

LIMITER LA TRANSMISSION DU CORONAVIRUS DANS LES ENVIRONNEMENTS INTÉRIEURS:

Forces et limites de la ventilation et de la purification de l'air

27 Janvier 2022

Dr. Ing. Joris Van Herreweghe

WTCB – Labo Microbiologie & Microparticules - Chef de labo adjoint



cstc.be
Recherche • Développe • Informe



Ordre du jour

1. SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID

2. VENTILATION

- Effet sur le (la transmission du) coronavirus
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

3. PURIFICATION DE L'AIR

- 2 groupes selon le principe de fonctionnement et le terme CADR
- Spécificités des 2 groupes
- Arrêté ministériel et liste des systèmes autorisés
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

Ordre du jour

1. SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID

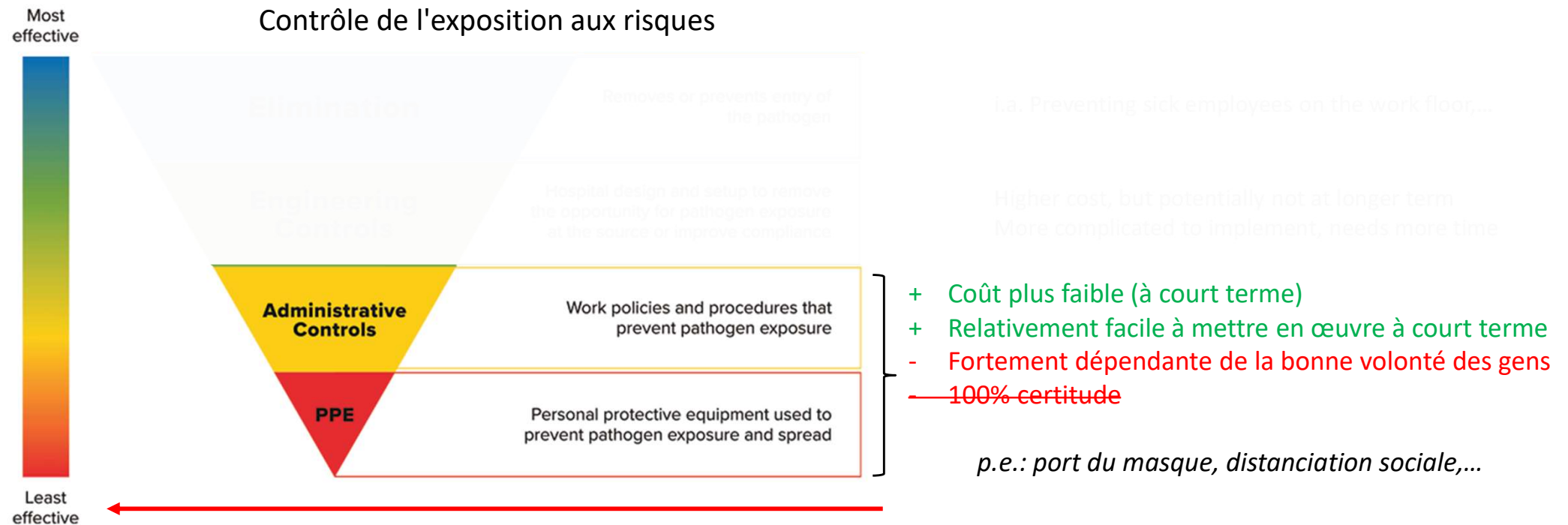
2. VENTILATION

- Effet sur le (la transmission du) coronavirus
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

3. PURIFICATION DE L'AIR

- 2 groupes selon le principe de fonctionnement et le terme CADR
- Spécificités des 2 groupes
- Arrêté ministériel et liste des systèmes autorisés
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

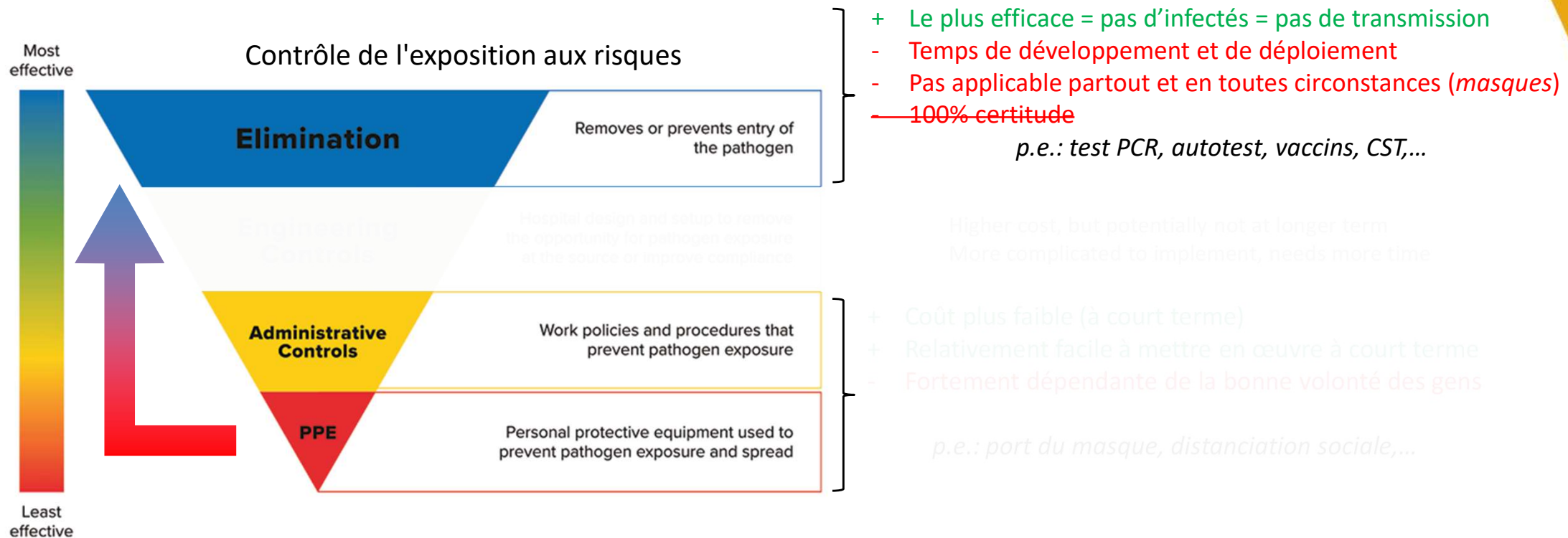
SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID



National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, USA, 2015)

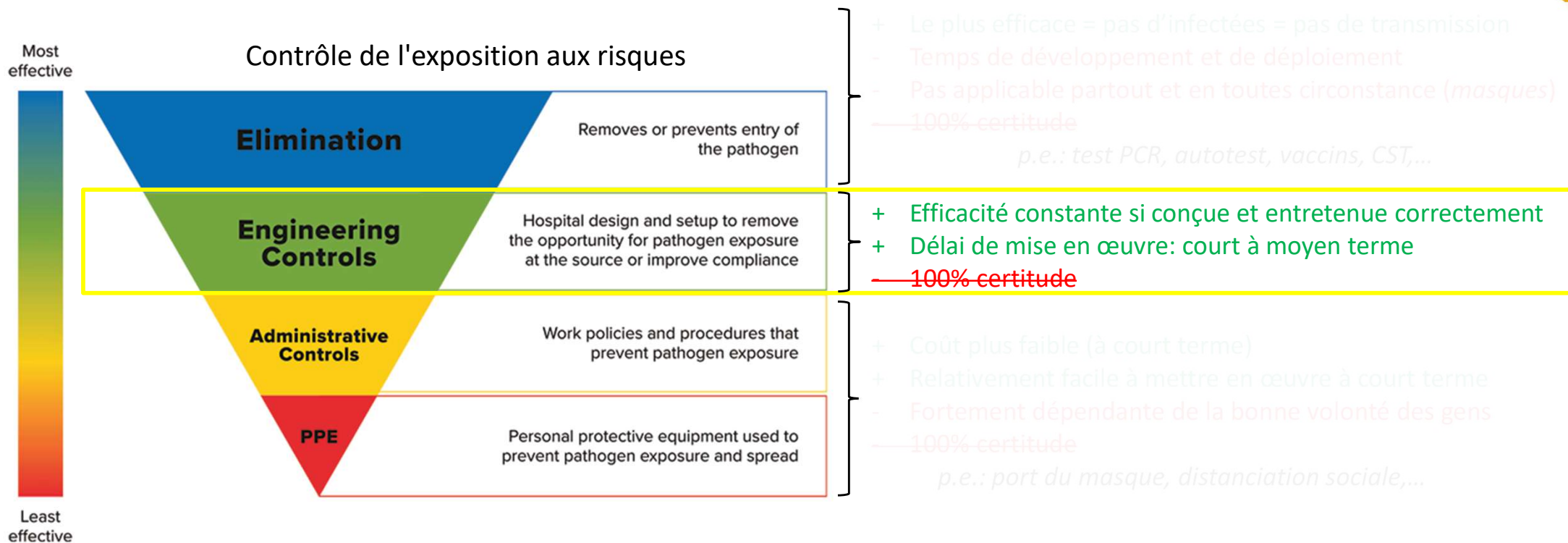


SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID



National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, USA, 2015)

SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID



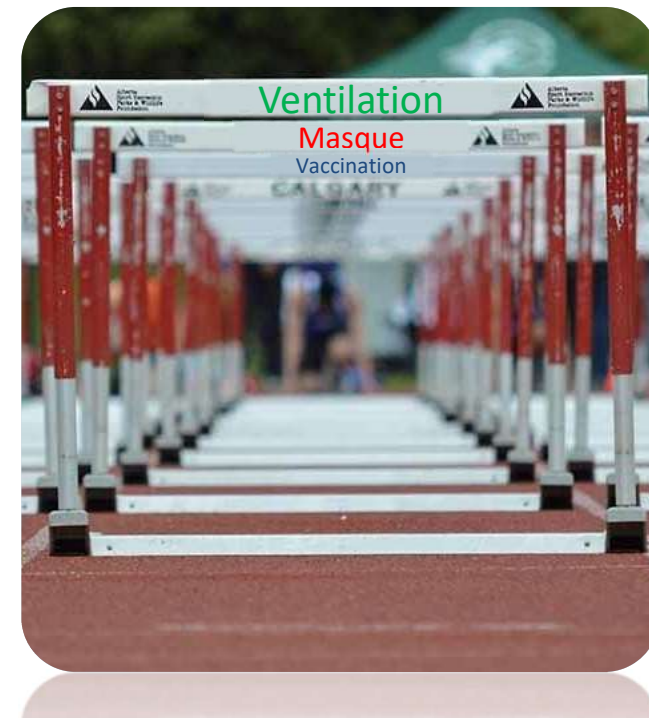
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, USA, 2015)

SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID

aucune mesure ne protège à 100% ...

