreux patients porteurs du SARS-CoV-2 exposent leurs contacts à un risque de transmission très faible, alors que d'autres sont à très haut

risque de transmission en émettant une concentration élevée de virions de SARS-CoV-2 dès lors qu'ils respirent, parlent ou chantent [21]. De plus, le fait de tousser semble augmenter considérablement le risque de transmission, particulièrement en cas de contact rapproché, et la contagiosité apparaît la plus élevée entre le premier et le 5<sup>ème</sup> jour après le début des symptômes [21]. A ces notions s'ajoutent des charges virales et durées de contagiosité variables selon le variant du SARS-CoV-2, et selon le statut vaccinal de la personne positive. C'est ce que montrent Ong *et al.* dans la figure 3 ci-dessous, avec des Ct (*Cycle threshold values*) <30 jusqu'à 2 semaines après le début des symptômes pour le variant Delta (B.1.617.2) contre jusqu'à 10 jours pour la souche sauvage et les autres variants d'intérêt [22]. Chez les personnes vaccinées, même si la charge virale initiale semble équivalente en début de maladie, elle diminue plus rapidement que chez les personnes non vaccinées [23].



**Figure 3** : Évolution de la charge virale en *Cycle threshold values* (Ct) de la souche sauvage de SARS-CoV-2 et des variants d'intérêt, en fonction du nombre de jours de maladie, d'après Ong *et al.* 2021 [22]

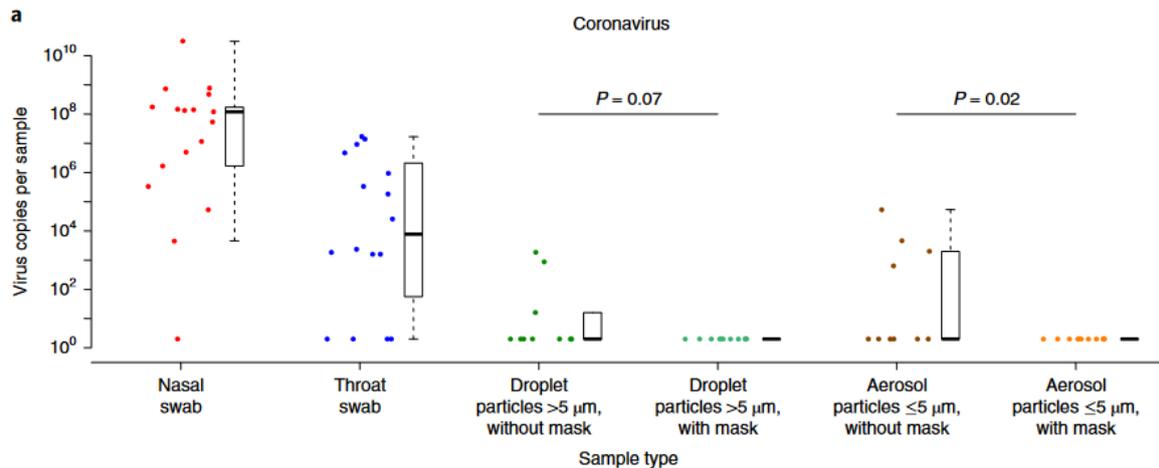
B.1.1.7, n=47; B.1.351, n=21; B.1.617.2, n=58; wild type, n=59.

Ct : <20 = très contagieux, Ct 20-30 = contagieux, Ct >30 = peu contagieux

## b. Niveau des mesures de prévention du risque infectieux

### i. Port d'EPI / protection respiratoire

L'émission de particules, même importante dans certaines situations, va être fortement diminuée par le port de masque à usage médical, comme le montre la Figure 4 ci-dessous [24].



**Figure 4** : Efficacité du port de masque à usage médical dans la réduction de l'émission de particules virales respiratoires chez des individus positifs au Coronavirus et symptomatiques, d'après Leung *et al.* [24].

