



# « Rôle de la modélisation aéroulrique des particules dans la prévention de la transmission respiratoire »

**Dr G. Mellon**

Equipe de Surveillance et Prévention des Risques Infectieux (ESPRI)

Hôpital Saint-Louis, Paris (AP-HP)

**Journée Régionale Prévention du Risque Infectieux**

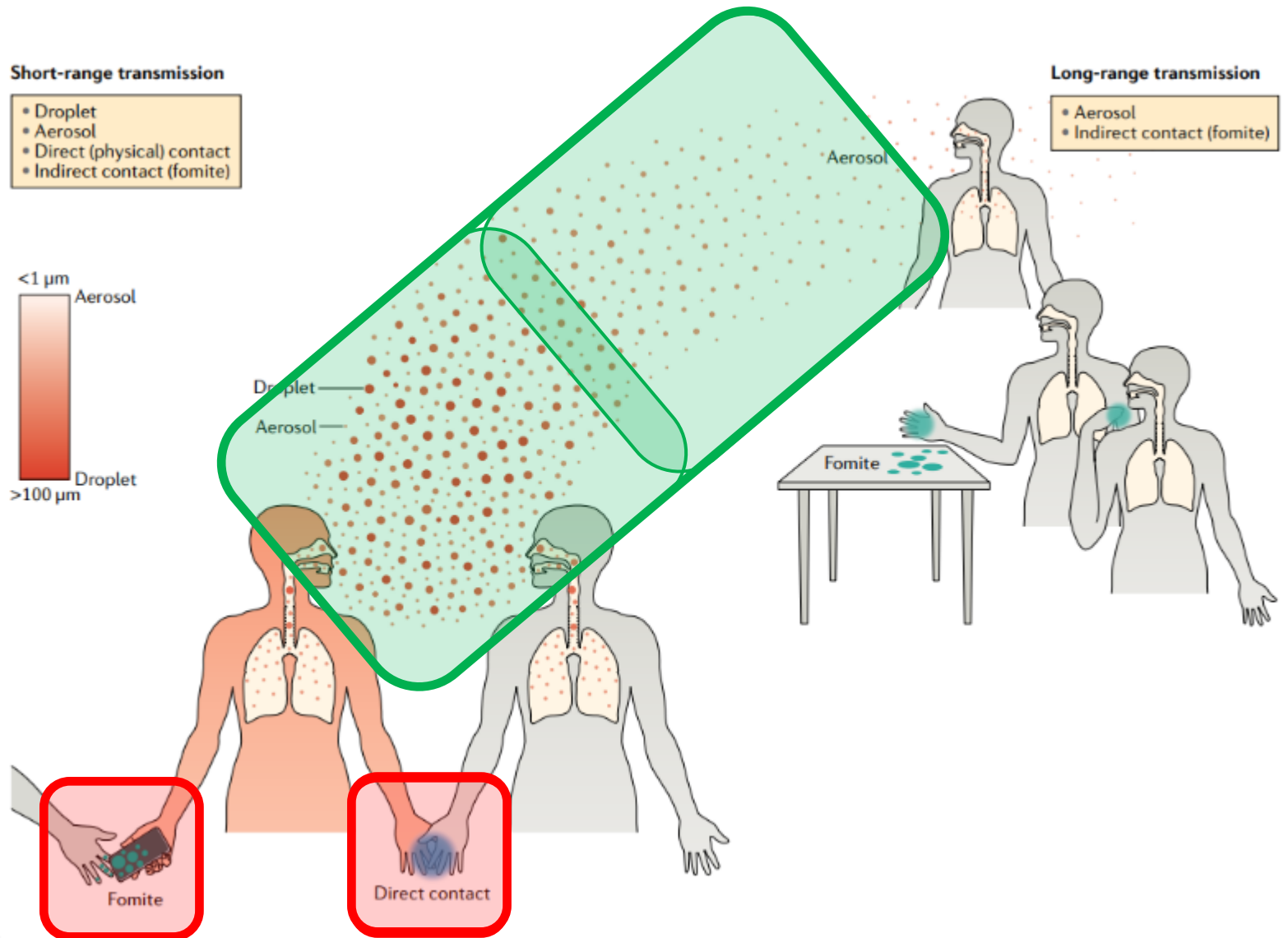


**CENTRE D'APPUI POUR LA PRÉVENTION  
DES INFECTIONS ASSOCIÉES AUX SOINS**

# La transmission croisée

## Short-range transmission

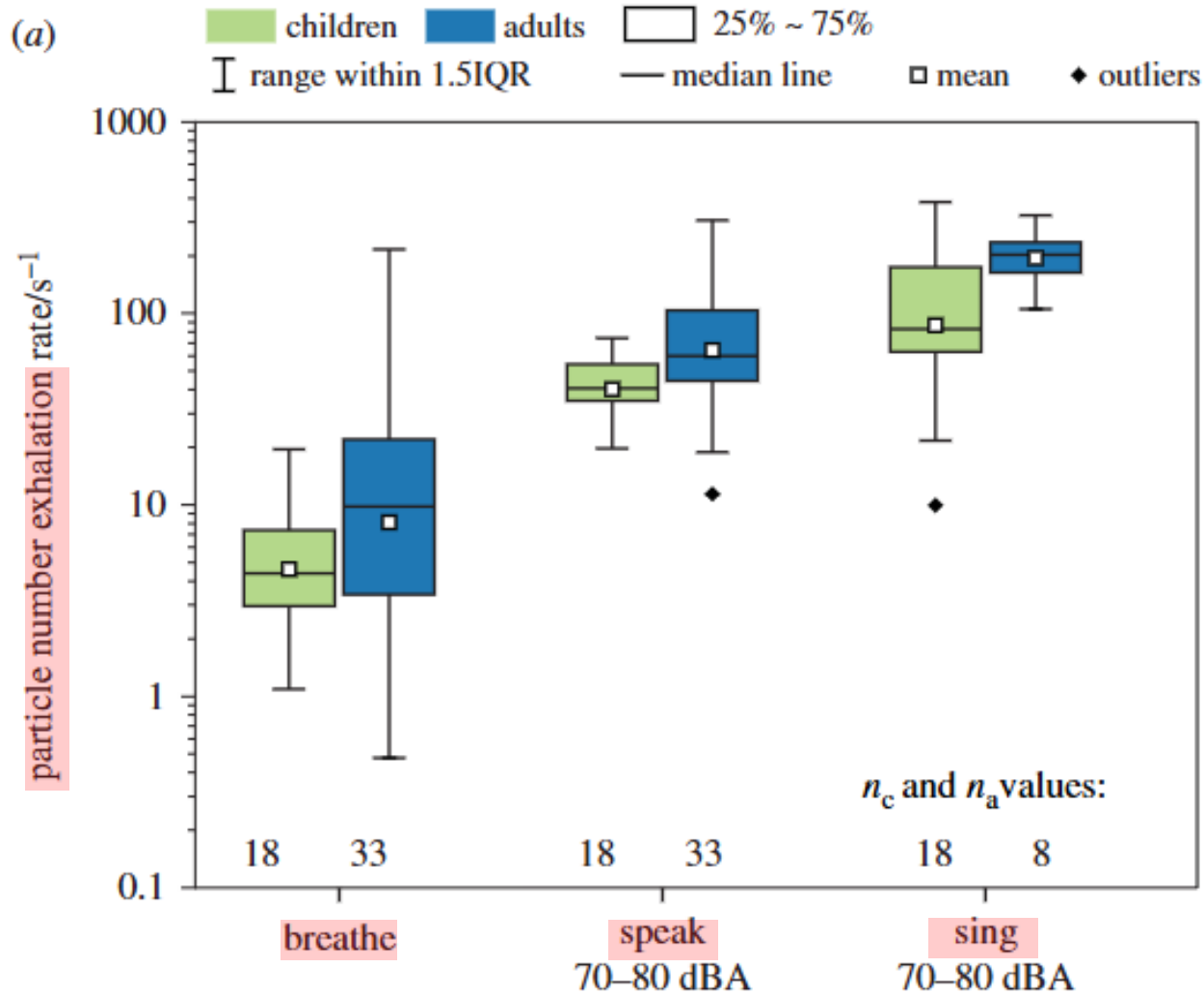
- Droplet
- Aerosol
- Direct (physical) contact
- Indirect contact (fomite)



## Long-range transmission

- Aerosol
- Indirect contact (fomite)

