

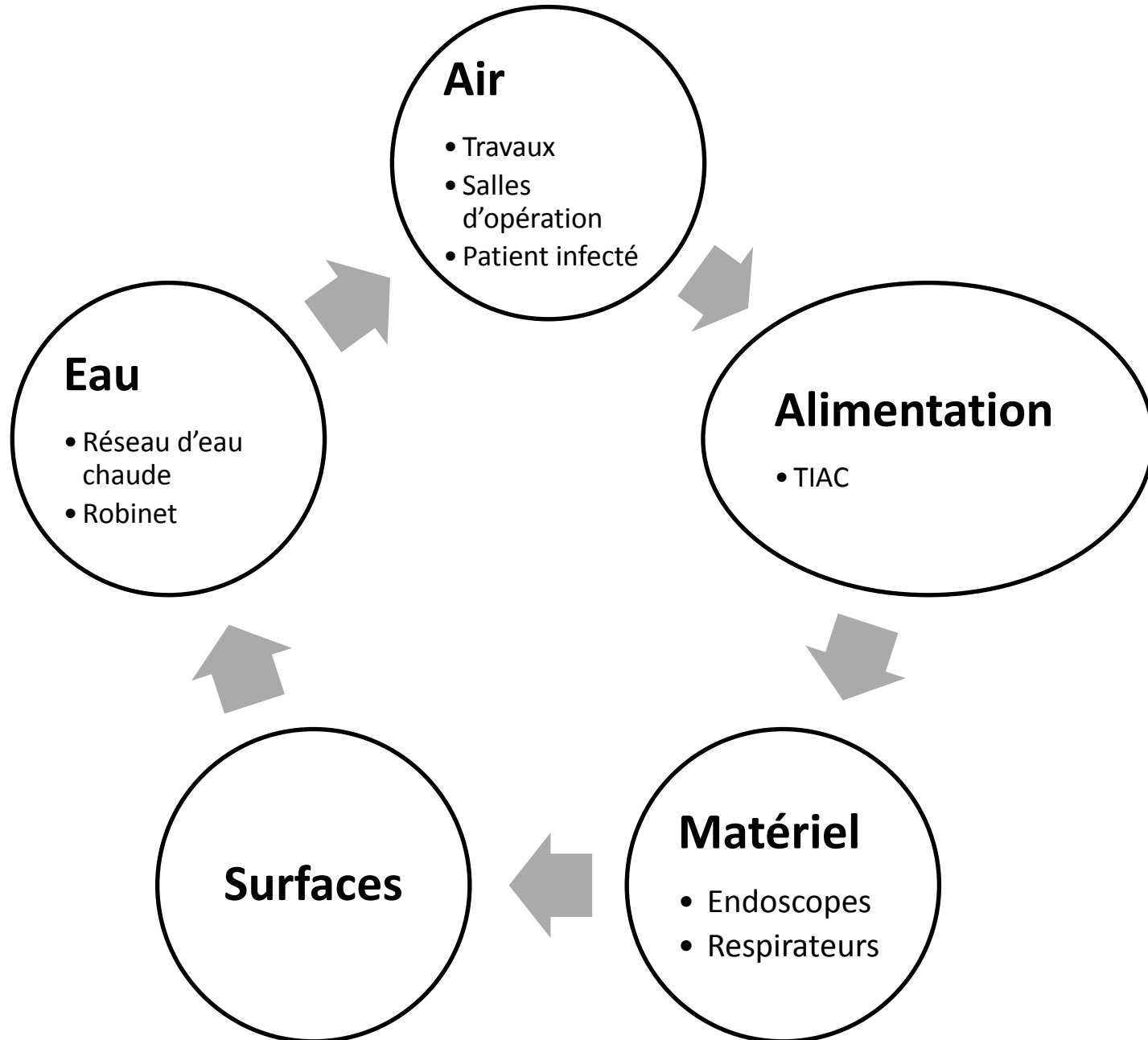
Rôle de l'environnement dans les Infections Associées aux Soins