En cas de port de masque par les personnes non infectées présentes dans la même pièce, le risque de transmission, hors soins à risque d'aérosolisation, est théoriquement faible. Une méta-analyse publiée par Tabatabaeizadeh *et al.* suggère que le port du masque à usage médical était associé à une diminution du risque d'infection par le SARS-CoV-2 [RR (95%CI) = 0.12 (0.06 ; 0.27),  $p < 0.001$ ] [25]. Cette méta-analyse n'inclut que quatre études, sans en préciser les effectifs, dont trois menées auprès de soignants exposés à des patients positifs à SARS-CoV-2. Li *et al.* ont également publié une revue systématique de la littérature et méta-analyse sur ce sujet, de meilleure qualité que la précédente, et concluent également à une diminution du risque d'infection par le SARS-CoV-2 lors de port de masque à usage médical (RR (95% CI) = 0.38 (0.21-0.69),  $I^2 = 54.1\%$ ) [26]. Les auteurs précisent que, dans le groupe des soignants, leur analyse a démontré que les masques réduisaient le risque d'infection de près de 70%, avec une analyse de sensibilité ayant montré que leurs résultats étaient robustes. Plusieurs autres études vont dans le même sens [27]–[29][30].

## ii. Type de soins : réalisation de gestes et procédures à risque de génération d'aérosols potentiellement infectants

De nombreuses publications scientifiques font état de gestes et procédures de soins à risque de génération d'aérosols sans qu'une liste consensuelle puisse être établie sur la base de preuves scientifiques d'un risque de transmission [25][26][3]. En effet, au-delà de la genèse d'aérosols lors de l'acte, le risque infectieux associé est difficile à mettre en évidence [33]. De plus, la nature du geste et/ou la durée de la procédure de soins peuvent également être des éléments importants à prendre en compte dans l'évaluation du risque de transmission aéroportée, et de nombreuses questions restent sans réponse :

- Durée du soin à risque d'aérosolisation : une pollution ponctuelle (type aspiration trachéale à circuit ouvert) est-elle moins à risque qu'une pollution continue (Ventilation Non Invasive/Pression Positive en Continu avec fuite ? oxygénothérapie par canule nasale à haut débit ou Optiflow® ?) ? La contamination de l'environnement occasionnée est-elle plus importante selon certaines circonstances ? Le risque est-il plus important selon la « saturation » de l'air environnant s'il est insuffisamment renouvelé ?

- Service dédié à la prise en charge de patients COVID-19 : y a-t-il un risque d'augmentation de la densité virale dans l'air ? Une étude de cohorte suisse réalisée auprès de professionnels de santé semble le montrer : une analyse en sous-groupe a montré un effet protecteur (dépistages et séroconversion) en faveur du port d'un APR FFP2 pour les personnels fréquemment exposés à des patients atteints par le SARS-CoV-2 [30].

### c. Niveau de ventilation d'un local : Taille de la pièce et ventilation

Le HCSP dans son avis du 14 octobre 2020 précise « *La ventilation consiste à faire entrer dans un local de l'air provenant de l'extérieur (air neuf). Elle va permettre une dilution des contaminants de l'air présents dans le local par de l'air extérieur qui sera, le cas échéant, filtré. Elle peut être naturelle par des ouvrants comme des portes ou des fenêtres (aération) ou forcée avec un système mécanique qui apporte de l'air neuf dans le local et extrait l'air vicié (renouvellement de l'air du local). Cette ventilation est obligatoire et un débit d'air minimum d'air neuf est imposé par la réglementation (Règlement sanitaire départemental (RSDT), dispositions du code du travail). Le taux d'occupation du local maximum dépend du débit d'air neuf entrant* » [34].

- **Ventilation naturelle**

Lorsque la ventilation est naturelle, il n'y a pas de possibilité de quantifier un « taux de renouvellement d'air ». Dans ce contexte, l'aération est recherchée par l'ouverture de fenêtres ou autres ouvrants donnant directement sur l'extérieur. Le code du travail précise que le volume par occupant dans un local à ventilation naturelle est égal ou supérieur à :

- 15 m<sup>3</sup> pour les bureaux et les locaux où est accompli un travail physique léger ;
- 24 m<sup>3</sup> pour les autres locaux.

- **Ventilation mécanique**

La ventilation mécanique, qui peut se faire au moyen d'une VMC ou d'une centrale de traitement d'air (CTA), permet de renouveler l'air dans les locaux.

