

# Éléments de recommandation dans le domaine de l'aération

---

Jean-Louis Roubaty

Université de Paris-IPGP- Professeur honoraire

Victoria University Melbourne (Adjunct Professor)

Haut Conseil de la Santé Publique HCSP [www.hcsp.fr](http://www.hcsp.fr)

# Qualité de l'air et risque

La qualité de l'air ne remplacera jamais les bonnes pratiques, qui sont les seules applicables à courte distance surtout si l'on se trouve à proximité d'un contamineur (symptomatique ou asymptomatique) ou pire, d'un super contamineur. Pour rappel

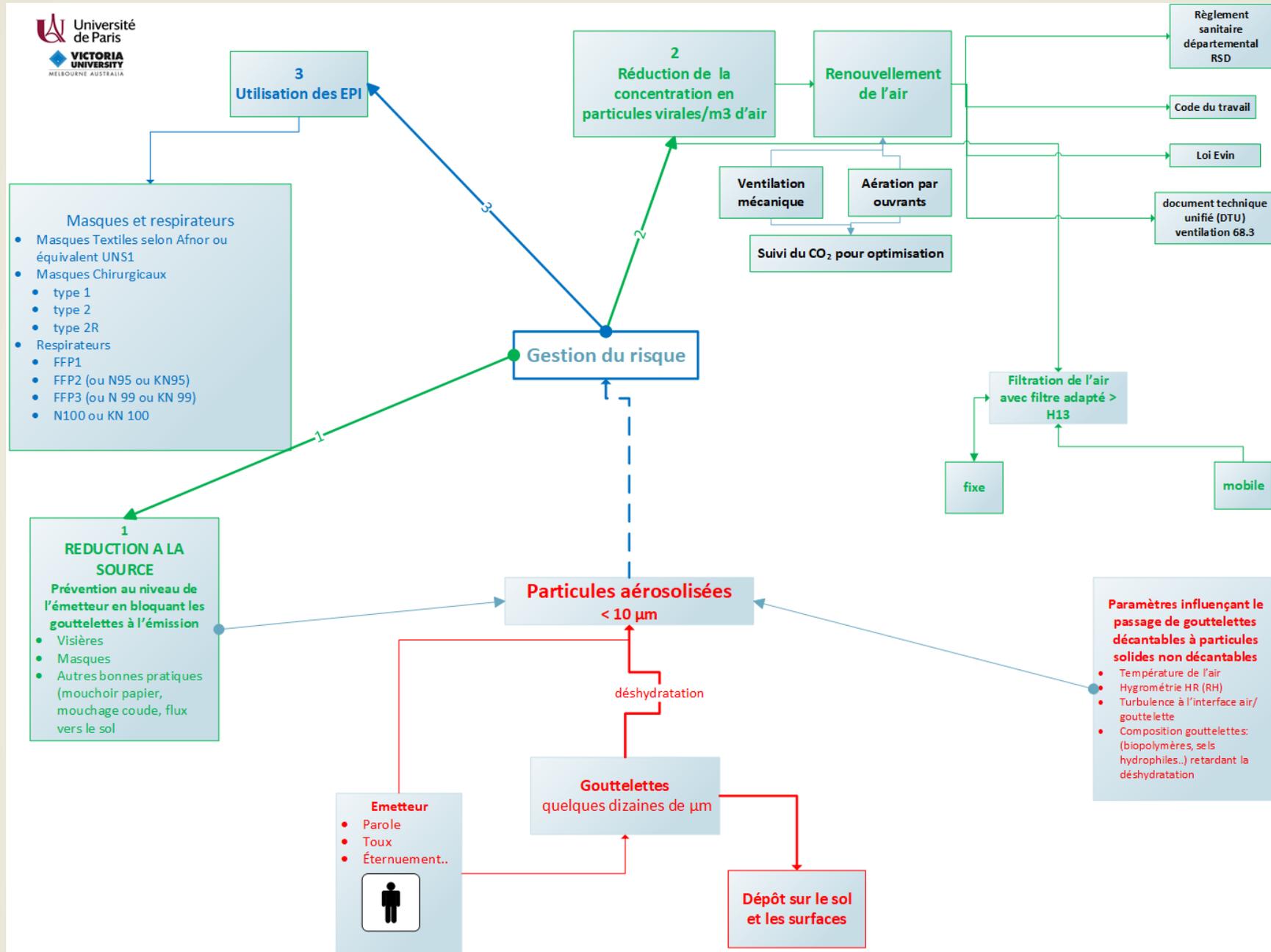
- distanciation sociale > 2 m
- lavage des mains
- Masques et respirateurs (voir transparent spécifique) **s'ils sont bien utilisés.**
- Se moucher dans un mouchoir jetable ou dans son coude en dirigeant le flux vers le sol