Quelques clés utiles à la réflexion

Olivier Castel

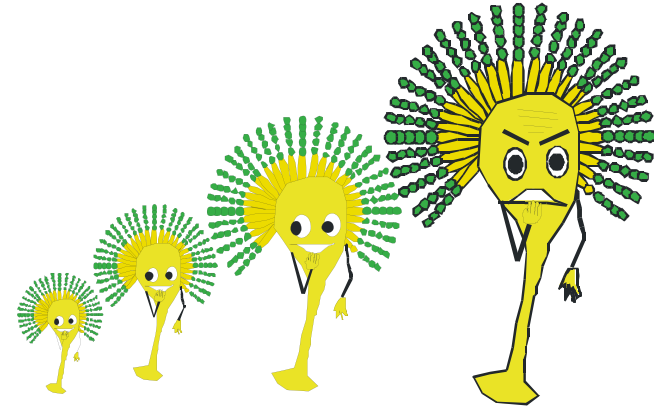
EOHH-CHU de Poitiers

Sources et modes de transmission environnementale

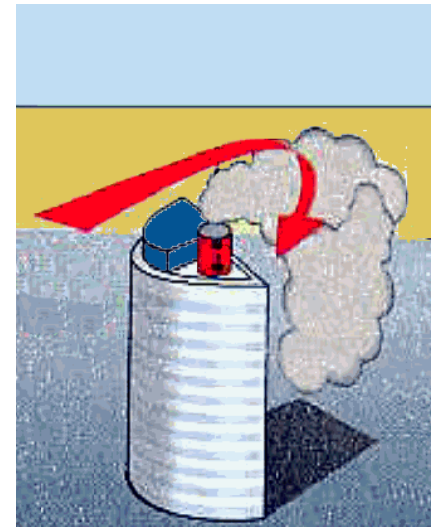


Les grands classiques connus de tous

Aspergillus fumigatus
et travaux



Legionella pneumophila
et réseaux d'eau



Surfaces et transmission environnementale