- Ventilation mécanique par VMC

La réglementation, complétée par des normes pour des locaux spécifiques au milieu hospitalier (locaux classés - ISO), définit les taux de renouvellement d'air, débit d'air neuf, ou taux de brassage à respecter dans les différents types de locaux. Respecter ces règles permet de limiter la concentration de particules dans l'air des locaux. Les débits d'air minimum par occupant d'un local, à pollution non spécifique, sont donnés dans le tableau 2 suivant (Protection des personnes présentes dans les locaux - Code du Travail et Réglementation Sanitaire Départementale [35]).

**Tableau 2** : Débit d'air minimal par type de local

Locaux	Débit d'air neuf minimal par occupant en m <sup>3</sup> /h
Bureaux et locaux sans travail physique	25
Locaux de réunion	30
Atelier et local à travail physique modéré	45
Autres ateliers et locaux	60
Chambre	18
Salle de bain	Non précisé

- Ventilation mécanique par CTA

La norme NF S90-351 (2013) introduit la notion de classe de risque (infectieux) en fonction de l'activité pratiquée dans un local. La norme indique que : « l'évaluation [de ce] risque pour le patient doit prendre en compte l'état du patient, l'acte, les acteurs et l'environnement. Cette classe de risque est à mettre en relation avec les performances particulières, (...) et aérauliques d'une salle » (Tableau 3).

**Tableau 3** : Taux de brassage des CTA selon la classe de propreté particulaire d'un local et la classe de risque de l'activité pratiquée

Désignation de la classe de risque	Classe de propreté particulaire	Taux de brassage de la salle
Classe de risque 4 (risque très élevé)	ISO 5	Taux d'air neuf $\geq 6$ Vol/h et vitesse sous flux $0,25 \leq V \leq 0,35$ m/s
Classe de risque 3 (risque élevé)	ISO 7	$\geq 15$ Vol/h
Classe de risque 2 (risque moyen)	ISO 8	$\geq 10$ Vol/h

Au-delà du taux de brassage, un paramètre important à considérer est l'apport en air neuf et le taux éventuel de recyclage. Le renouvellement de l'air correspond à l'apport en air neuf, et permet notamment de subvenir aux besoins en oxygène des occupants d'une pièce, mais également de diluer et évacuer particules inertes ou viables, et de limiter l'excès d'humidité [14]. En cas d'impossibilité d'apport en air neuf (par la ventilation naturelle ou par l'intermédiaire d'une VMC), des solutions techniques peuvent être envisagées, telles que la filtration efficace de l'air recyclé dans les centrales de traitement d'air [36].

Dans une mise à jour de ses recommandations dans le contexte de la montée en puissance du variant Omicron, l'OMS a qualifié de « ventilation adaptée » en établissement de santé, dans les locaux bénéficiant d'une ventilation mécanique, un taux de renouvellement de l'air de 6 à 12 volumes/heure et idéalement 12 volumes/heure pour les nouvelles constructions [37].

#### d. Intérêt de dispositifs de traitement d'air mobiles

Les dispositifs ou épurateurs d'air mobiles, équipés de filtre HEPA, peuvent présenter un intérêt dans l'amélioration de la qualité microbiologique de l'air. Plusieurs études en établissements recevant du public, notamment des écoles, ont montré une diminution significative des particules, y compris de petite taille (jusqu'à 10nm), dans l'air de la pièce équipé de ce dispositif. Les éléments importants à considérer sont alors les capacités de filtration (en m<sup>3</sup> d'air épuré par heure d'utilisation) et la granulométrie du ou des filtres particuliers, idéalement de qualité HEPA pour une filtration optimale. Les études montrent néanmoins que ce type de dispositif ne présente que peu voire pas d'intérêt dans une pièce aérée naturellement par ouverture des fenêtres [36][37].

Ces dispositifs peuvent présenter un intérêt en contexte de soins dans les locaux peu ou pas ventilés, et pour lesquels une aération naturelle n'est pas possible.

#### e. Intérêt de la mesure de la concentration en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

Dans les établissements recevant du public (comme les écoles par exemple), la mesure de la concentration en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est proposée par le HCSP afin d'évaluer le taux de renouvellement de l'air et de définir un indice de confinement d'une pièce. Le HCSP évoque 2 valeurs seuil différentes selon le contexte, avec pour référence l'air extérieur (taux à 400ppm en général) [14]:

- Valeur inférieure à 800 ppm en CO<sub>2</sub> dans les locaux où les personnes présentes portent toutes un masque,
- Valeur inférieure à 600 ppm dans les lieux de restauration.