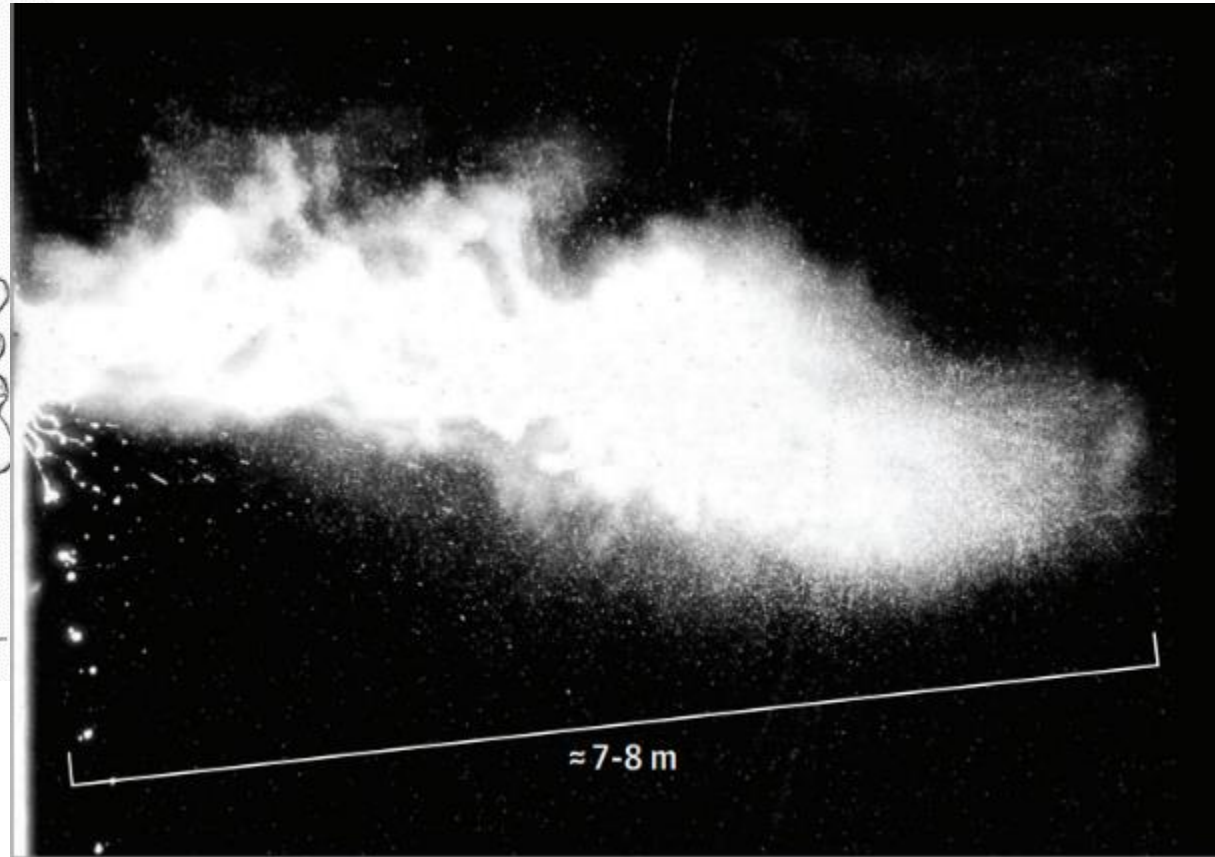
# Particules respiratoires

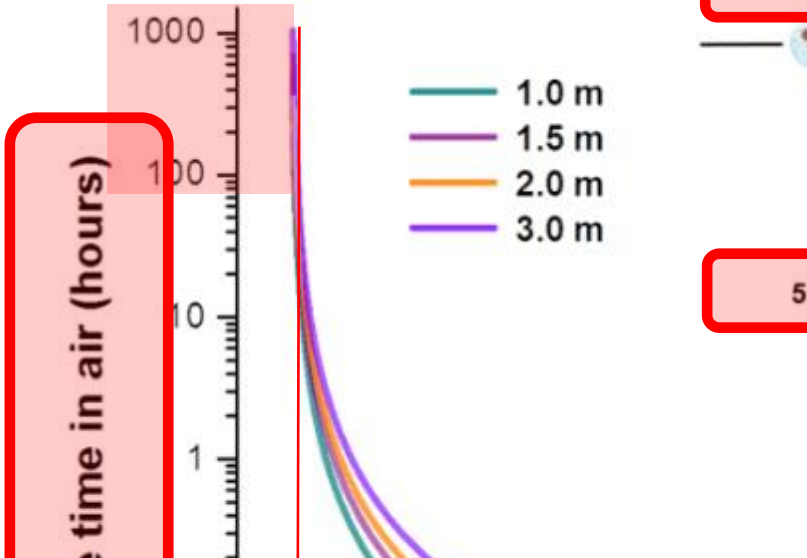


# A vos souhaits !

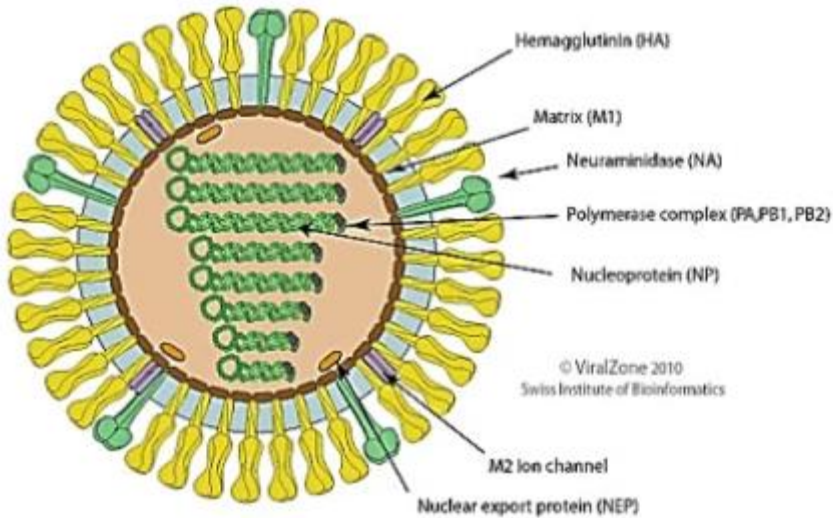


# A vos souhaits !





**Influenza virus**  
100 nm

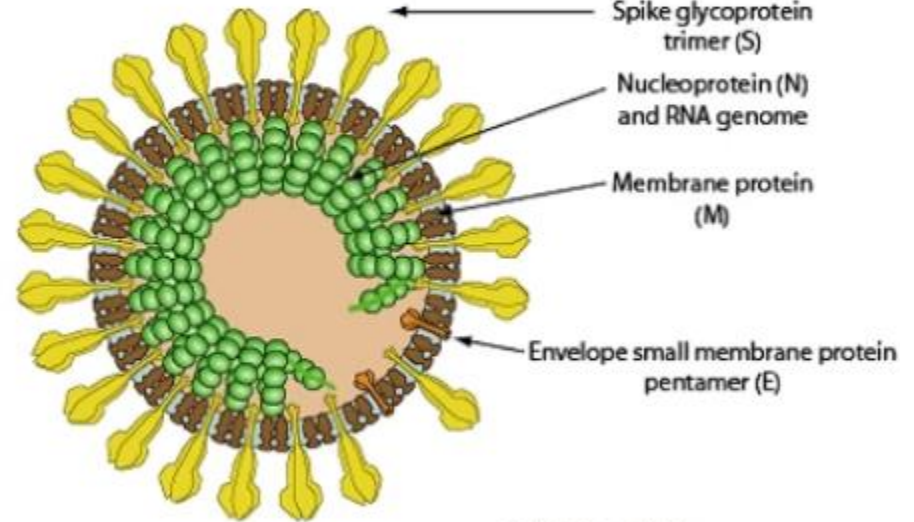


© ViralZone 2010  
Swiss Institute of Bioinformatics

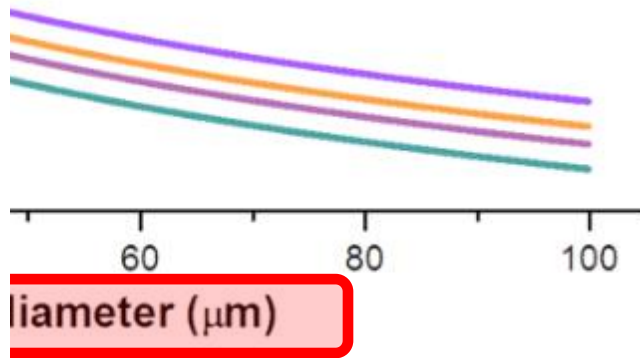
100

5

**SARS-CoV/COVID-19**  
120 nm



© ViralZone 2020  
SIB Swiss Institute of Bioinformatics



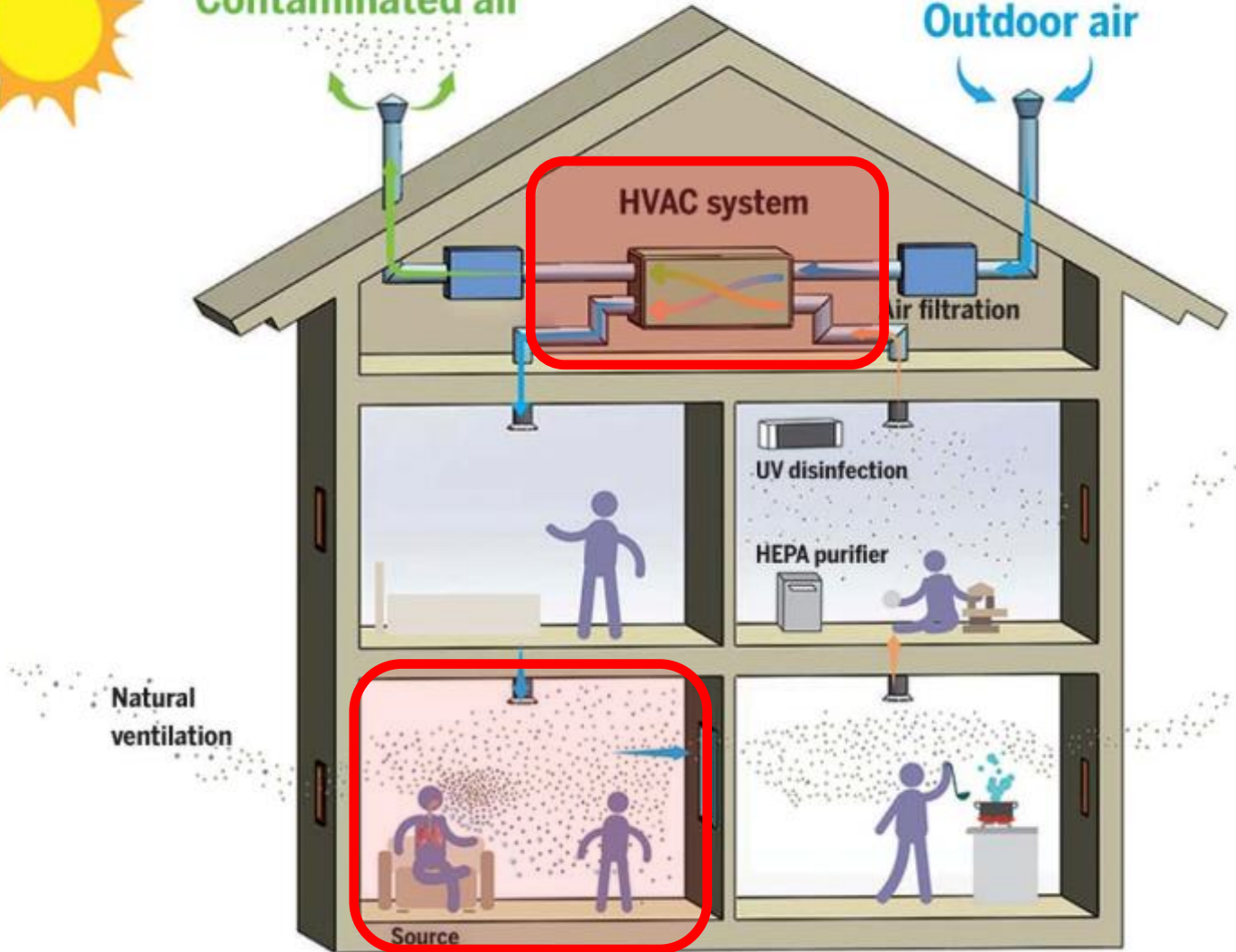
diameter (µm)