Surface

**Surface
contaminée**

Survie

**Patient
contaminé**

**Patient
infecté
porteur**

Personne

Microorganisme

Accessibilité

Air

Matières organiques

Eau

RH

T°

UV

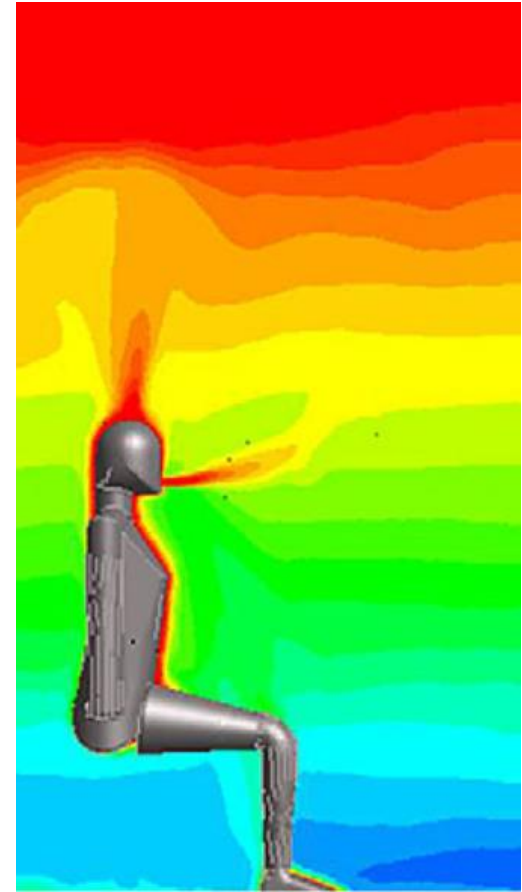
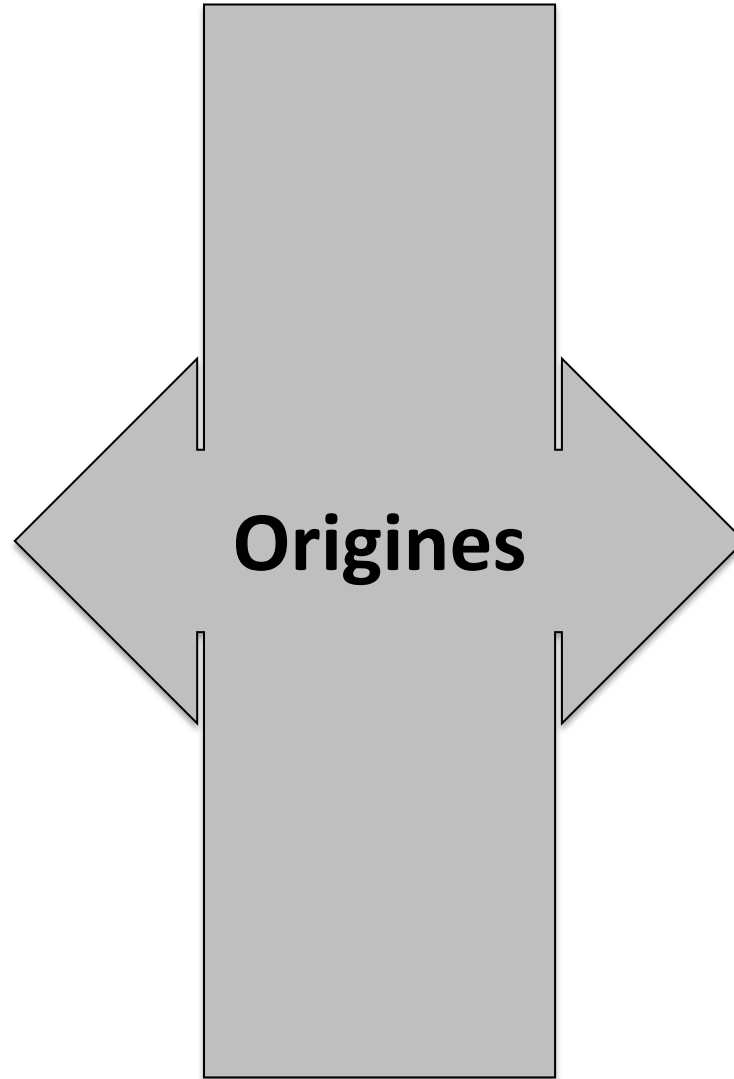
...

Etude de 19 articles confirmant la contamination de l'environnement proche d'un patient infecté