Le contrôle du CO<sub>2</sub> pourrait permettre d'évaluer l'efficacité de certaines mesures (ex : limitation du nombre de personnes présentes) dans un contexte de situation à risque important. C'est ce que proposent Deol *et al.* en évaluant 2 modèles pour estimer le taux de renouvellement de l'air d'une pièce selon son niveau d'occupation, sur la base de mesures des taux de CO<sub>2</sub> dans l'air intérieur et extérieur [40]. Néanmoins à ce jour, la littérature scientifique montre que les taux de CO<sub>2</sub> varient énormément au cours du temps, selon le nombre et l'activité des personnes présentes, la présence d'un système de ventilation ou l'aération naturelle..., et il n'est pas possible de déterminer une règle d'interprétation de ces mesures quant au risque de contamination associé. L'utilisation de la mesure du CO<sub>2</sub> comme « traceur » des aérosols viraux peut être ininterprétable en cas de faible densité humaine dans les locaux, de réduction du nombre de particules virales présentes dans l'air par le port permanent du masque par les occupants, et en présence d'une filtration efficace de l'air recyclé dans les centrales de traitement de l'air des bâtiments. Comme le précise l'Institut National de Santé Publique du Québec, le lien possible entre la présence de concentrations élevées en CO<sub>2</sub> dans un lieu donné et le risque de transmission du SARS-CoV-2 est fonction des facteurs comportementaux (notamment le port de masque et l'activité des occupants) et environnementaux (adéquation de la ventilation au taux d'occupation) [41]. La mesure du taux de CO<sub>2</sub> en tant que paramètre d'évaluation d'un risque de transmission doit être interprétée avec prudence. Ce taux serait un bon indicateur de performances des systèmes de ventilation d'une pièce, qu'elle bénéficie d'une ventilation naturelle et/ou mécanique [41].

**Conclusions :**

***Réduire la pollution virale dans les pièces***

L'avis de la SF2H de novembre 2020 rappelle les précautions standard en contexte de pandémie de COVID-19, notamment « *Tout patient (âge ≥ 6 ans) porte un masque chirurgical dès l'entrée dans l'enceinte de l'établissement, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Pendant son hospitalisation, il porte, autant que possible, un masque chirurgical dès l'entrée d'une personne (professionnel ou visiteur) dans sa chambre, notamment à l'occasion de soins proches du visage. Il porte un masque chirurgical dès qu'il sort de sa chambre.* » Cette recommandation s'applique quel que soit le statut infectieux du patient.

***Se protéger***

Il faut veiller à la fois à un port adéquat et adapté d'une protection respiratoire et au respect des autres mesures individuelles et collectives de prévention de la transmission du SARS-CoV-2 en situation de soins mais également hors soins comme les pauses et temps d'alimentation [42]. Dans les locaux qui peuvent rassembler plusieurs personnes, le respect des mesures de protection (masque pour tous, hygiène des mains) est essentiel.

Lors des soins, toutes les mesures de protection doivent être respectées concomitamment et pas uniquement la protection respiratoire (protection oculaire, hygiène des mains, ...).

Lors de la réalisation de gestes et procédures à risque de génération d'aérosols, même si le Ct est supérieur à 30, le port d'appareil de protection respiratoire type FFP2 est recommandé, en accord avec les PS renforcées dans le contexte de la pandémie [40][41].

***Surveiller***

Un état des lieux des caractéristiques des locaux en termes de traitement d'air, taux de recyclage et/ou apport d'air neuf, ainsi que la possibilité d'ouvrir une fenêtre, sont des éléments clé pour évaluer le risque et adapter la conduite à tenir. L'expertise de l'EOH et des services techniques est requise.