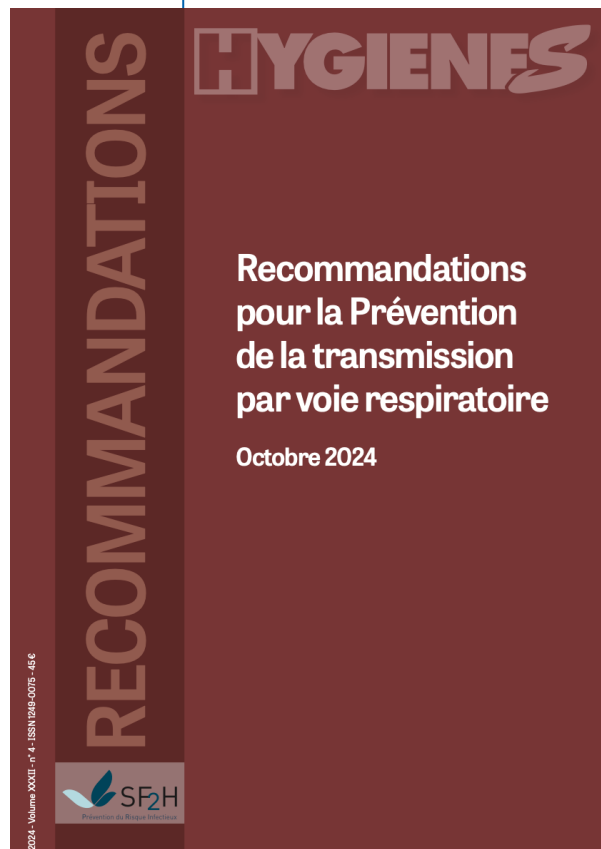
Contaminated air

Outdoor air





# Quelles recommandations ?



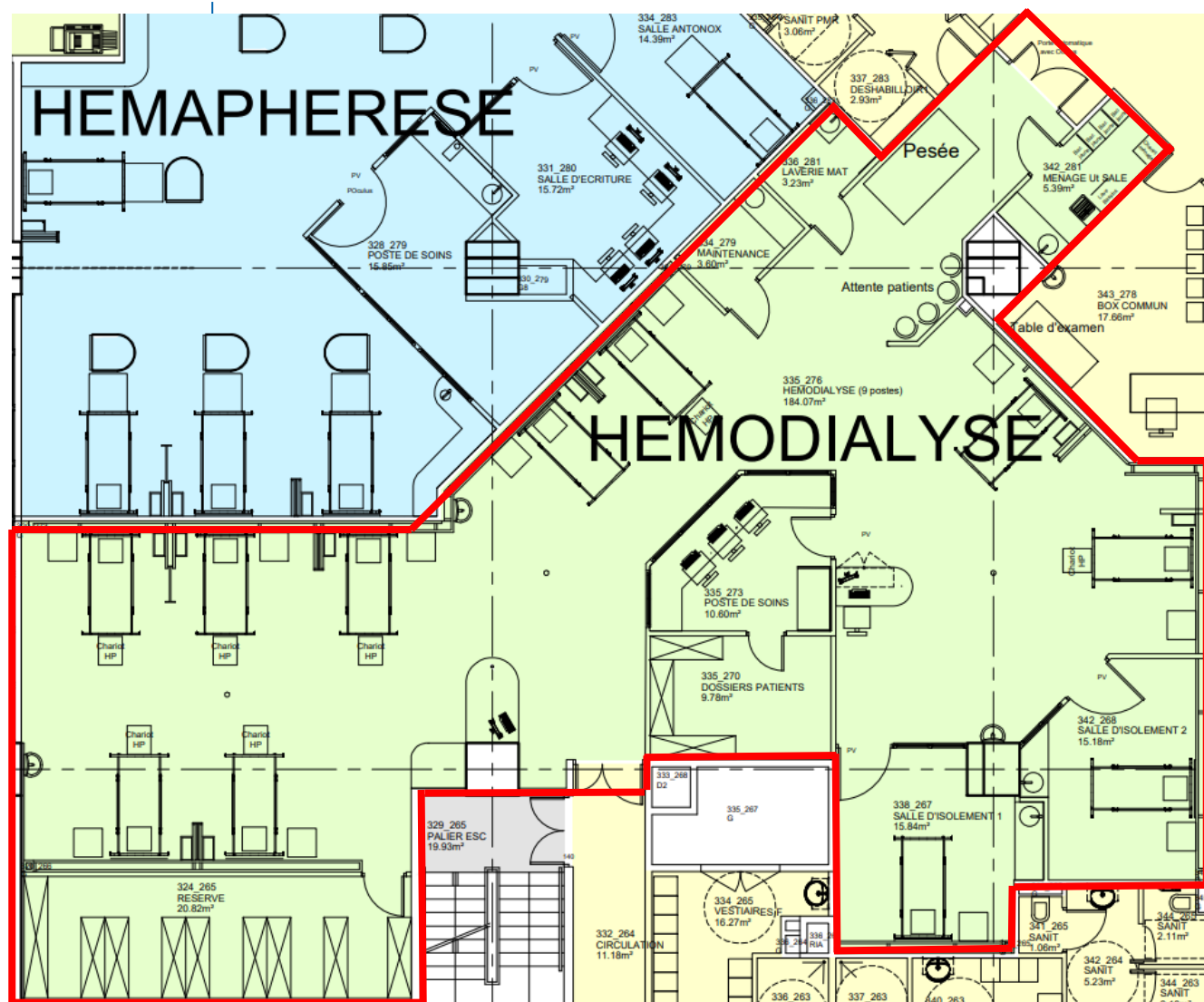
**Commentaire :** Les recommandations de R2 à R11 rappellent les prérequis techniques indispensables et/ou réglementaires de ventilation des locaux des ES/ESMS prenant en charge des patients/résidents quel que soit leur statut infectieux. Le respect de ces recommandations permet de qualifier de « conforme » la ventilation de ces locaux.

**R3.** Il est fortement recommandé que l'équipe des services techniques de l'établissement vérifie les paramètres de ventilation d'un local.

**R9.** Il est rappelé que l'ensemble des systèmes de ventilation doit bénéficier d'une maintenance préventive annuelle, tracée, afin de s'assurer de leur conformité. (Réglementaire).



# Exemple dans un espace de soins



Espace ouvert

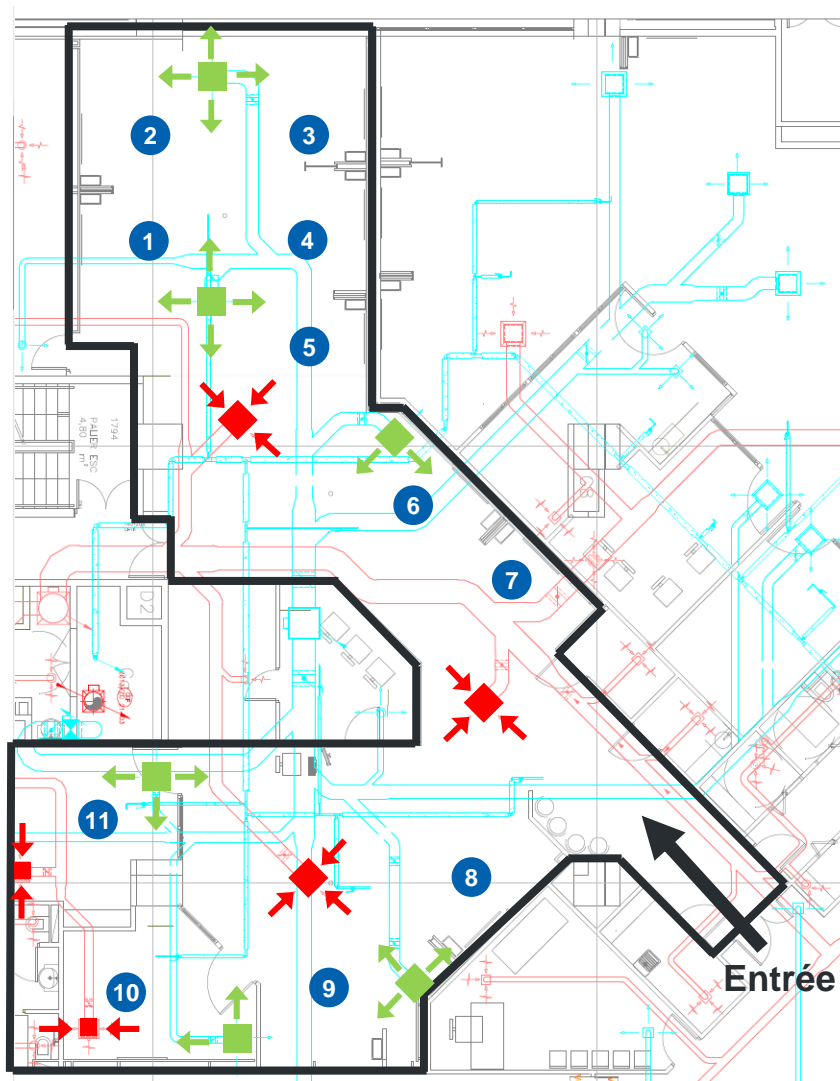
260 m<sup>2</sup>

11 patients accueillis  
simultanément

6-8 professionnels de  
santé (aide soignants,  
infirmiers,  
brancardiers,  
médecins)



# Unité de dialyse



 Bouche de soufflage (air neuf)

 Bouche d'extraction

 Positionnement des patients

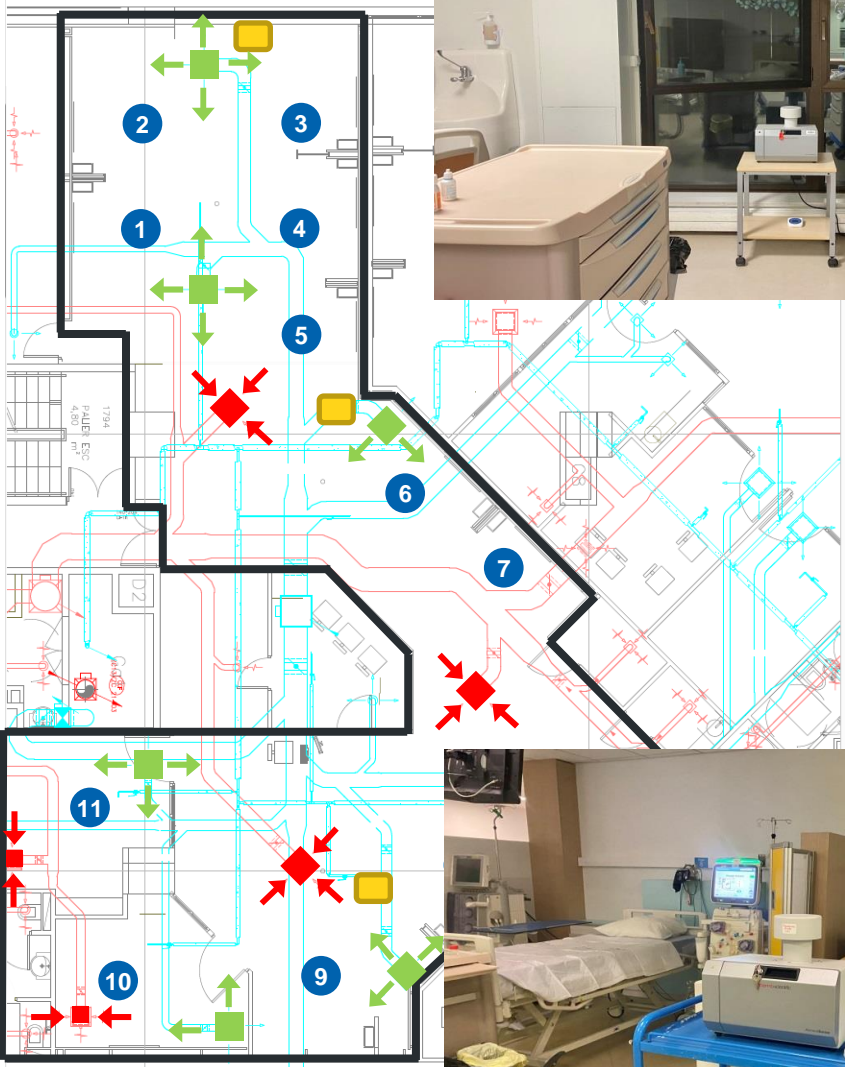
# Recherche de virus dans l'air



- Air samplers Thermofisher TM
- Détection virale: PCR multiplex (Filmarray<sup>®</sup>, Biomerieux - GeneXpert<sup>®</sup>, Cepheid )