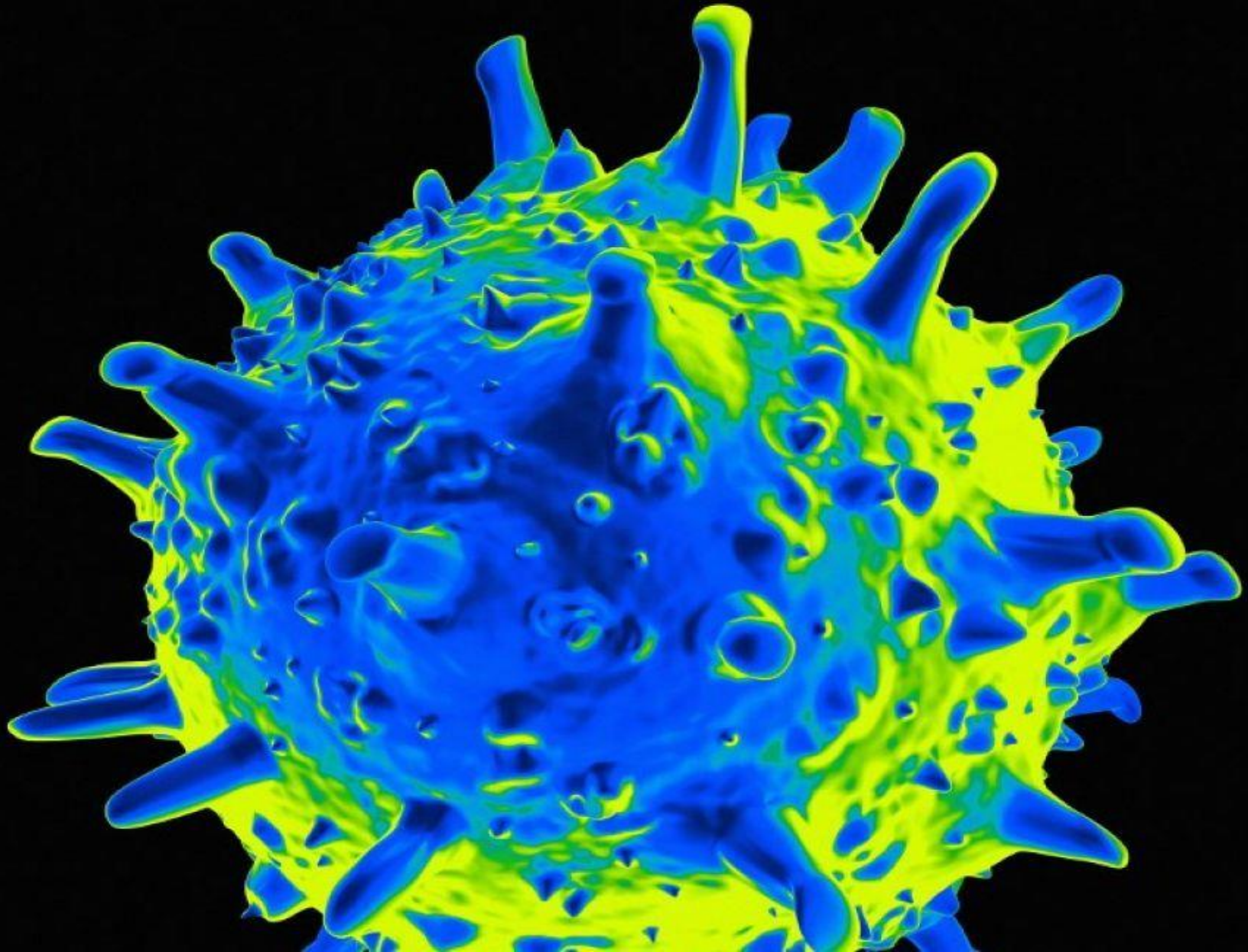
	VRE	SAMR	<i>C. difficile</i>
Barrières de lit	+++++++	+	+++
Adaptable	+++++++	+	
Poignées de portes	++	++	+
Portes	+++	+	
Sonnettes	+++	+	++
Fauteuil	++	+	++
Tablettes	+++	++	
Surface toilettes	+		++++
Radiateur	+	+	+++
Bassin			+