A l'heure actuelle, les données scientifiques manquent pour interpréter les mesures de taux de CO<sub>2</sub>, définir les indications des capteurs de CO<sub>2</sub> et recommander leur utilisation systématique. Une indication pourrait être la surveillance des locaux non ventilés et dans lesquels le port du masque n'est pas respecté en continu (exemple d'une zone de restauration), mais cette indication n'est pas évaluée et la pertinence des seuils en termes d'évaluation du risque de transmission virale n'est pas vérifiée.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] OMS, "Prévenir et combattre les maladies respiratoires aiguës à tendance épidémique ou pandémique dans le cadre des soins." 2007.
- [2] SF2H, "Recommandations par consensus formalisé - Bonnes pratiques et gestion des risques associés au PICC." HygieneS, 2013.
- [3] G. Birgand, S. Kerneis, and J.-C. Lucet, "Modes de transmission du SARS-CoV-2 : Que sait-on actuellement ?," *Rev. Francoph. Infect.*, vol. Volume 1, pp. 1–8, 2021.
- [4] H. Rutter *et al.*, "Visualising SARS-CoV-2 transmission routes and mitigations," *BMJ*, vol. 375, p. e065312, Dec. 2021, doi: 10.1136/bmj-2021-065312.
- [5] K. Ito, C. Piantham, and H. Nishiura, "Relative Instantaneous Reproduction Number of Omicron SARS-CoV-2 variant with respect to the Delta variant in Denmark," *J. Med. Virol.*, Dec. 2021, doi: 10.1002/jmv.27560.
- [6] H. Nishiura, K. Ito, A. Anzai, T. Kobayashi, C. Piantham, and A. J. Rodríguez-Morales, "Relative Reproduction Number of SARS-CoV-2 Omicron (B.1.1.529) Compared with Delta Variant in South Africa," *J. Clin. Med.*, vol. 11, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2022, doi: 10.3390/jcm11010030.
- [7] D. Milton, "Infectious Drops and Aerosols." University of Maryland - school of Public Health, 2020. [Online]. Available: <https://nasd.arts-accredit.org/wp-content/uploads/sites/5/2020/08/Bioaerosol-08-21-2020-Milton.pdf>
- [8] K. Escandón *et al.*, "COVID-19 false dichotomies and a comprehensive review of the evidence regarding public health, COVID-19 symptomatology, SARS-CoV-2 transmission, mask wearing, and reinfection," *BMC Infect. Dis.*, vol. 21, no. 1, p. 710, Jul. 2021, doi: 10.1186/s12879-021-06357-4.
- [9] N. R. Jones, Z. U. Qureshi, R. J. Temple, J. P. J. Larwood, T. Greenhalgh, and L. Bourouiba, "Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19?," *BMJ*, vol. 370, p. m3223, Aug. 2020, doi: 10.1136/bmj.m3223.
- [10] Haut Conseil de Santé Publique, "Addendum du 10 septembre 2020 relatif au risque de transmission du SARS-CoV-2 par aérosols en milieux de soins."
- [11] A. X. Ang *et al.*, "Airborne SARS-CoV-2 surveillance in hospital environment using high-flowrate air samplers and its comparison to surface sampling," *Indoor Air*, Sep. 2021, doi: 10.1111/ina.12930.
- [12] G. Birgand, N. Peiffer-Smadja, S. Fournier, S. Kerneis, F.-X. Lescure, and J.-C. Lucet, "Assessment of Air Contamination by SARS-CoV-2 in Hospital Settings," *JAMA Netw. Open*, vol. 3, no. 12, p. e2033232, Dec. 2020, doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.33232.
- [13] H. R. Ghaffari *et al.*, "Detection of SARS-CoV-2 in the indoor air of intensive care unit (ICU) for severe COVID-19 patients and its surroundings: considering the role of environmental conditions," *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, Sep. 2021, doi: 10.1007/s11356-021-16010-x.
- [14] HCSP, "Covid-19 : aération, ventilation et mesure du CO2 dans les ERP," Haut Conseil de la Santé Publique, Paris, Apr. 2021. Accessed: Oct. 13, 2021. [Online]. Available: <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=1009>
- [15] M. Jayaweera, H. Perera, B. Gunawardana, and J. Manatunge, "Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy," *Environ. Res.*, vol. 188, p. 109819, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.envres.2020.109819.