Une fois que le virus s'échappe dans l'air à l'intérieur d'un bâtiment, les options sont limitées:

- apporter de l'air frais de l'extérieur (importance de la mesure du CO<sub>2</sub> pour piloter l'aération)
- éliminer le virus de l'air à l'intérieur du bâtiment avec une filtration performante
- utiliser des masques ou de respirateurs mais avec une efficacité moindre les particules étant petites et les masques sont souvent moins efficaces en out → in.
- Éviter les contaminations directes en modifiant si possible la circulation de l'air (écrans, cloisons mobiles...)



# Ce que nous pouvons faire



# Masques et CO<sub>2</sub>



Il ne faut pas confondre efficacité du média filtrant (textile, polypropylène..) au laboratoire et efficacité vraie sur un visage. Il existe des tests comme le Fit test destinés à mesurer les performances d'un masque sur un visage

Nous avons un choix entre

- Respirateurs réservés aux professionnels (selon les homologations FFP2 / N95 / KN95; FFP3...), **impérativement sans clapet**
- masques chirurgicaux de type I II à IIR (Type I: efficacité de filtration bactérienne > 95%, Type II: efficacité de filtration bactérienne > 98%, Type IIR: efficacité de filtration bactérienne > 98% et résistance aux projections,) ou
- masques destinés à un usage général (pour la France selon AFNOR SPEC S76-001). et qui assurent une performance élevée du média filtrant: pour la catégorie UNS1 > 90% et en fait souvent supérieure à 95 % Ces masques sont lavables, et certains sont testés pour > 50 lavages, mais ils ne sont pas destinés au personnel médical. Certains ont une fenêtre transparente
- arrivée de masques transparents à coque rigide et cartouches filtrantes plus étanches et très performants, inspirés de produits militaires ou de l'aviation civile

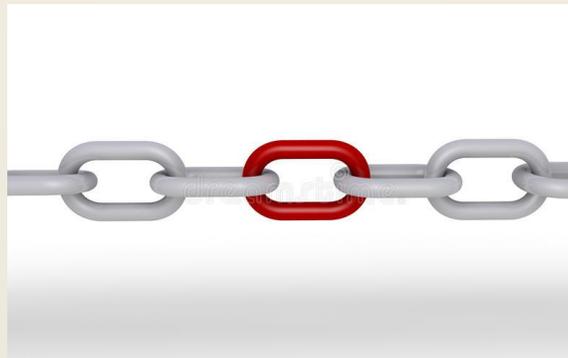


**Le masque doit être adapté au visage** ( attention aux enfants: existence de taille pour les masques), ne pas être trop grand et avoir un volume mort le plus faible possible car il « stocke » du CO<sub>2</sub>.

Voir à ce sujet le guide destiné aux activités sportives (guide Afnor spec 70-001 février 2021 téléchargeable)

# Le suivi du CO<sub>2</sub>

## Un des maillons dans la prévention du risque



# D'après Hartmann TU Berlin 2020

Risk assessment of aerosols loaded with virus based on CO<sub>2</sub>-concentration  
 Anne Hartmann, Martin Kriegel  
 Technical University of Berlin, Hermann-Rietschel-Institute  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10362>