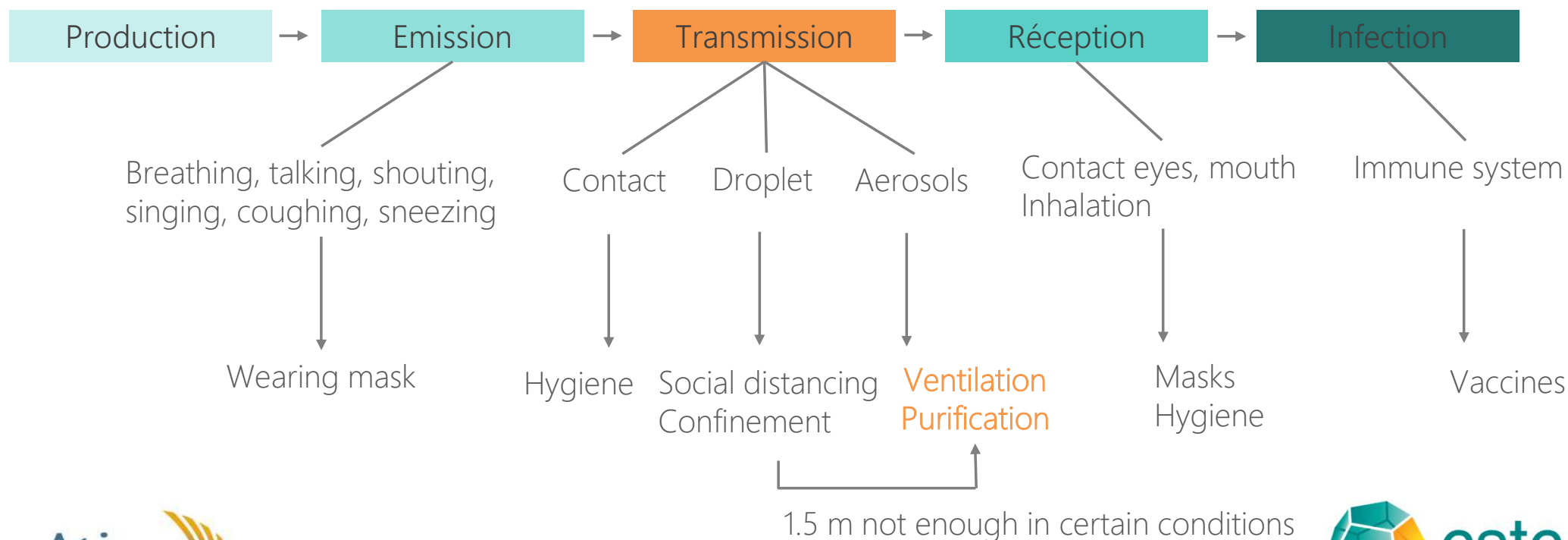
...mais différentes barrières à <100% peuvent fournir une bonne protection

Industrie alimentaire = hurdle technology



SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID

d'un hôte à un autre: un processus en plusieurs étapes...



Ordre du jour

1. SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID

2. VENTILATION

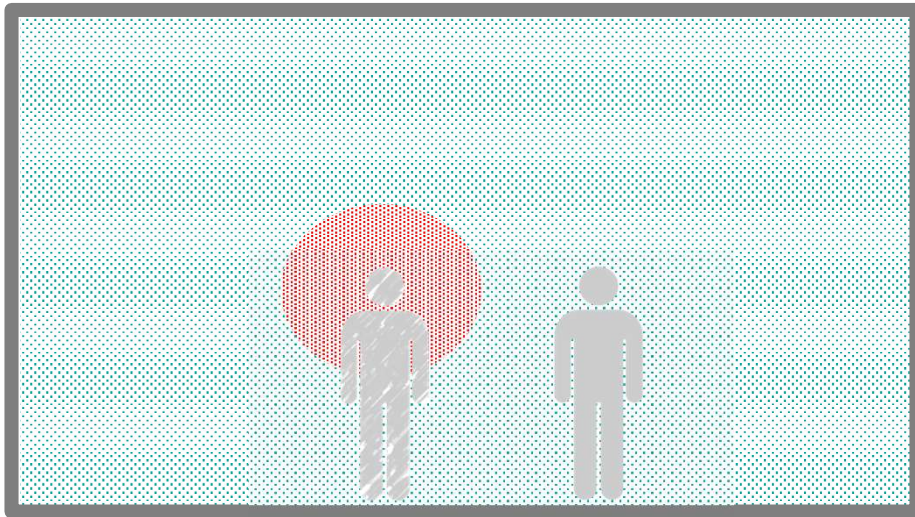
- Effet sur le (la transmission du) coronavirus
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

3. PURIFICATION DE L'AIR

- 2 groupes selon le principe de fonctionnement et le terme CADR
- Spécificités des 2 groupes
- Arrêté ministériel et liste des systèmes autorisés
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