- [16] J. P. Duguid, "The numbers and the sites of origin of the droplets expelled during expiratory activities," *Edinb. Med. J.*, vol. 52, pp. 385–401, Nov. 1945.
- [17] Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, "AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à « l'évaluation du risque sanitaire pour l'homme lié à la présence de virus Influenza pandémique dans l'air des bâtiments et sa diffusion éventuelle par les dispositifs de ventilation » - Saisine Afsset n°« 2006/003 »." Jun. 09, 2009. [Online]. Available: <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2006et0003Ra.pdf>
- [18] S. Romano-Bertrand, Y. Carré, L.-S. Aho Glélé, D. Lepelletier, and Scientific Committee of the French Society for Hospital Hygiene, "How to address SARS-CoV-2 airborne transmission to ensure effective protection of healthcare workers? A review of the literature," *Infect. Dis. Now*, vol. 51, no. 5, pp. 410–417, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.idnow.2021.05.005.
- [19] D. Contini and F. Costabile, "Does Air Pollution Influence COVID-19 Outbreaks?," *Atmosphere*, vol. 11, no. 4, Art. no. 4, Apr. 2020, doi: 10.3390/atmos11040377.
- [20] K. Moelling and F. Broecker, "Air Microbiome and Pollution: Composition and Potential Effects on Human Health, Including SARS Coronavirus Infection," *J. Environ. Public Health*, vol. 2020, p. 1646943, 2020, doi: 10.1155/2020/1646943.
- [21] P. Z. Chen, N. Bobrovitz, Z. Premji, M. Koopmans, D. N. Fisman, and F. X. Gu, "Heterogeneity in transmissibility and shedding SARS-CoV-2 via droplets and aerosols," *eLife*, vol. 10, p. e65774, Apr. 2021, doi: 10.7554/eLife.65774.
- [22] S. W. X. Ong *et al.*, "Clinical and virological features of SARS-CoV-2 variants of concern: a retrospective cohort study comparing B.1.1.7 (Alpha), B.1.315 (Beta), and B.1.617.2 (Delta)," *Clin. Infect. Dis. Off. Publ. Infect. Dis. Soc. Am.*, p. ciab721, Aug. 2021, doi: 10.1093/cid/ciab721.
- [23] R. Ke *et al.*, "Longitudinal analysis of SARS-CoV-2 vaccine breakthrough infections reveal limited infectious virus shedding and restricted tissue distribution," *MedRxiv Prepr. Serv. Health Sci.*, p. 2021.08.30.21262701, Sep. 2021, doi: 10.1101/2021.08.30.21262701.
- [24] N. H. L. Leung *et al.*, "Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks," *Nat. Med.*, vol. 26, no. 5, pp. 676–680, May 2020, doi: 10.1038/s41591-020-0843-2.
- [25] S.-A. Tabatabaeizadeh, "Airborne transmission of COVID-19 and the role of face mask to prevent it: a systematic review and meta-analysis," *Eur. J. Med. Res.*, vol. 26, no. 1, p. 1, Jan. 2021, doi: 10.1186/s40001-020-00475-6.
- [26] Y. Li *et al.*, "Face masks to prevent transmission of COVID-19: A systematic review and meta-analysis," *Am. J. Infect. Control*, vol. 49, no. 7, pp. 900–906, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.ajic.2020.12.007.
- [27] Y. Cheng *et al.*, "Face masks effectively limit the probability of SARS-CoV-2 transmission," *Science*, p. eabg6296, May 2021, doi: 10.1126/science.abg6296.
- [28] J. Conly *et al.*, "Use of medical face masks versus particulate respirators as a component of personal protective equipment for health care workers in the context of the COVID-19 pandemic," *Antimicrob. Resist. Infect. Control*, vol. 9, no. 1, p. 126, Aug. 2020, doi: 10.1186/s13756-020-00779-6.
- [29] D. K. Chu *et al.*, "Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis," *The Lancet*, vol. 395, no. 10242, pp. 1973–1987, Jun. 2020, doi: 10.1016/S0140-6736(20)31142-9.