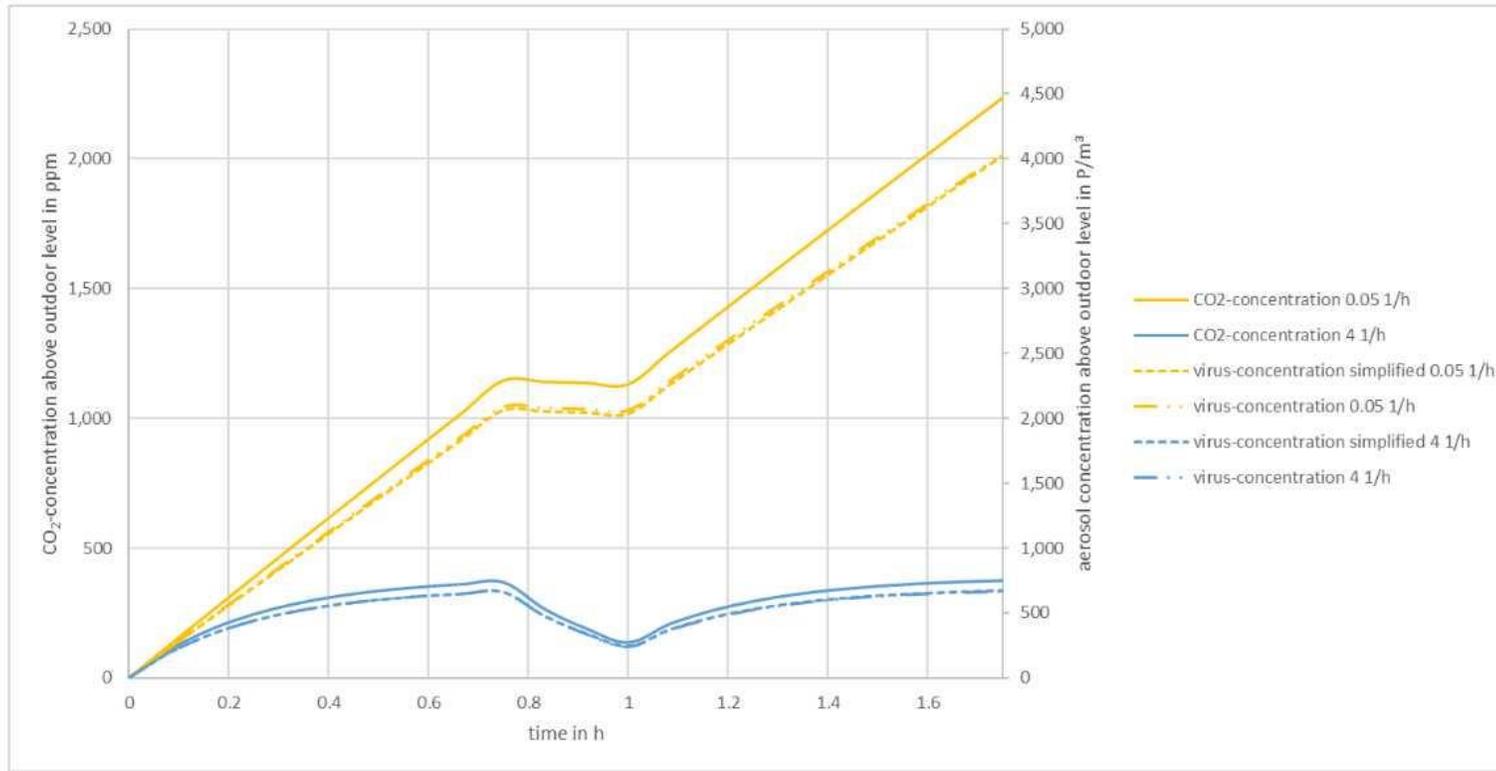


Figure 2: progression of the CO<sub>2</sub>-concentration in a classroom during 2 lessons with a break (left axis) as well as aerosol concentration (right axis)

Bonne corrélation entre l'excès de concentration de CO<sub>2</sub> dans la pièce par rapport à l'air extérieur (en France 410 ppm de CO<sub>2</sub> extérieur) et les excès de particules (ils peuvent provenir de personnes contaminées: symptomatiques et asymptomatiques)