# Unité de dialyse

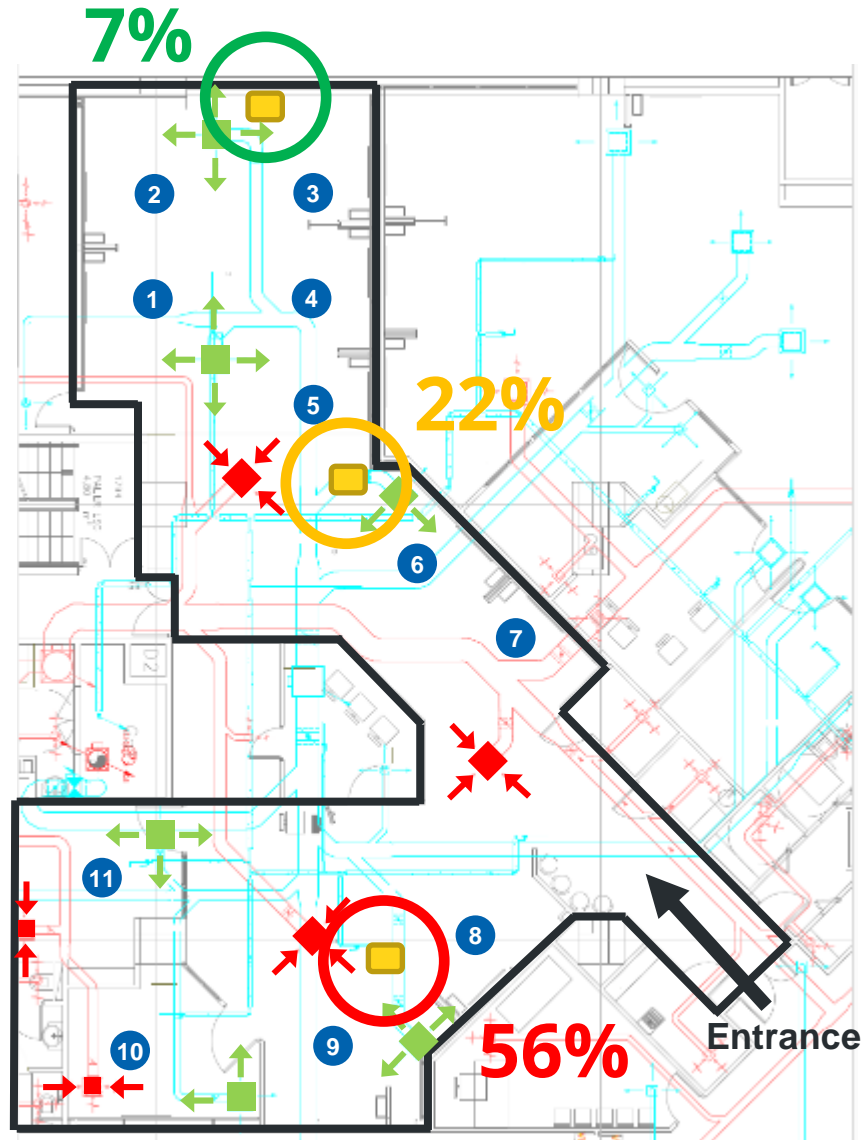





onnement des patients

de soufflage (air neuf)



# Unité de dialyse - Détection virale



-  Positionnement des patients
-  Bouche de soufflage (air neuf)
-  Bouche d'extraction
-  Echantillonneur d'air



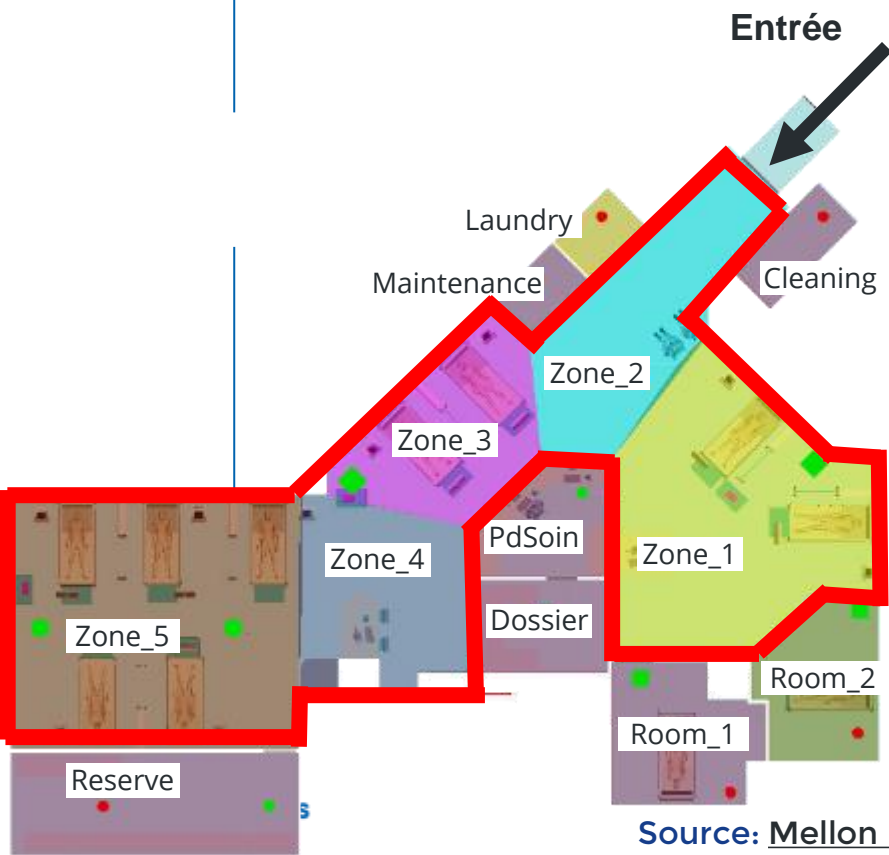
# Test fumigène



# Taux de renouvellement horaire

Nombre d'occurrence horaire du remplacement de l'ensemble du volume d'air dans un espace donné

$$TRH = \frac{\text{Débit d'air repris (m}^3\text{/h)}}{\text{Volume de l'espace concerné (m}^3\text{)}}$$

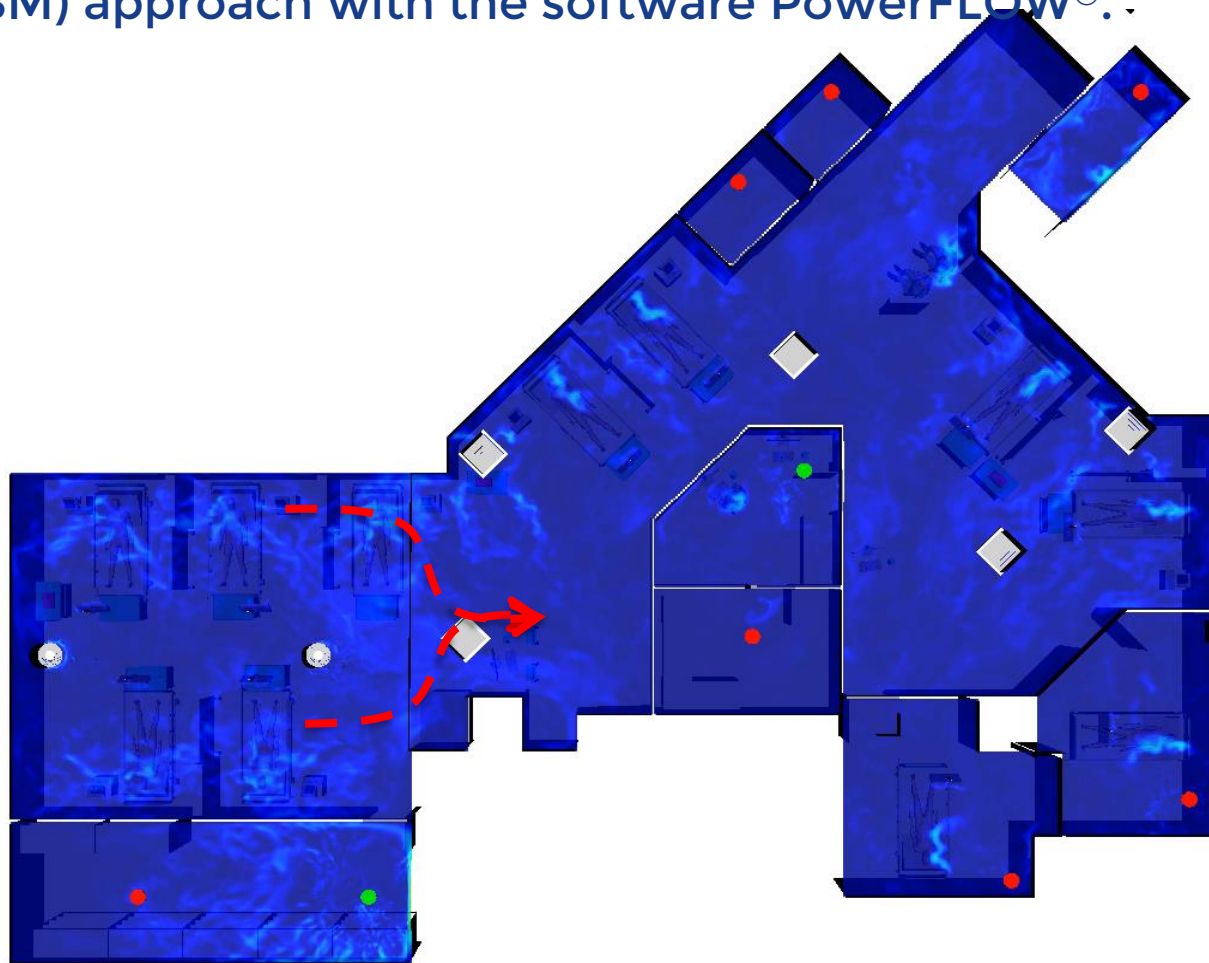


	Volume (m <sup>3</sup> )	Air flow rate (m <sup>3</sup> /h)		ACH	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
Zone_1	134.00	90	105	0.7	0.8
Zone_2	77.20	0	101	0.0	1.3
Zone_3	60.80	95	0	1.6	0.0
Zone_4	65.00	0	124	0.0	1.9
Zone_5	142.00	60	0	0.4	0.0
<b>Zone_1-&gt;5</b>	<b>479.00</b>	<b>245</b>	<b>330</b>	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>
Reserve	57.49	111	62	1.9	1.1
Nurse station	28.50	37	0	1.3	0.0
Room_1	41.60	0	205	0.0	4.9
Room_2	38.70	0	181	0.0	4.7
Cleaning	14.90	0	72	0.0	4.8
Dossier	26.70	0	52	0.0	1.9
Maintenance	9.66	0	28	0.0	2.9
Laundry	8.63	0	30	0.0	3.5
<b>Total</b>	<b>705.18</b>	<b>393</b>	<b>960</b>	<b>0.6</b>	<b>1.4</b>