- [30] S. Haller *et al.*, "Use of respirator vs. surgical masks in healthcare personnel and its impact on SARS-CoV-2 acquisition – a prospective multicentre cohort study," Jun. 2021. doi: 10.1101/2021.05.30.21258080.
- [31] Institut National de Santé Publique du Québec, "Interventions médicales générant des aérosols chez les cas suspectés ou confirmés COVID-19." Jan. 22, 2021. [Online]. Available: <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/covid/2960-intervention-medicale-generant-aerosol-covid19.pdf>
- [32] WHO, "Annex to Infection prevention and control during health care when coronavirus disease (COVID-19) is suspected or confirmed - Interim guidance." Oct. 01, 2021. [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-IPC-Annex-2021.1>
- [33] National Services Scotland, "Supplementary Document 1 -Assessing the evidence base for medical procedures which may create a higher risk of respiratory infection transmission from patient to healthcare worker." Apr. 15, 2020. [Online]. Available: [https://publichealthscotland.scot/media/3287/2\\_agp-supplimentary-document.pdf](https://publichealthscotland.scot/media/3287/2_agp-supplimentary-document.pdf)
- [34] HCSP, "Avis relatif à l'utilisation des appareils de chauffage dans le contexte de l'épidémie de COVID-19," Avis, Oct. 2020.
- [35] Ministère de la santé et de la Solidarité, "Maîtrise de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public (ERP), dans le contexte de l'épidémie de COVID-19," Ministère de la santé et des Solidarités, Paris, France, Protocole sanitaire retour au droit commun dans les établissements accueillant des personnes âgées et des personnes en situation de handicap. Annexe 1, May 2021. Accessed: Jan. 02, 2022. [Online]. Available: [https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/mai\\_trise\\_qai\\_dans\\_les\\_erp.pdf](https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/mai_trise_qai_dans_les_erp.pdf)
- [36] Centre scientifique et technique du bâtiment, "Gestion du risque COVID-19. Synthèse des préconisations." Jan. 2021. [Online]. Available: [Adaptation des mesures d'aération, de ventilation et de mesure du dioxyde de carbone \(CO2\) dans les ERP28 avril 2021Haut Conseil de la santé publique10/31 Cet avis doit être diffusé dans sa totalité, sans ajout ni modificationhttps://www.cstb.fr/assets/medias/2021/01/college-covid.pdf](https://www.cstb.fr/assets/medias/2021/01/college-covid.pdf)
- [37] World Health Organization, "WHO recommendations on mask use by health workers, in light of the Omicron variant of concern: WHO interim guidelines, 22 December 2021," World Health Organization, WHO/2019-nCoV/IPC\_Masks/Health\_Workers/Omicron\_variant/2021.1, 2021. Accessed: Dec. 24, 2021. [Online]. Available: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/350925>
- [38] D. T. Liu, K. M. Phillips, M. M. Speth, G. Besser, C. A. Mueller, and A. R. Sedaghat, "Portable HEPA Purifiers to Eliminate Airborne SARS-CoV-2: A Systematic Review," *Otolaryngol.--Head Neck Surg. Off. J. Am. Acad. Otolaryngol.-Head Neck Surg.*, p. 1945998211022636, Jun. 2021, doi: 10.1177/01945998211022636.
- [39] HCSP, "Actualisation des recommandations relatives aux unités mobiles de filtration de l'air intérieur." août 2021. [Online]. Available: <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/AvisRapportsDomaine?clefr=1091>
- [40] A. K. Deol *et al.*, "Estimating ventilation rates in rooms with varying occupancy levels: Relevance for reducing transmission risk of airborne pathogens," *PLoS One*, vol. 16, no. 6, p. e0253096, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0253096.
- [41] Institut National de Santé Publique du Québec, "COVID-19 Concepts de base concernant le dioxyde de carbone (CO2) et sa mesure dans les bâtiments." Jun. 29, 2021. [Online]. Available:

<https://mobile.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/3146-dioxyde-carbone-mesure-batiments.pdf>

- [42] SF2H, “Avis de la SF2H sur la protection respiratoire dans le contexte du variant Omicron,” Dec. 31, 2021. <https://www.sf2h.net/wp-content/uploads/2021/12/SF2H-Indications-APR-contexte-Omicron-31.12.2021.pdf> (accessed Dec. 31, 2021).
- [43] SF2H, “Avis de la SF2H sur les PS en contexte COVID,” Nov. 19, 2020. [https://www.sf2h.net/wp-content/uploads/2020/12/Avis-SF2H-PS-en-contexte-COVID-19\\_Nov2020.pdf](https://www.sf2h.net/wp-content/uploads/2020/12/Avis-SF2H-PS-en-contexte-COVID-19_Nov2020.pdf) (accessed Dec. 31, 2021).
- [44] SF2H, “Note SF2H relative à la protection des patients et des professionnels en contexte COVID-19 20 décembre 2021 |,” Dec. 21, 2021. <https://www.sf2h.net/note-sf2h-relative-a-la-protection-des-patients-et-des-professionnels-en-contexte-covid-19-20-decembre-2021> (accessed Dec. 26, 2021).