# D'après Hartmann TU Berlin 2020

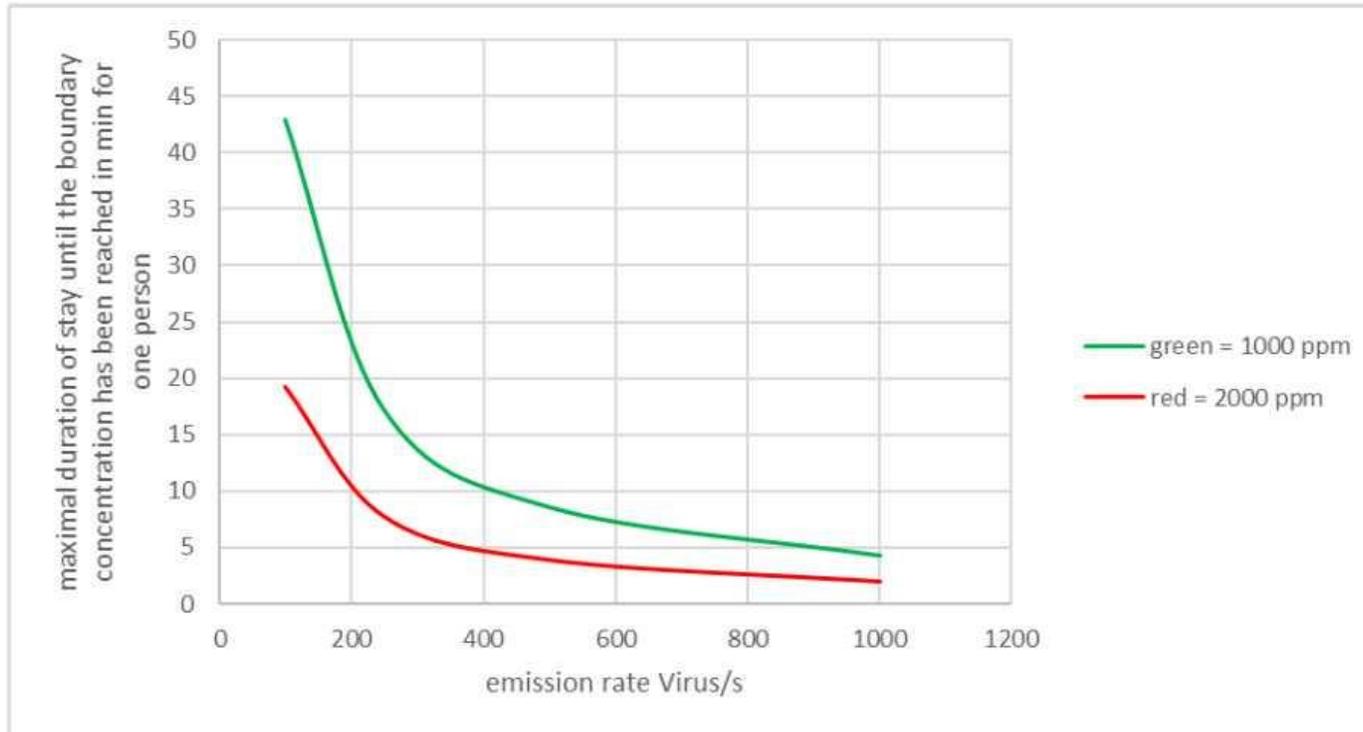


Figure 3: maximal duration of stay for one person in a room with one infected person

vert: norme et bonnes pratiques en vigueur en France et dans les autres pays européens  
rouge: situation souvent rencontrée dans les écoles, le cinéma, les restaurants.