Ventilation: effet sur la transmission

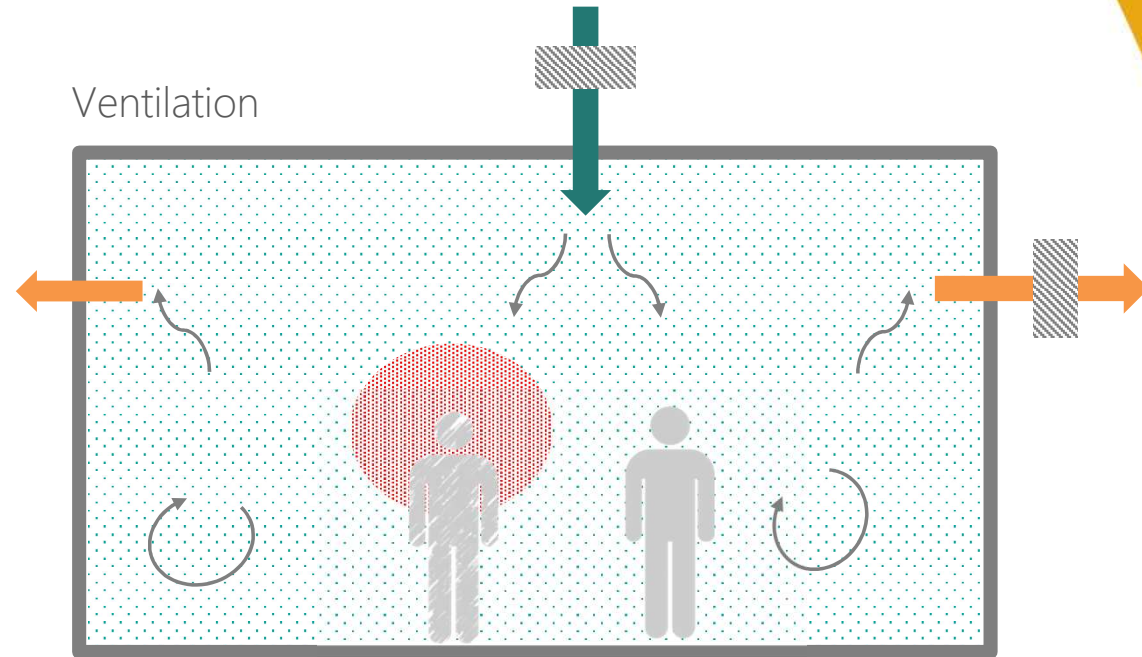
No ventilation



! Accumulation d'aérosols [virus]

! Risque d'infection ↑

Ventilation



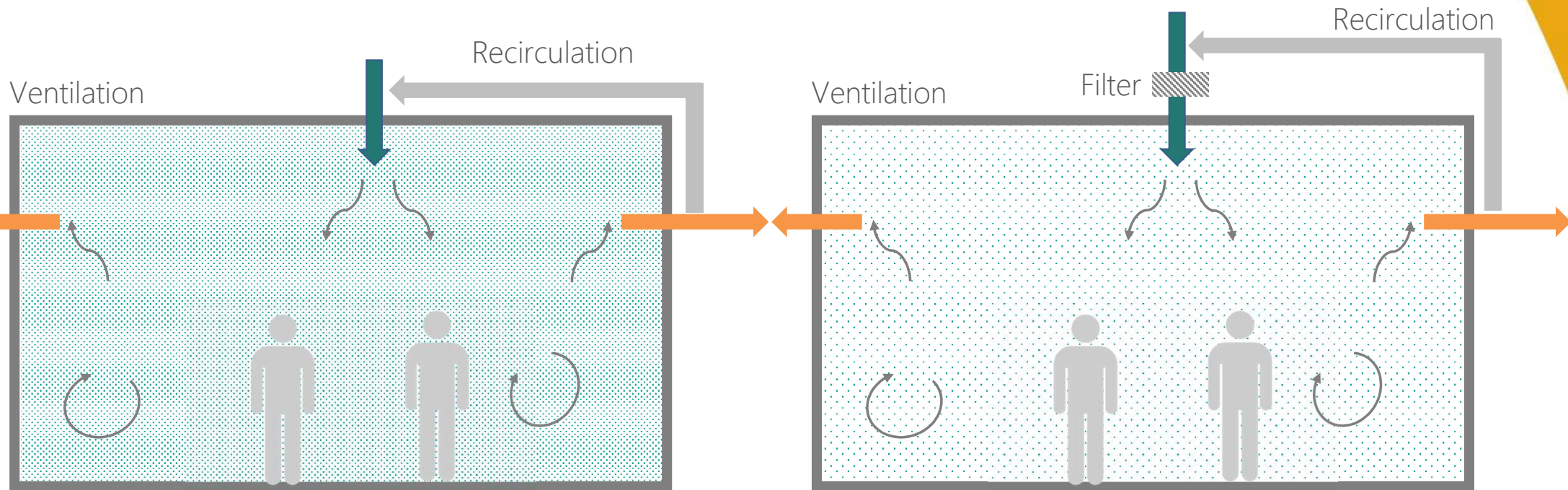
+ Limiter l'accumulation d'aérosols = limiter le risque

+ à longue distance

- pas à courte distance

**! Filtre sur l'alimentation et/ou l'extraction
non pas d'effet sur le risque dans ce cas**

Ventilation: effet sur la transmission - recirculation



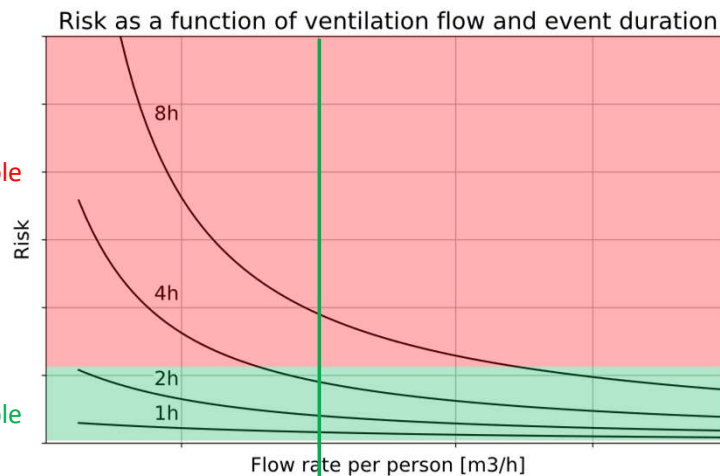
Impact?