Source: Mellon et al. ICHE 2025 Jan

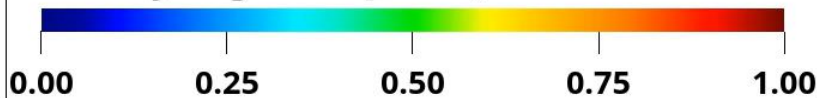
# Flux d'air : modélisation

Computational fluid dynamics (CFD): Lattice-Boltzmann Method (LBM) approach with the software PowerFLOW<sup>®</sup>.



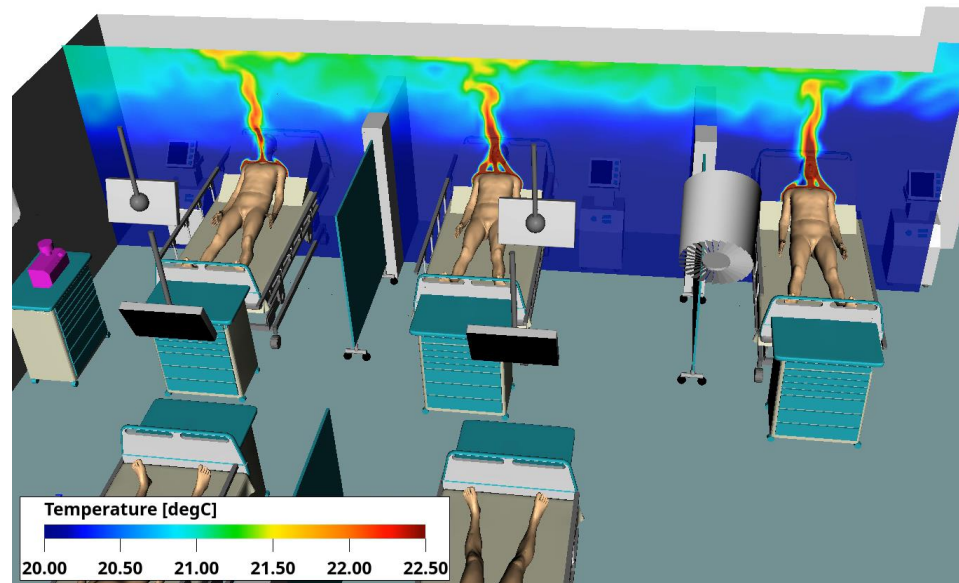
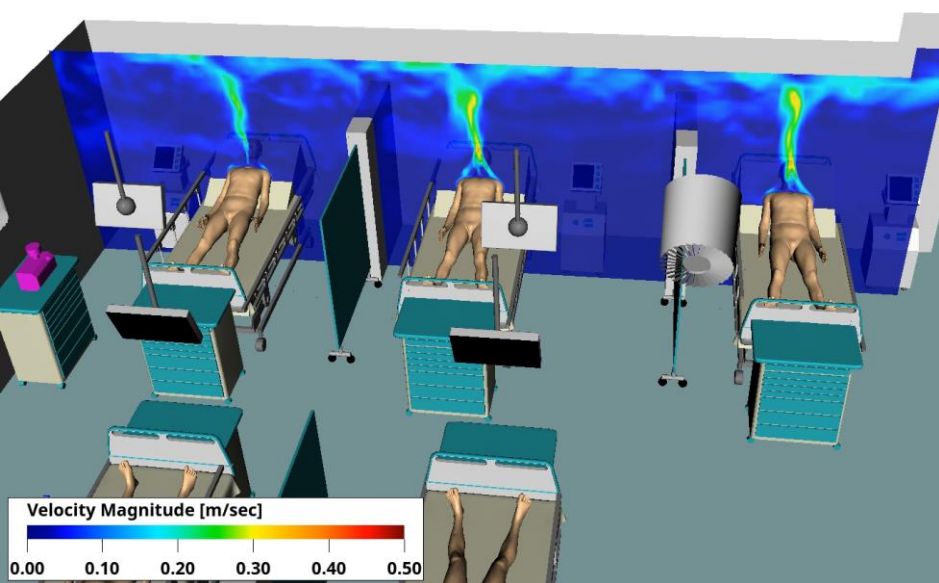
Y

Velocity Magnitude [m/sec]



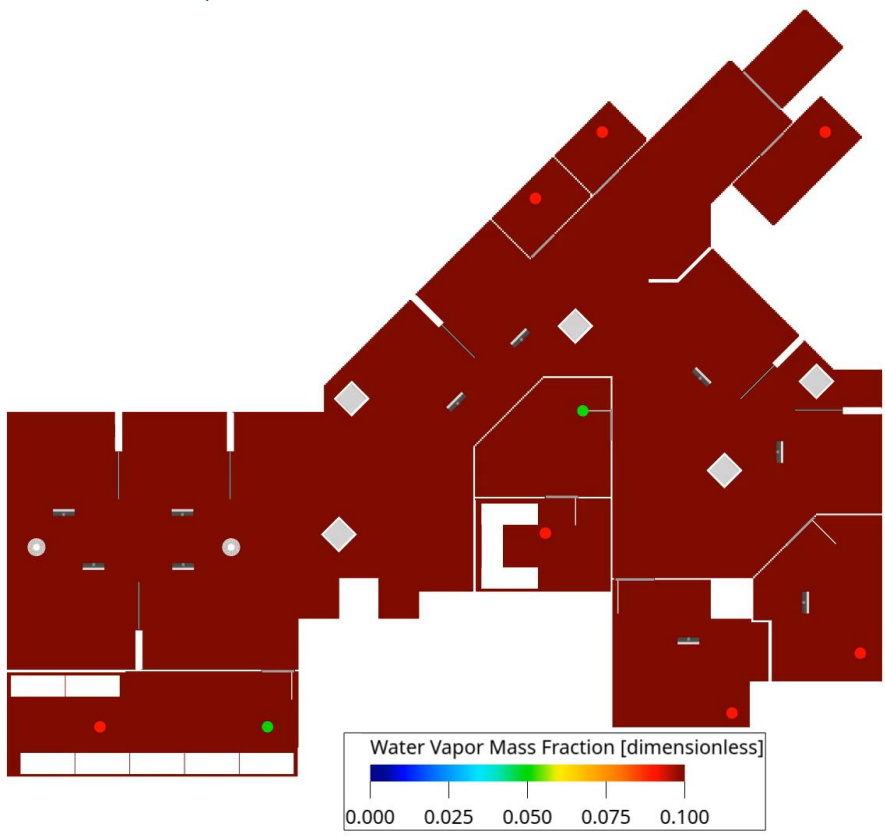
# Vitesse des flux et température

## Simulation

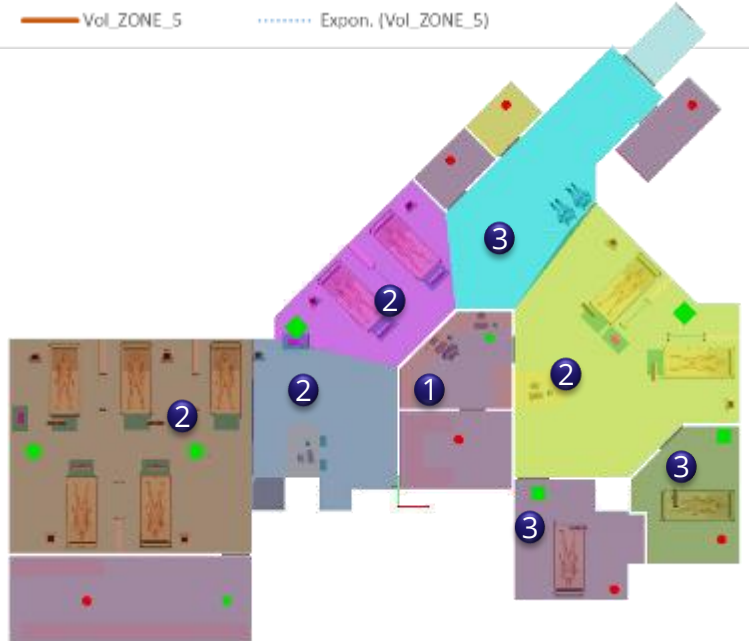
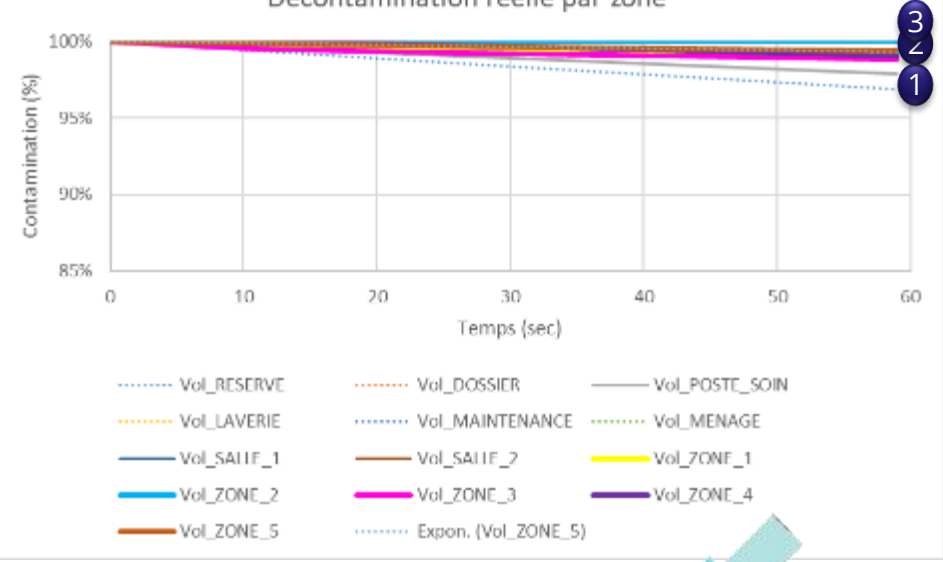