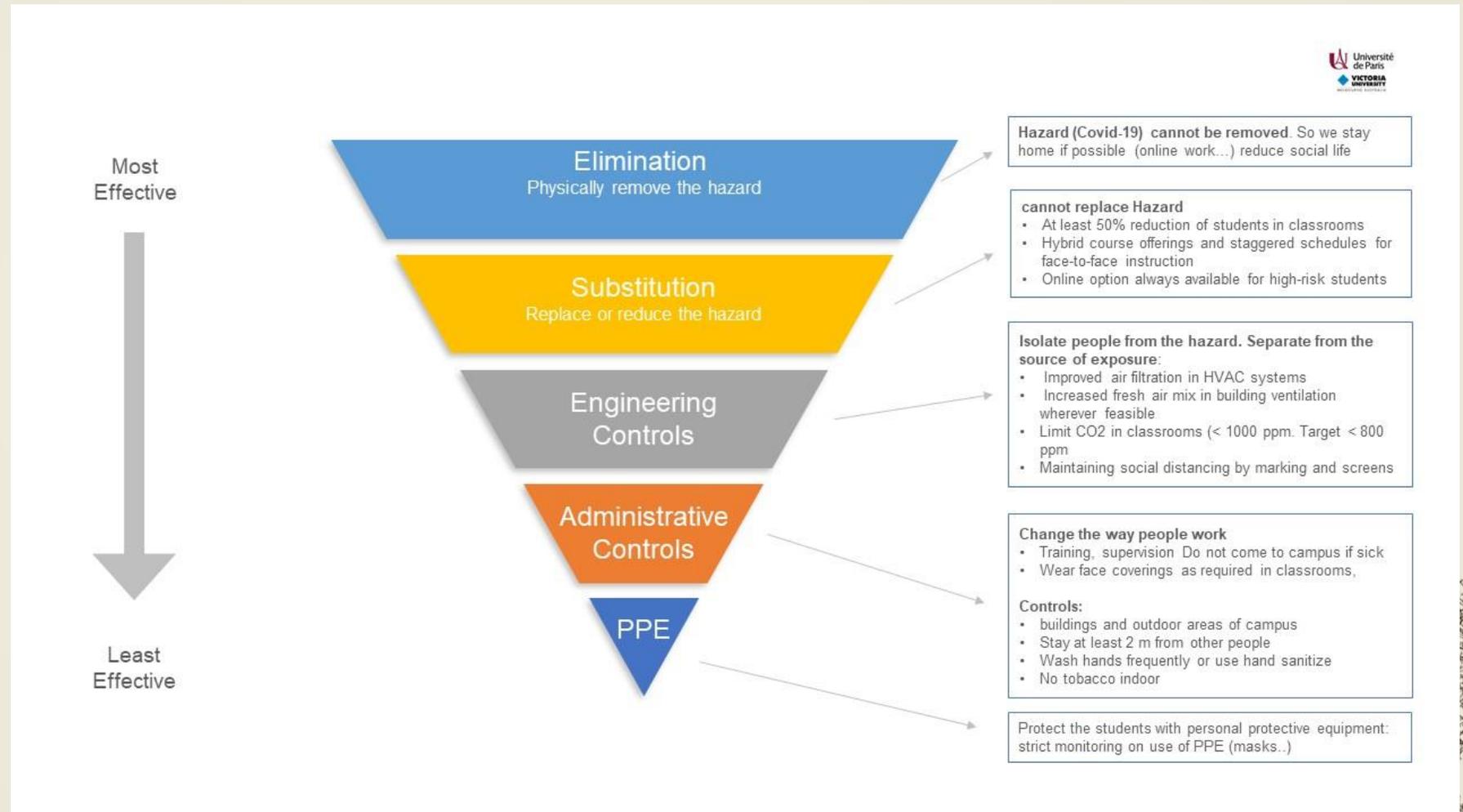
# The road back Covid - 19 prevention selon "Hierarchy of controls" (NIOSH-CDC)