Risque = $f[\# \text{ personnes infectées, dilution (2 phases), stabilité du virus?, ...}]$

Filtration en cas de recirculation peut avoir un **effet**
= $f[\text{classe de filtre, entretien, étanchéité, ...}]$

Ventilation: effet sur la transmission | débit

- différents modèles pour estimer **le risque de transmission aérienne SARS-CoV2** (Wells-Riley)
- Effet différents scénarios & (combinaisons de) mesures
- Débit $\uparrow$ = risque $\downarrow$ | pas infini = gain marginal à très hauts débits = risque jamais 0!!

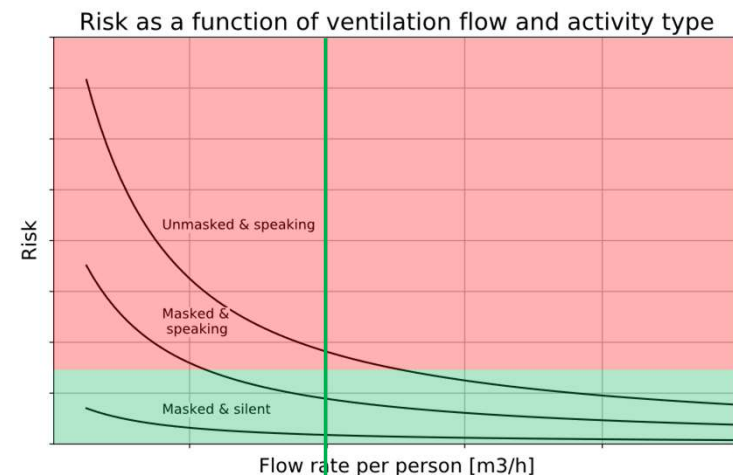


exemple
arbitraire !

non
acceptable

Risk

acceptable



Risk

Ventilation: effet sur la transmission

- **Source**

- Nombre de personnes contaminées / incidence (4.5% | 4531/100k | *Sciensano 25/01*)
- Activité: chanter (30x) > crier > parler (6x) > respirer
- Port du masque (personne infectée)

- **Durée d'exposition**

- Risque directement proportionnel: $x2 \rightarrow x2$

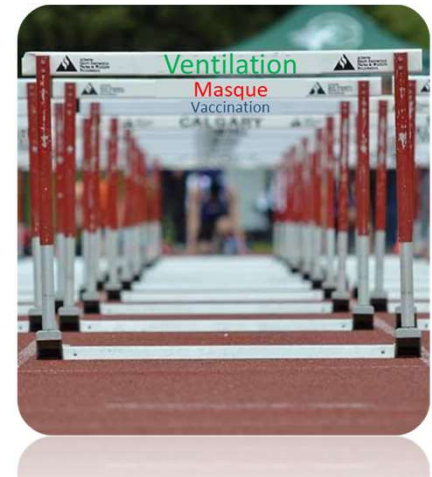
- **Nombre de personnes exposées**

- Attention grandes salles, grands évènements!

1000 personnes $\rightarrow$ 45 contaminés (4.5%) $\rightarrow$ 10% kans = 95 extra = Σ 140 (14%)

1000 personnes par 2 dans un bureau $\rightarrow$ 45 contaminés (4.5%) $\rightarrow$ 70% kans = 31 extra = Σ 76 (8%)