# Renouvellement d'air

## Simulation



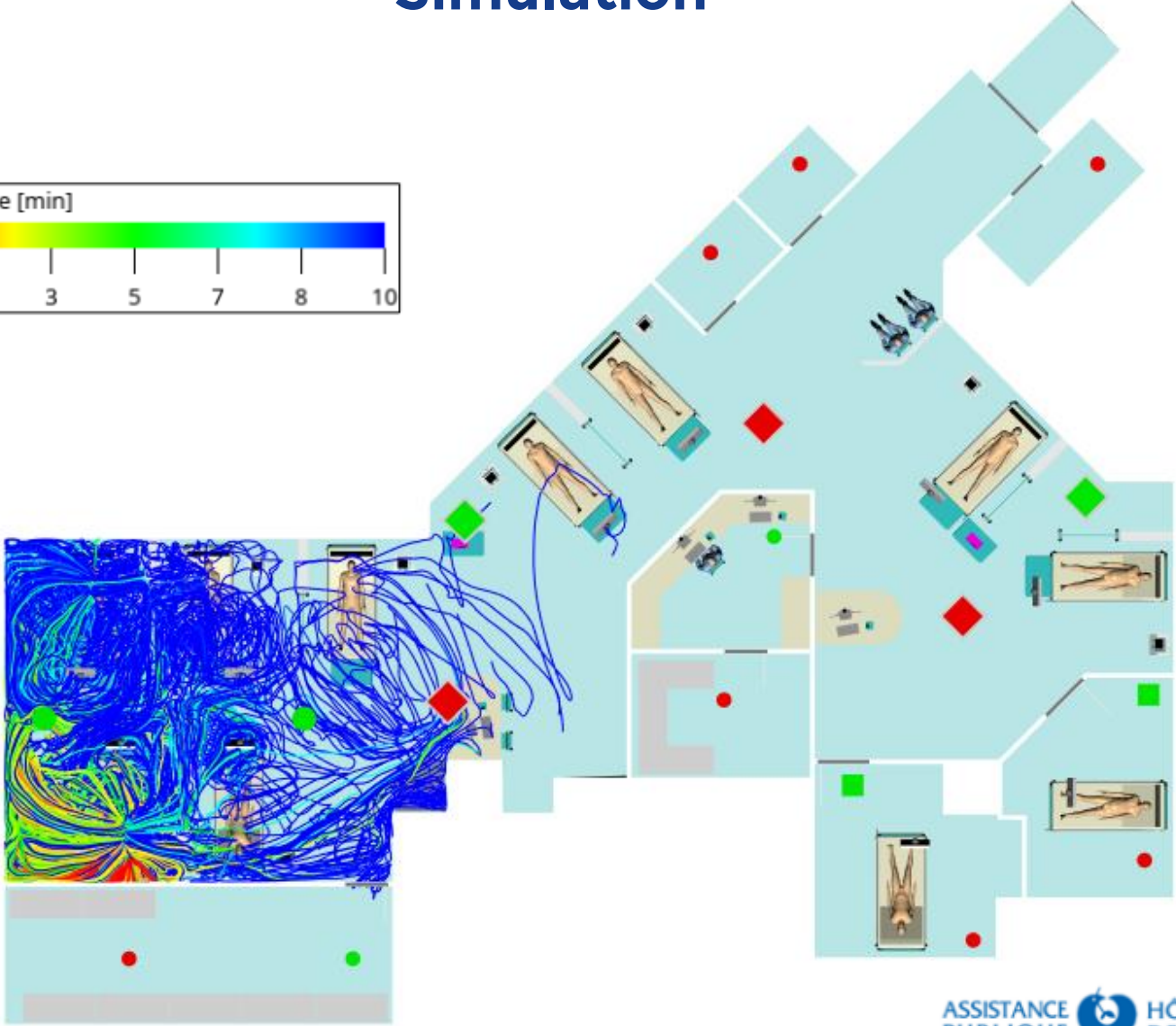
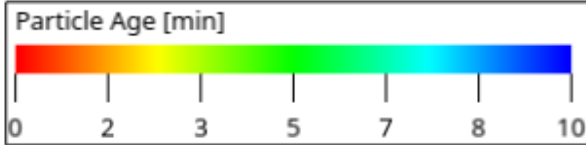
Décontamination réelle par zone