Approche internationale de hiérarchisation du contrôle des dangers

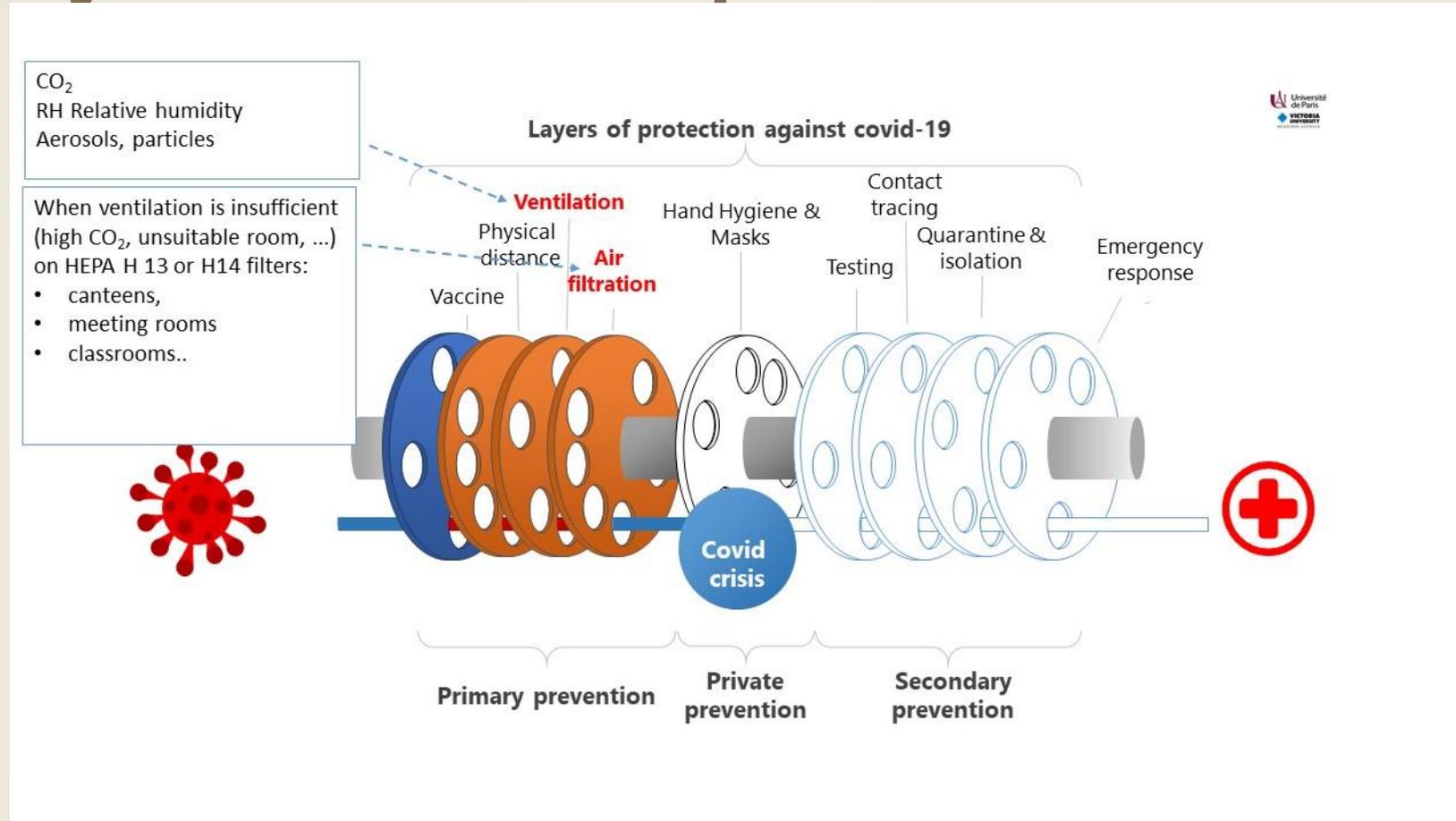
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Hi%C3%A9rarchie\\_du\\_contr%C3%B4le\\_des\\_dangers](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hi%C3%A9rarchie_du_contr%C3%B4le_des_dangers)

<https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/>

[https://www.cchst.ca//oshanswers/hsprograms/hazard\\_control.html](https://www.cchst.ca//oshanswers/hsprograms/hazard_control.html)



# Analyse SCM du risque Covid-19



Le modèle SCM Sweet Cheese Model (Reason, 2000; Pearson, 2005) de la causalité des accidents est un modèle idéal qui est souvent mis en œuvre dans la gestion et l'analyse des risques dans des secteurs comme l'ingénierie, la santé,, le transport aérien, la sécurité informatique et la défense



# recommandations

Le renouvellement de l'air est donc nécessaire pour éviter la transmission aérienne par des aérosols potentiellement chargés viralement.

Pour quantifier le renouvellement de l'air dans une pièce, nous pouvons mesurer la concentration de CO2 dans l'air avec des capteurs infrarouges.

En partant de l'hypothèse qu'il existe une relation linéaire entre la probabilité d'infection et la concentration virale, la concentration de CO2 dans la pièce (moins la concentration de CO2 ambiante à l'extérieur) peut être utilisée pour déterminer directement la probabilité de contamination, indépendamment du nombre de personnes dans la pièce, de son volume, lorsqu'une personne malade sécrétant un virus se trouve à l'intérieur.