- **Mesures supplémentaires (masque, CST,...) = hurdle technology**



Ordre du jour

1. SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID

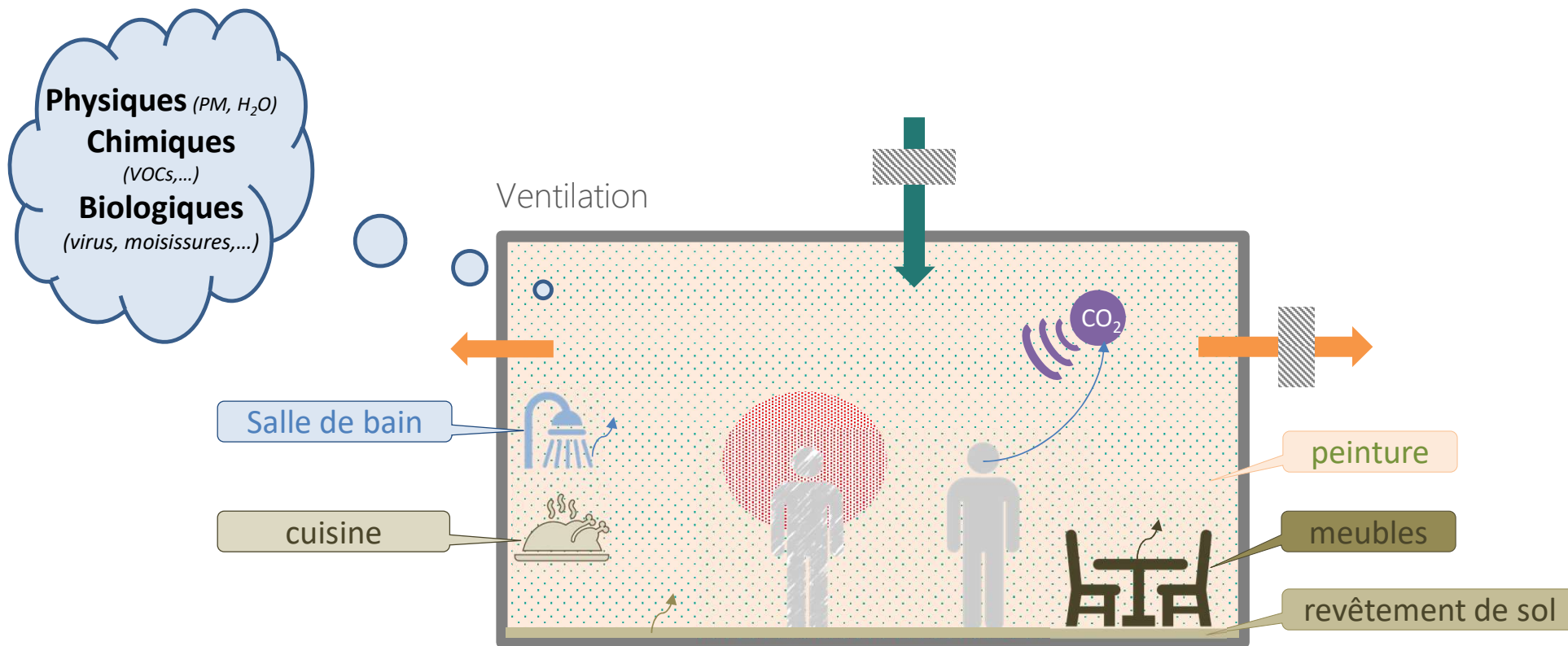
2. VENTILATION

- Effet sur le (la transmission du) coronavirus
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

3. PURIFICATION DE L'AIR

- 2 groupes selon le principe de fonctionnement
- Spécificités des 2 groupes
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid
- Décret ministériel et liste des systèmes autorisés

Ventilation: Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid



- + dilue tous les polluants de l'air intérieur
- + ... quelle que soit leur nature ou leur origine

Ordre du jour

1. SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID

2. VENTILATION

- Effet sur le (la transmission du) coronavirus
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

3. PURIFICATION DE L'AIR

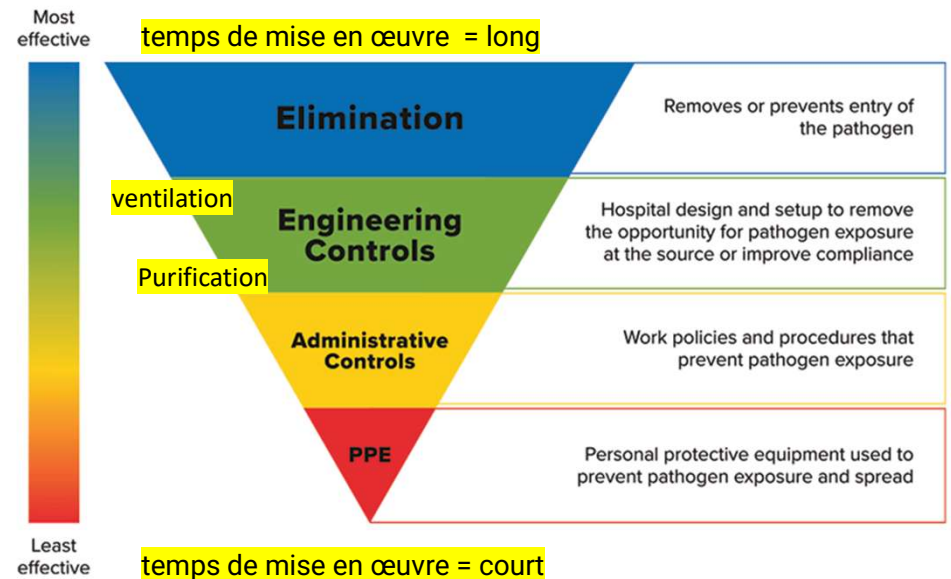
- 2 groupes selon le principe de fonctionnement et le terme CADR
- Effet sur le (la transmission du) coronavirus
- Arrêté ministériel et liste des systèmes autorisés
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

Purification

La purification de l'air permet de **diminuer/diluer la quantité de virus infectieux dans l'air d'un local** (cfr. Ventilation)

Avantages des purificateurs d'air

- Appareils mobiles
- Plug & Play
- Pas de conduits, pas de prise d'air extérieure
- Plus facile à installer que ventilation



Ordre du jour

1. SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID

2. VENTILATION

- Effet sur le (la transmission du) coronavirus
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

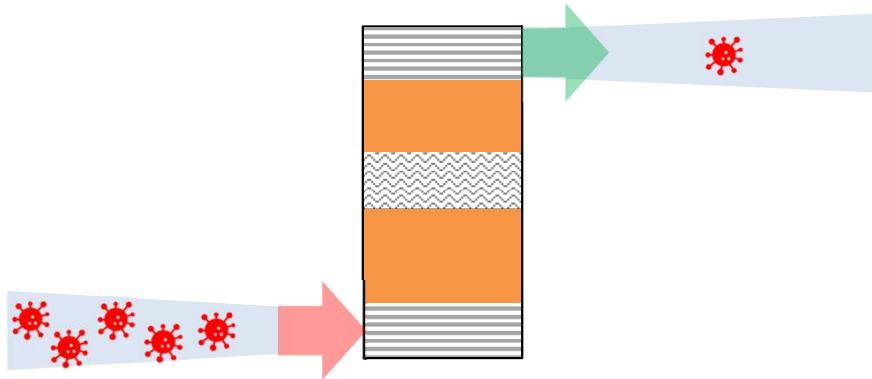
3. PURIFICATION DE L'AIR

- 2 groupes selon le principe de fonctionnement et le terme CADR
- Spécificités des 2 groupes
- Arrêté ministériel et liste des systèmes autorisés
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