# Trajet des particules respiratoires

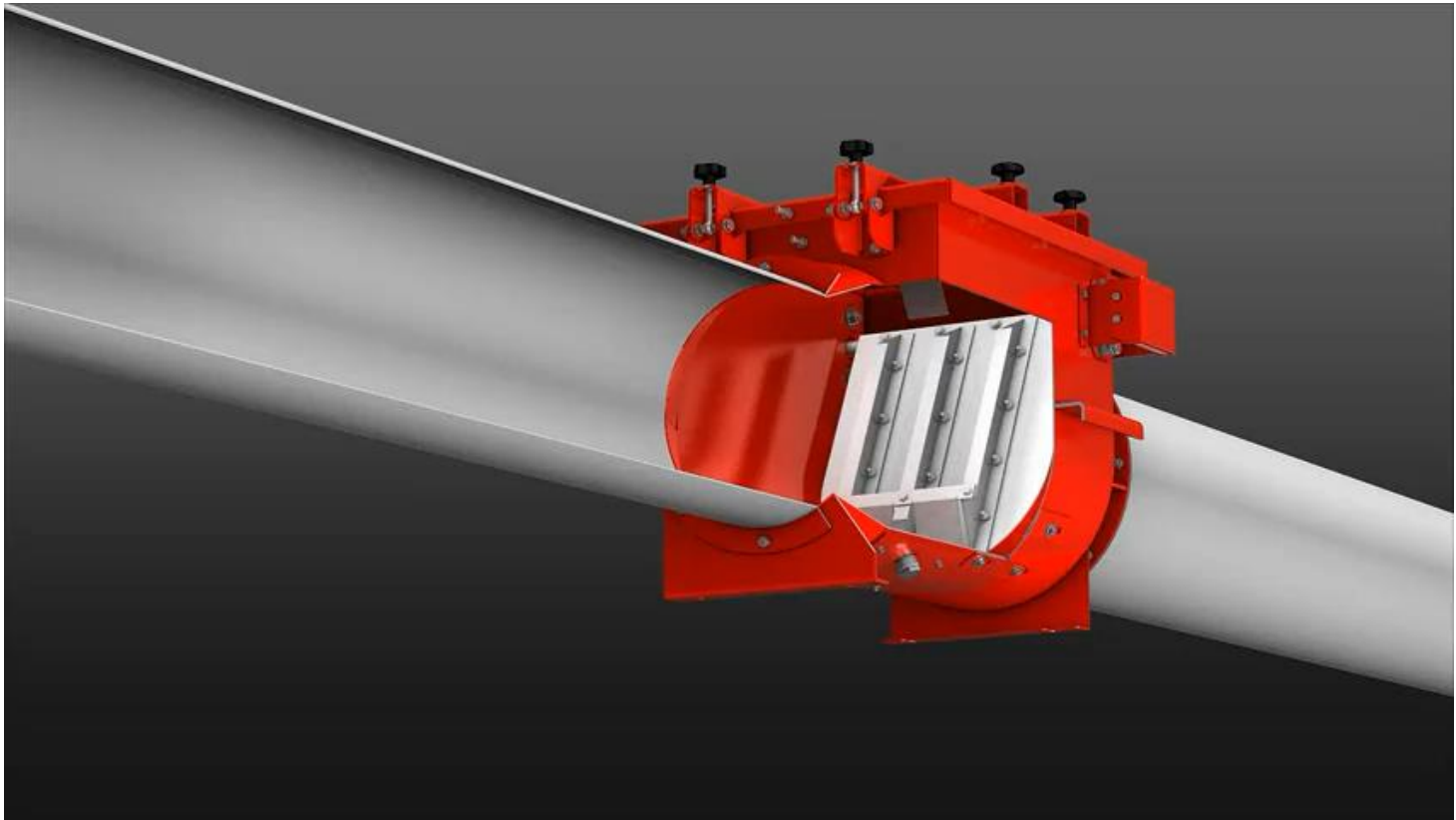
## Simulation



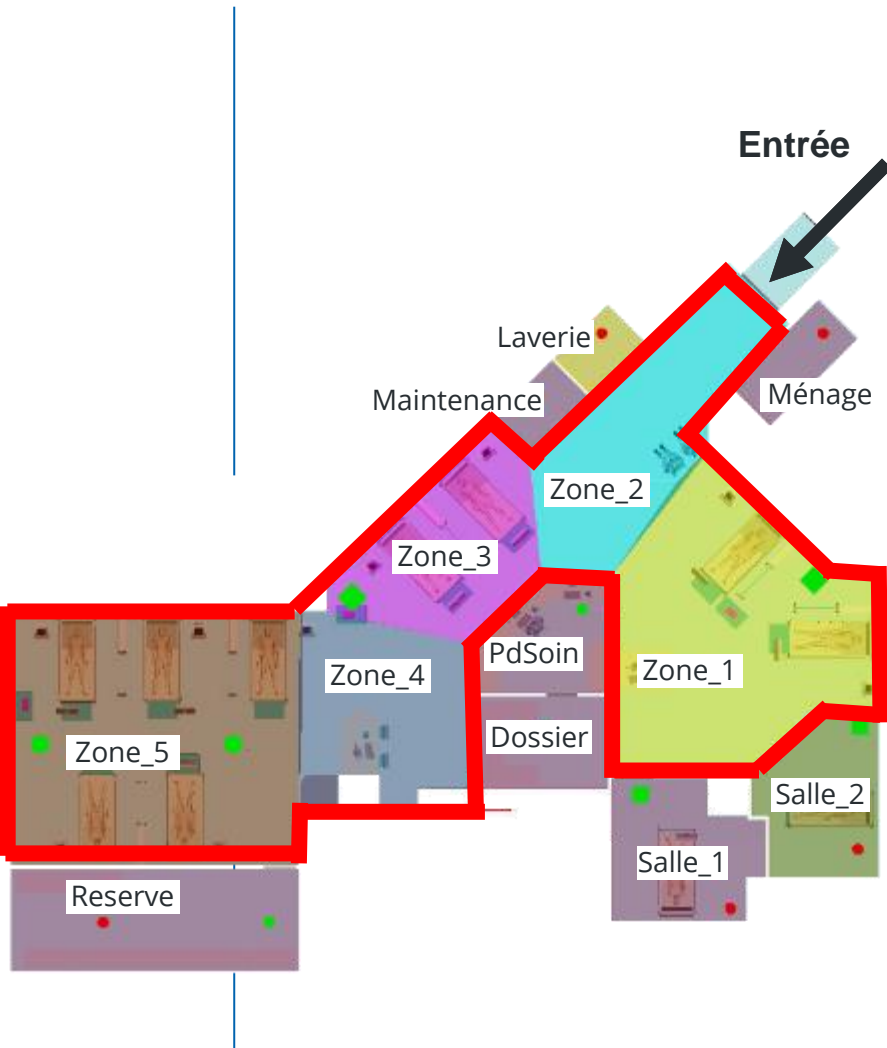


# Réalisation de la maintenance (Centrale de traitement d'air et canalisation)



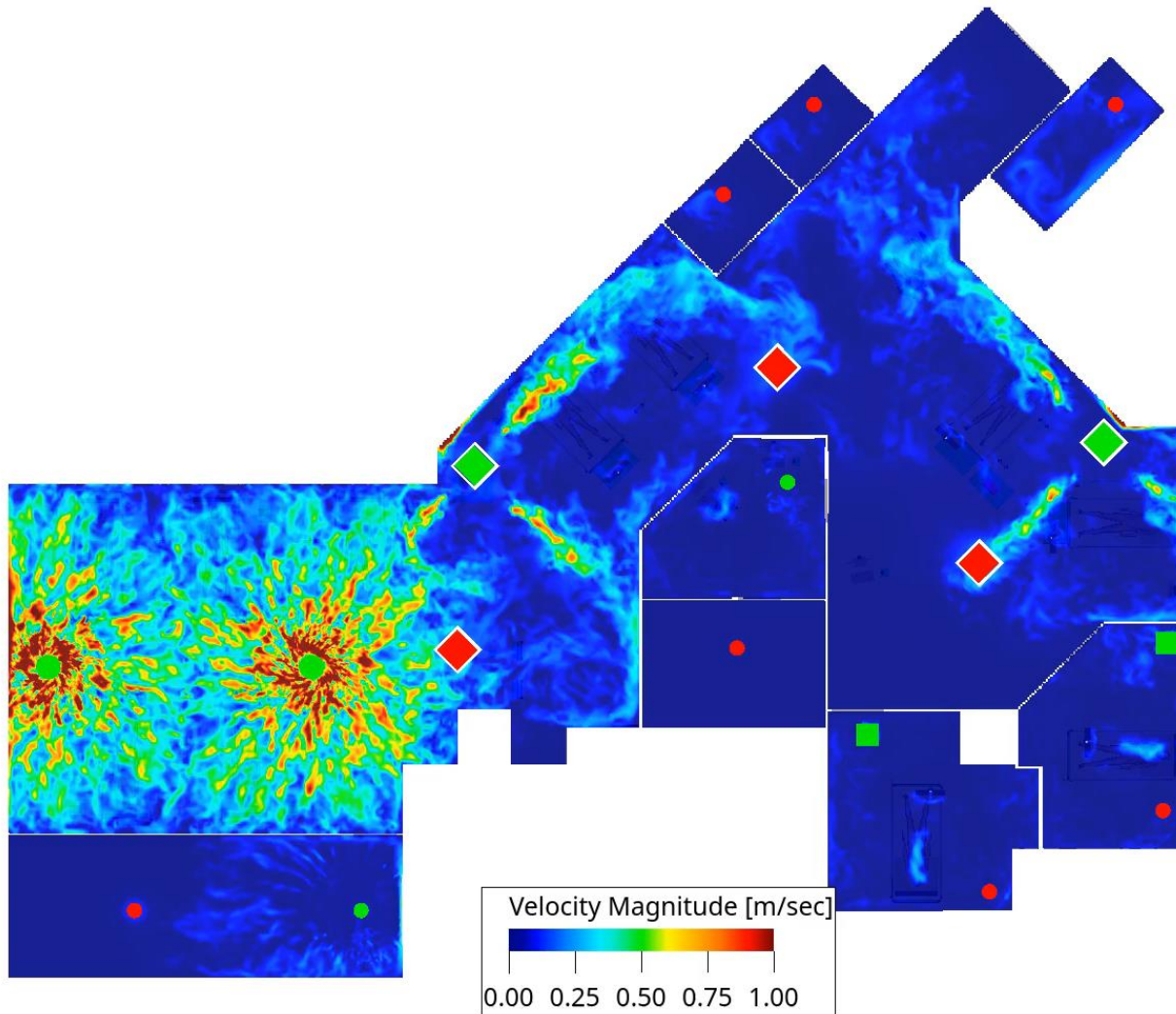


# Taux de renouvellement horaire



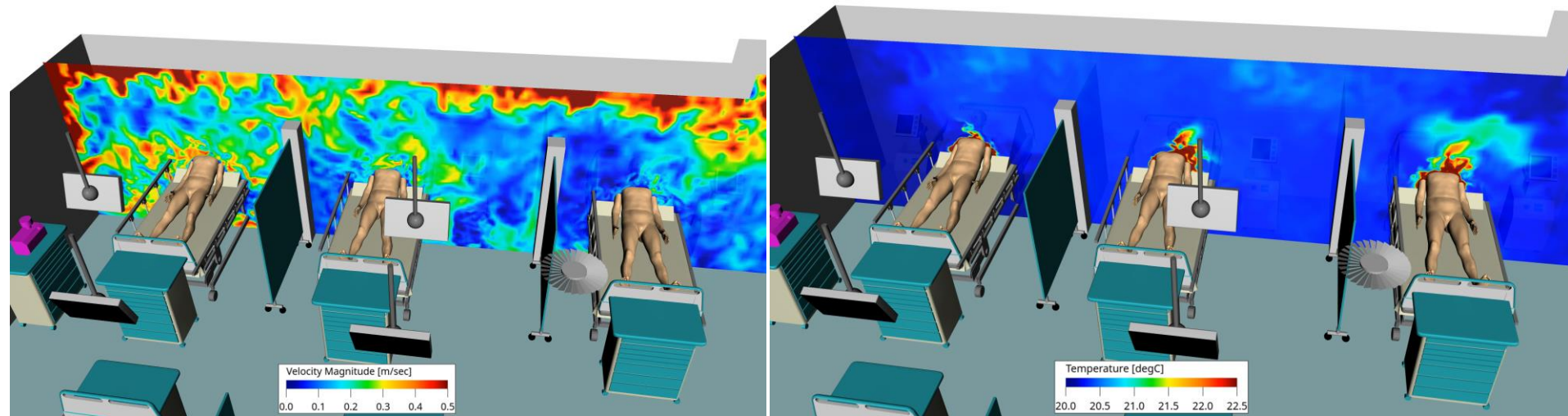
	Volume (m <sup>3</sup> )	Air flow rate (m <sup>3</sup> /h)		ACH	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
Zone_1	134.00	600	1000	4.5	7.5
Zone_2	77.20	0	1000	0.0	13.0
Zone_3	60.80	800	0	13.2	0.0
Zone_4	65.00	0	1000	0.0	15.4
Zone_5	142.00	1600	0	11.3	0.0
<b>Zone_1-&gt;5</b>	<b>479.00</b>	<b>3000</b>	<b>3000</b>	<b>6.3</b>	<b>6.3</b>
Reserve	57.49	100	100	1.7	1.7
Poste_Soin	28.50	30	0	1.1	0.0
Salle_1	41.60	200	300	4.8	7.2
Salle_2	38.70	200	300	5.2	7.8
Ménage	14.90	0	90	0.0	6.0
Dossier	26.70	0	60	0.0	2.2
Maintenance	9.66	0	30	0.0	3.1
Laverie	8.63	0	30	0.0	3.5
<b>Total</b>	<b>705.18</b>	<b>3530</b>	<b>3910</b>	<b>5.0</b>	<b>5.5</b>

# Flux d'air : modélisation



# Vitesse des flux et température

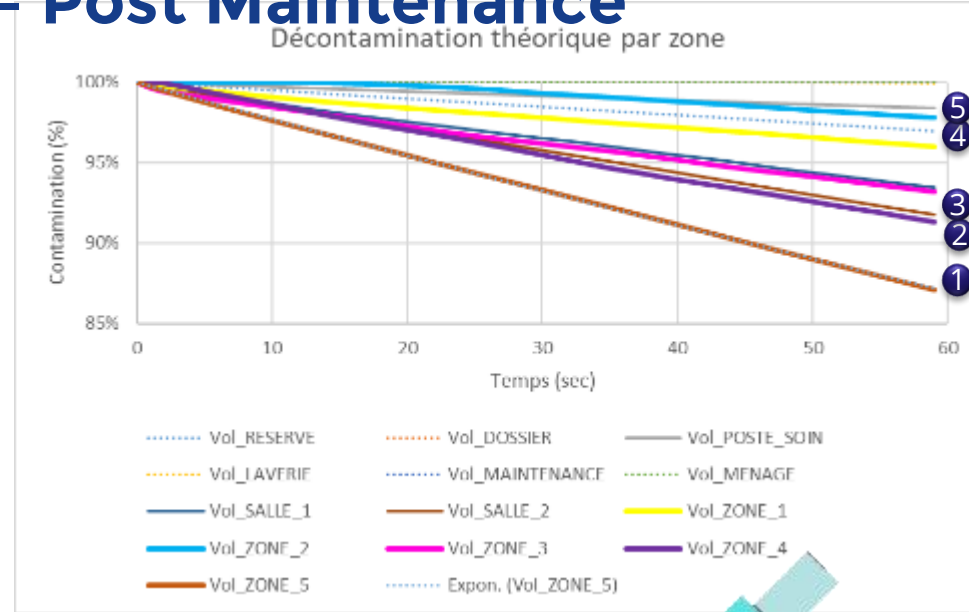
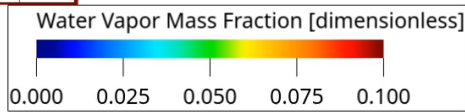
## Simulation – Post Maintenance