Des modèles aérodynamiques sophistiqués peuvent être utilisés si nécessaire. Comme le CFD

Le Haut Conseil de la Santé Publique du HCSP recommande dans tous ses avis techniques destinés au gouvernement français et au Ministre de la Santé

- De se situer pour le CO2 en dessous de 800 ppm
- de mettre en place des analyseurs de CO2
- si cela n'est pas possible, d'aérer les locaux ouverts au public en ouvrant régulièrement les fenêtres (**au minimum** 3-4 minutes toutes les heures)

Les autres pays européens avec la Rehva (la Fédération des associations européennes de chauffage, de ventilation et de climatisation représente plus de 120000 concepteurs CVC, ingénieurs en bâtiment, techniciens et experts dans 26 pays européens) s'orientent vers des règles similaires

[https://www.rehva.eu/fileadmin/user\\_upload/REHVA\\_COVID-19\\_Guidance\\_School\\_Buildings.pdf](https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_Guidance_School_Buildings.pdf)



<https://www.education.gouv.fr/media/71258/download>

Une mesure consiste à doter toutes les écoles et établissements d'enseignement supérieur de capteurs de CO<sub>2</sub> afin d'optimiser la ventilation dans chaque pièce, mais aussi

- Avoir par exemple les fenêtres toujours partiellement ouvertes ou périodiquement complètement ouvertes de manière judicieuse. Le capteur CO<sub>2</sub> vous aidera pour optimiser l'aération
- Réviser les systèmes de ventilation forcée, lorsqu'ils existent, et ajuster de la vitesse de ventilation
- Repenser le mode d'occupation de certaines salles (cantines..) (voir exemple sur le schéma ci-joint)
- Modifier la recirculation de l'air avec des cloisons ou écrans (voir photo en Corée)

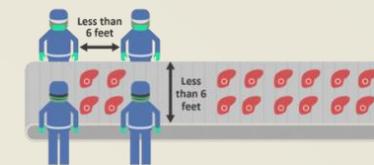
La concentration de CO<sub>2</sub> doit être mesurée au fil du temps, à une hauteur de 1,5 m à 2 m au-dessus du sol. Le CO<sub>2</sub> doit toujours être ramené au niveau le plus bas possible. Un objectif quantitatif serait d'atteindre un niveau maximum de CO<sub>2</sub> supérieur de 200 ppm à la concentration extérieure (soit 650 ppm à Paris). Des mesures préliminaires effectuées dans diverses écoles et universités montrent des niveaux de CO<sub>2</sub> anormalement élevés, y compris dans les endroits où les ventilations mécaniques sont conformes aux normes.

Ramener idéalement à moyen terme le niveau de CO<sub>2</sub> de 1500 ppm à 650 ppm permet de diminuer la probabilité d'infection d'au moins un facteur 5, et peut-être beaucoup plus grâce à l'effet seuil / dose. Un niveau de CO<sub>2</sub> seuil maximum raisonnable doit être fixé (800 ppm est une valeur typique recommandée par différents scientifiques), au-dessus duquel il est nécessaire de:

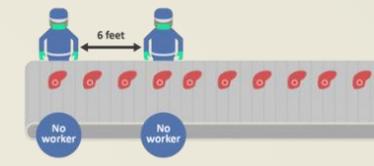
- Réduire le nombre de personnes dans une pièce
- Ajouter un système de filtration dans la pièce sur filtre HEPA > H13 (voir le modèle SCM)
- Faire réviser la ventilation mécanique afin d'augmenter le débit d'air

#### How to Align Meatpacking and Meat Processing Workstations, If Feasible

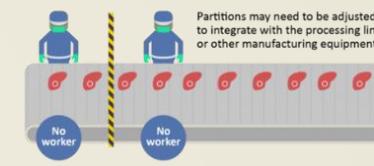
**Bad:** Workers are within six feet of one another, including at side-by-side or facing workstations.



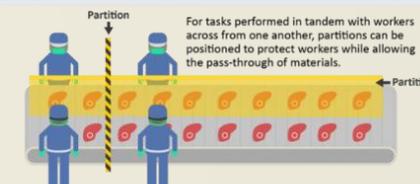
**Good:** Workers are spaced at least six feet apart, not facing one another. Other configurations may be used to achieve similar distancing between workers.



**Good:** Physical barriers, such as partitions, separate workers from each other.



**Good:** Physical barriers, such as partitions, separate workers from each other, including where workers need to perform tasks in tandem across from one another.





# Merci pour votre patience

[jean-louis.roubaty@univ-paris-diderot.fr](mailto:jean-louis.roubaty@univ-paris-diderot.fr)

18 février 2021

webinaire "Pratique de la mesure du CO2"