Purification: 2 groupes selon le principe de fonctionnement

Captation

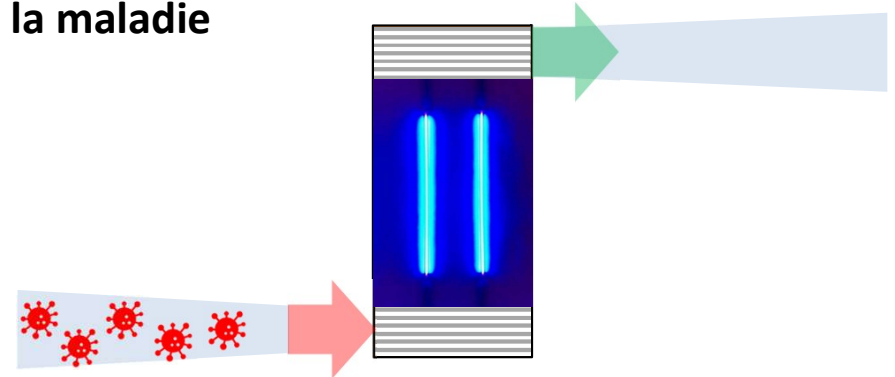
- Les particules (contenant du virus) sont **retenues** dans l'appareil et **éliminées de l'air**



- Technologies:
filtres HEPA, précipitation électrostatiques

Inactivation

- Les particules de virus sont **endommagées** (ANR, protéines,...) et ne peuvent **plus transmettre la maladie**



- Technologies:
UV-C, plasma froid, photocatalyse,...

Purification: 2 groupes selon le principe de fonctionnement

CADR = Clean Air Delivery Rate

= Débit d'air x efficacité (**pour un polluant donné**)

= quantité d'air purifié délivrée par l'appareil (m³/h) en tenant compte de son efficacité

! CADR par polluant car efficacité peut être différente

Pas de méthode d'essai normalisée au niveau international (ISO ou EU)

- Méthode **USA: ANSI/AHAM AC-1-2015**

Polluants: Cigarette (0.1-1µm), poussière (0.5-3µm), pollen (5-11µm)

- Méthode **France: NF-B44-200:2016**

Polluants: 5 Gaz, 1 bactérie + 1 moisissure, allergène, PM 0.3-5µm

Ordre du jour

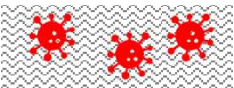
1. SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID

2. VENTILATION

- Effet sur le (la transmission du) coronavirus
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

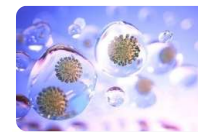
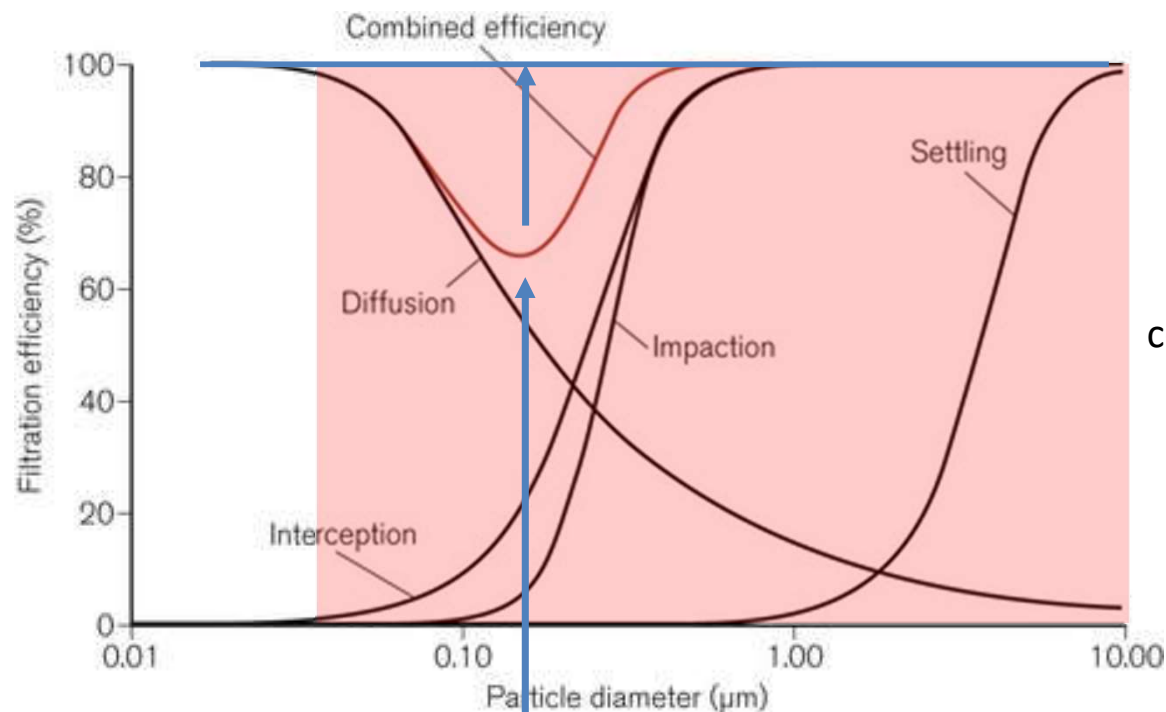
3. PURIFICATION DE L'AIR

- 2 groupes selon le principe de fonctionnement et le terme CADR
- **Spécificités des 2 groupes**
- Arrêté ministériel et liste des systèmes autorisés
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid



Purification: captation - pourquoi HEPA ou equivalent?

Filtres à air classiques:
G4/coarse | F7/ePM1 | ...



Size smallest
particles
containing virus?



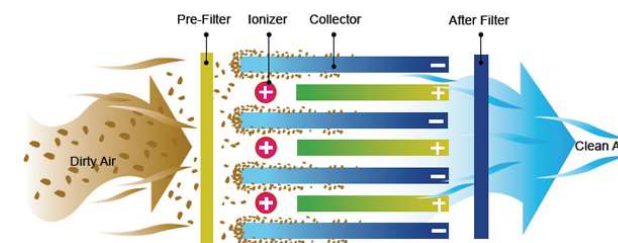
Virion
65-125nm

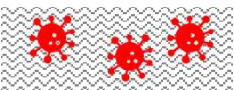
HEPA

NBN EN 1822:2019

Classe-HEPA	Retention MPPS
H13	>99.95%
H14	> 99,995%

ESP ≈ HEPA





Purification: captation - pourquoi HEPA ou équivalent?