# Renouvellement d'air

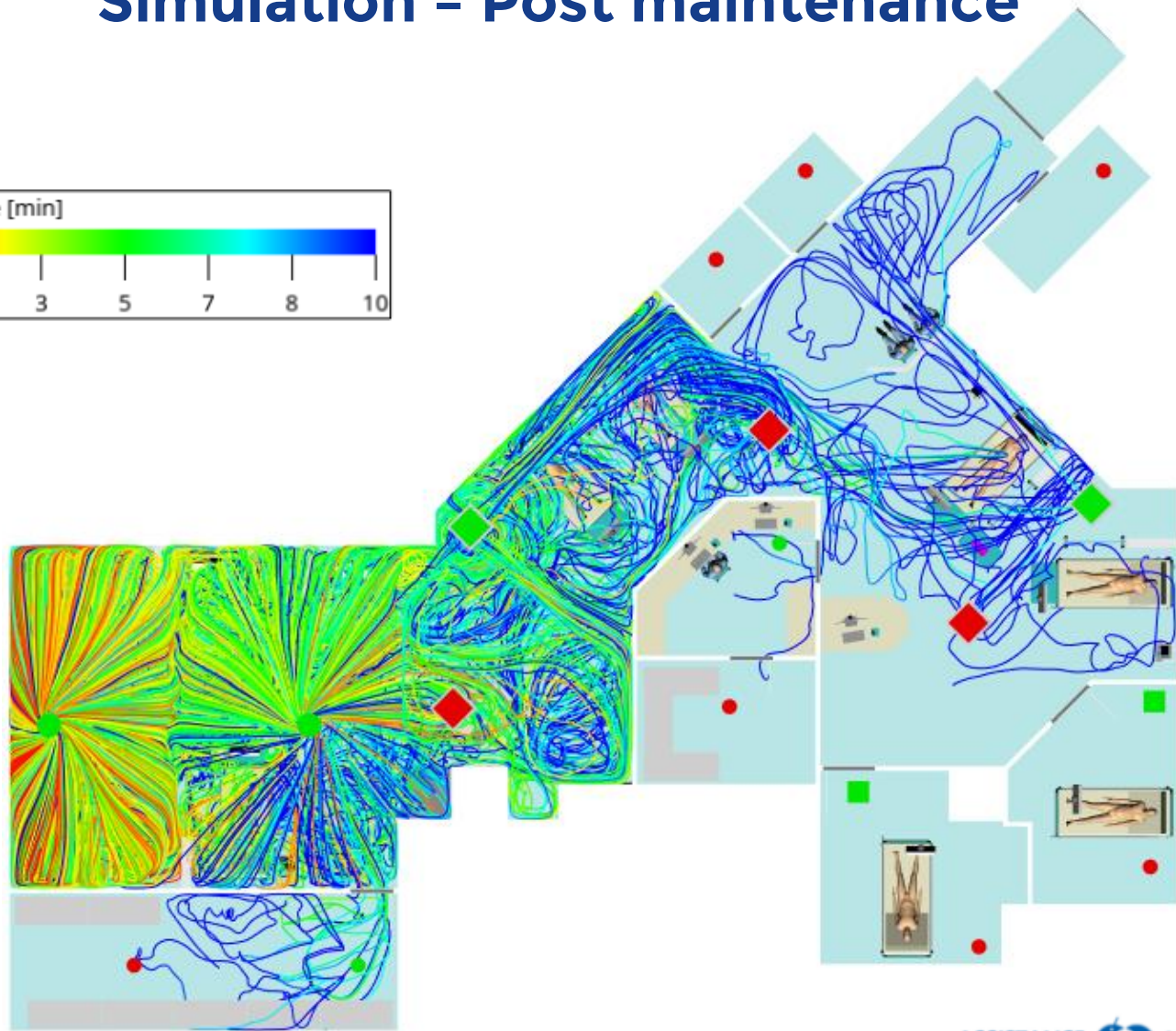
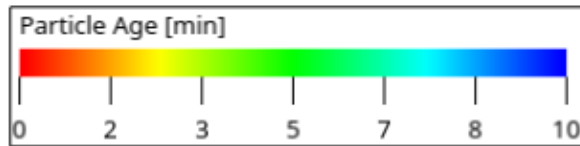
## Simulation – Post Maintenance



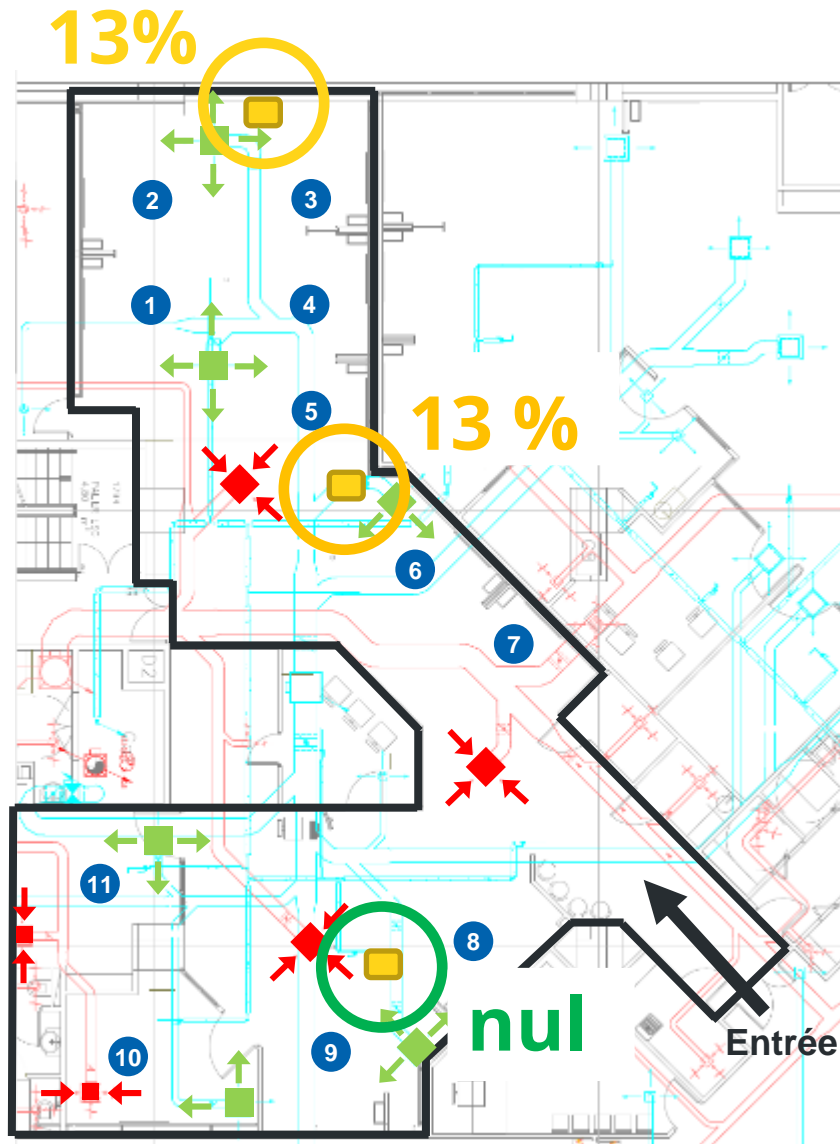




# Trajet des particules respiratoires

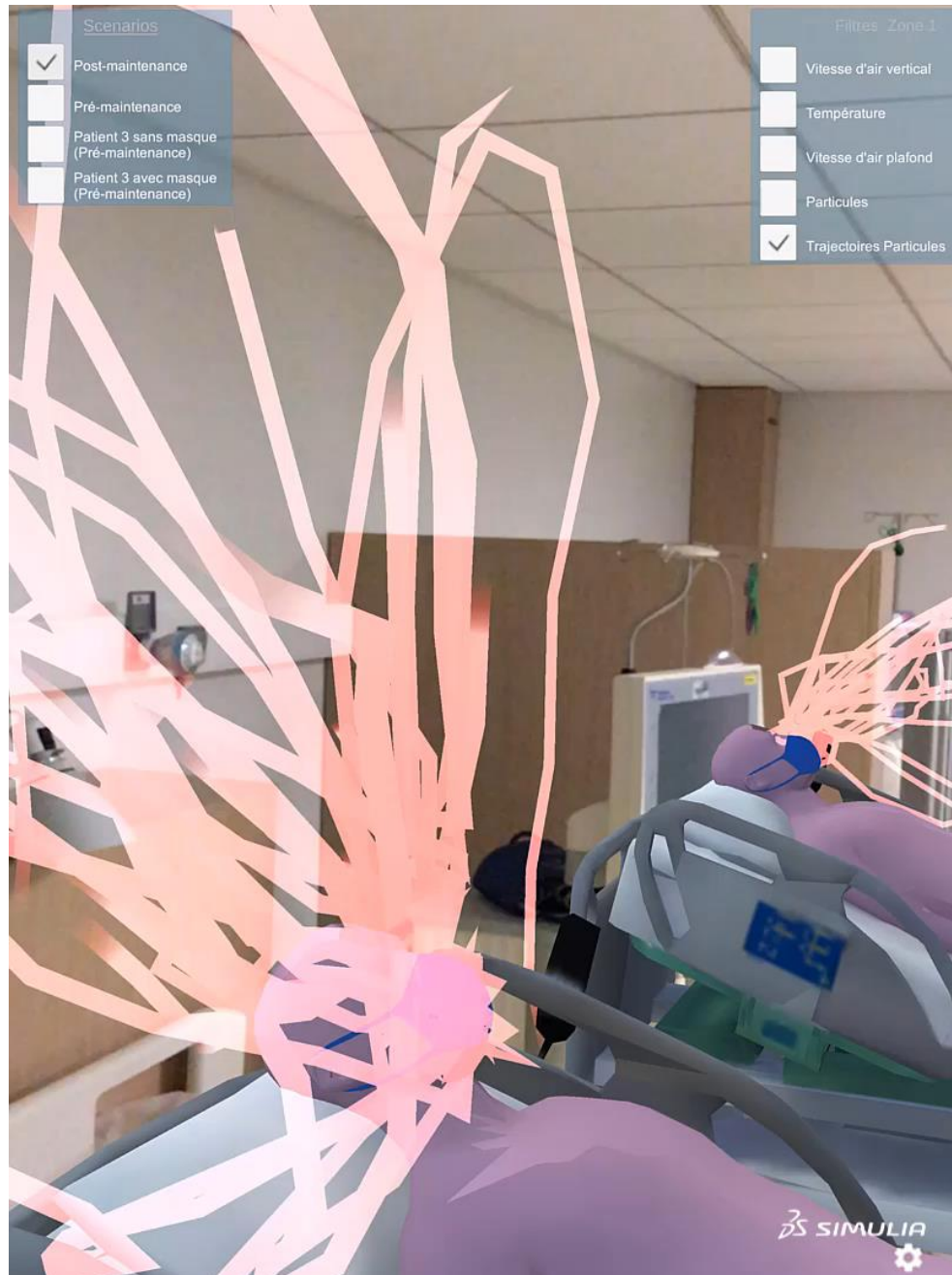
## Simulation - Post maintenance



# Unité de dialyse - Détection virale



-  Positionnement des patients
-  Bouche de soufflage (air neuf)
-  Bouche d'extraction
-  Echantillonneur d'air



# Conclusion

- **Prévention des risques infectieux:** actions transversales; importance de la collaboration avec les services techniques
- **Taux de renouvellement horaire global d'un espace de soins ouvert:** marqueur incertain de l'efficacité du traitement de l'air
- **Maintenance des systèmes de ventilation:** indispensable au sein des espaces de soins et des zones à environnement maîtrisé



# Merci pour votre attention