- **Performance contre le covid?**
 - performance pour particules de $\pm 65\text{nm}$ - $0,5\mu\text{m}$ = bonne indication
 - *ANSI/AHAM $\pm$ CADR cigarette (0.1 - $1\mu\text{m}$) $\leftrightarrow$ NF aucun des polluants testés ne se rapproche*
- Efficacité du système n'est **pas nécessairement** = efficacité du filtre/technologie
 - *étanchéité entre filtre et le système*
- Effet d'un manque d'entretien?
 - CADR ↓ dû au ΔP ↑ (débit ↓ & fuites potentielles ↑)



Purification: **inactivation**

$$\text{Fraction inactivated}_{\text{UV-C}} = 1 - e^{(-k \times \text{Dose})}$$

k = microorganism dependent rate constant = sensibility ($\text{cm}^2/(\mu\text{W.s})$)

Dose = effective irradiance ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) $\times$ contact time (s)

Source: Kowalski (2009) Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook

- **Défi**

- Mesurer l'inactivation de matériel biologique
→ *manque de méthode normalisée*
- si testé aujourd'hui, alors avec **un organisme de substitution** (biosécurité)
↔ *la sensibilité (k) des organismes est très différente! → efficacité contre corona?!*
- En théorie mesure du CADR possible, *mais besoin d'une mesure d'efficacité*

- **!!! Débit ↑ → temps de contact ↓ → Dose ↓ → CADR ↓**
=> CADR par mode de fonctionnement!

- Effet d'un manque **d'entretien?**

Dose ↓ (vieillesse lampe UV) → Efficacité ↓ → CADR ↓

↳ Fractions survivantes ↑ (partiellement endommagées)
Risque? Mutants?

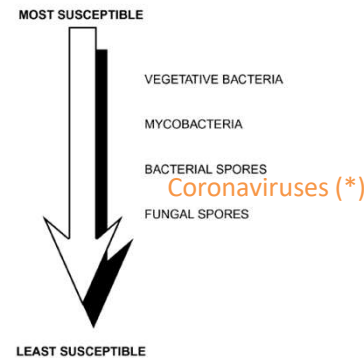


Fig. 2 General Ranking of Susceptibility to UV-C Inactivation of Microorganisms by Group

Ordre du jour

1. SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID

2. VENTILATION

- Effet sur le (la transmission du) coronavirus
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

3. PURIFICATION DE L'AIR

- 2 groupes selon le principe de fonctionnement et le terme CADR
- Spécificités des 2 groupes
- **Arrêté ministériel et liste des systèmes autorisés**
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

Purification: Arrêté ministériel et liste des systèmes autorisés

- manque de cadre de test et de référence
 - Arrêt ministériel temporaire (28/05/21 → 29/05/22)
 - Règles pour **mettre sur le marché** des **systèmes de purification** contre le **coronavirus** dans les **espaces publics**



Info sur site SPF Santé + Liste
www.corona-ventilation.be

- **Fabricant doivent enregistrer leurs produits chez SPF Santé publique**
 - Systèmes sur base **de captation + UV-C** (systèmes fermés): **admis s'ils répondent aux critères dans AM**
 - Systèmes sur base **d'inactivation** (risque possible pour la santé): **interdit/ admis sous conditions**
(*ozone, plasma froid, UV-C (systèmes ouvertes), photocatalyse (UV + TiO₂), ionisation sans capture, brumisation de H₂O₂*)
→ **demande de dérogation sur base d'un dossier complet → autorisation par le ministre après évaluation**
- **Liste de systèmes enregistrés et contrôlés disponible online**

Ordre du jour

1. SOLUTIONS D'INGÉNIERIE DANS LE CADRE DES MESURES COVID

2. VENTILATION

- Effet sur le (la transmission du) coronavirus
- Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

3. PURIFICATION DE L'AIR

- 2 groupes selon le principe de fonctionnement et le terme CADR
- Spécificités des 2 groupes
- Arrêté ministériel et liste des systèmes autorisés
- **Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid**

Purification: Valeur ajoutée pour la QAI en dehors période covid

Situation		Technologie →		Ventilation	Purification			
		(Polluants)↓	CAPTATION		INACTIVATION			
					UV-C	Plasma Froid	Photocatalyse	
Pandémie		Coronavirus		V	V	(V)	(V)	(V)
En dehors pandémie	IAQ	Physiques	PM ₁₀ , PM _{2.5}	V	V	X	(V)	X
			Vapeur d'eau / humidité relative	V	X	X	X	X
		Chimiques	COV (très divers)	V	X	X	(V)	(V)
			ozone	V	X	X	X	X
			...					
		Biologiques	Bactéries & moisissures dans l'air	V	V	(V)	(V)	(V)
			Pollen (allergènes)	V	V (V)	(X)	(X)	(X)
		Autres	CO ₂ (indicateur IAQ)		V	X	X	X
	Inconnue		V	?	?	?	?	

V: certain or déductible d'autres mesures | (V): possible, mais doit être démontré | (X) : pas impossible mais très complexe à démontrer | X : aucun effet

- la purification de l'air ne peut pas remplacer la ventilation → ventilation de base nécessaire!
- la purification peut **complémenter/renforcer en cas de besoin la ventilation**

Impact:
Voir présentation
Peter Wouters