+ = 1 article

Air et transmission par l'environnement



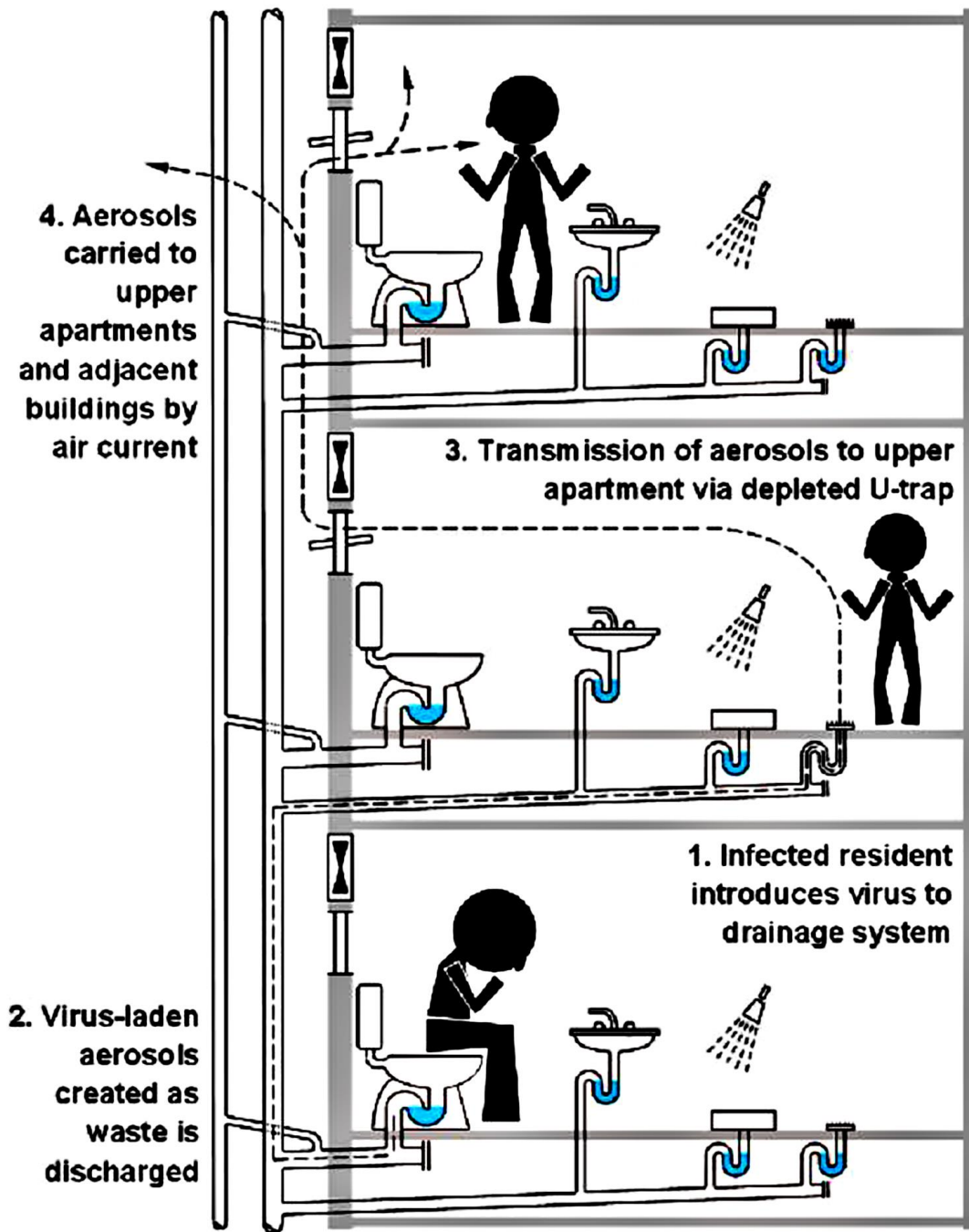
Exemple 1



Exemple 1



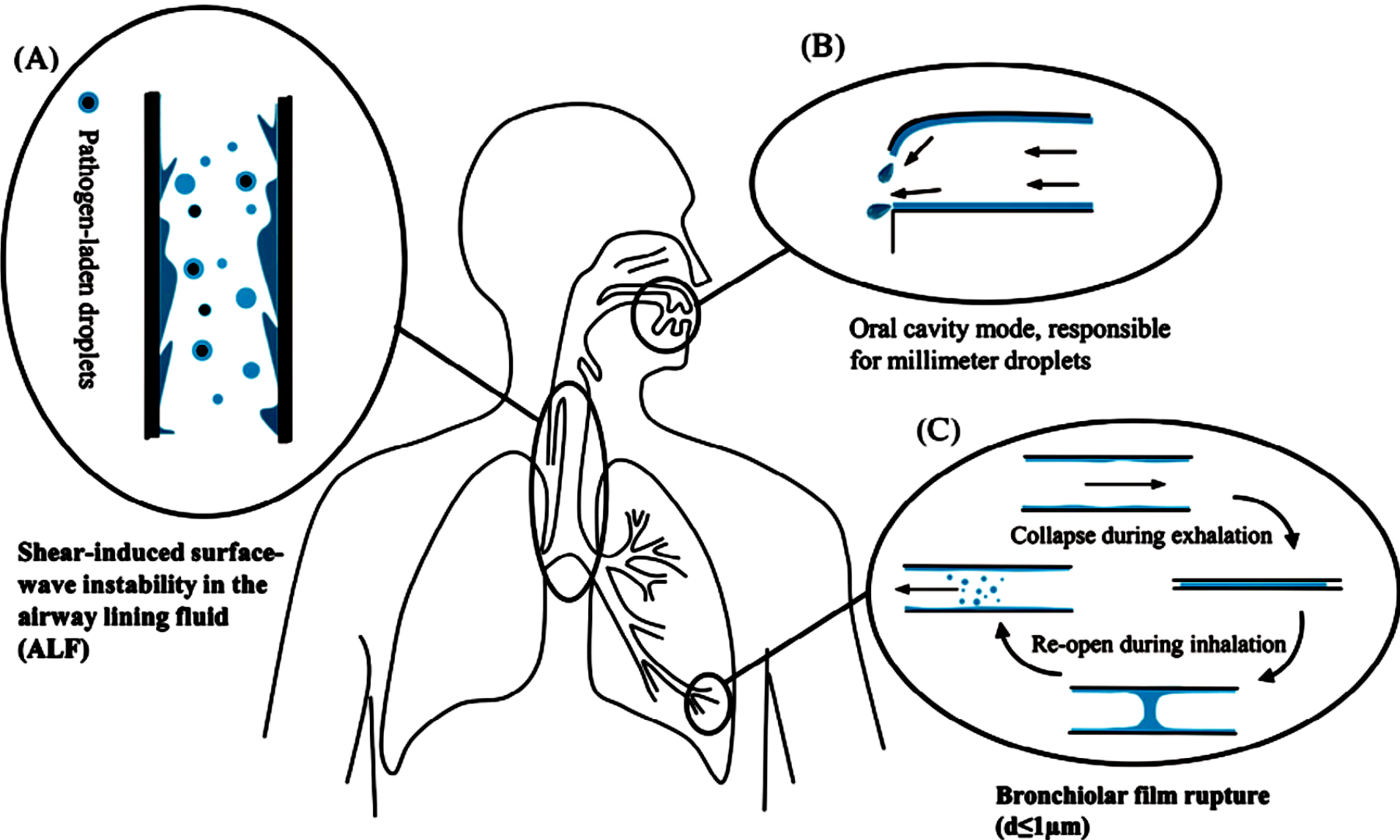
- Mars/avril 2003 : Epidémie de SRAS à Hong Kong
- « Super-spreading event » dans le quartier Amoy Gardens
 - 341 cas , 42 décès
- L'enquête montrera que le coronavirus circulait verticalement dans les canalisations des salles de bain, se répandant à une vitesse prodigieuse d'un appartement à l'autre.
- Système sanitaire de plomberie mis en cause
 - Siphons de sol
- Démonstration par un modèle avec *Pseudomonas putida*



A cartoon illustration on a light-colored background. On the right, a hand holds a black megaphone with a red interior, blowing air towards the left. In the center and left, several blue circular cells are shown. Some cells contain red, bean-shaped organisms with eyes. One cell in the foreground has two such organisms, one of which is looking out. Other cells are shown with red particles being expelled from them. The overall scene depicts the process of a cell expelling associated microorganisms.

**Expulsion des particules
Microorganismes associés**



Les 3 mécanismes générant des gouttelettes



Mécanismes générant des gouttelettes

	<i>Bronchiolar fluid film burst rupture</i>	<i>Laryngeal mode</i>	<i>Oral cavity mode</i>
	$d \leq 1 \mu\text{m}$	$d \geq 1 \mu\text{m}$	$d \geq 100 \mu\text{m}$
Respiration	+++		
Parlé simple		+	
Parlé forcé		+++	+++
Toux		+++	+++
Eternuement		+++	+++

Les flores bactériennes de l'arbre respiratoire

	Flore	
	Qt	Espèces majoritaires
Nasopharynx	0.03 à 400 x 10 ⁶ CFU/ml	<i>Neisseiria, Haemophilus Streptococcus, Staphylococcus</i>
Oropharynx		
Cavité buccale	750 x 10 ⁶ CFU/ml	<i>Streptococcus, Entérocoques</i>
Larynx	Non colonisé	
Trachée	habituellement	
Bronches	(Inhalation par nuit	
Bronchioles	0.01 à 0.2 ml/nuit)	

**Ce que
l'on peut
retenir**

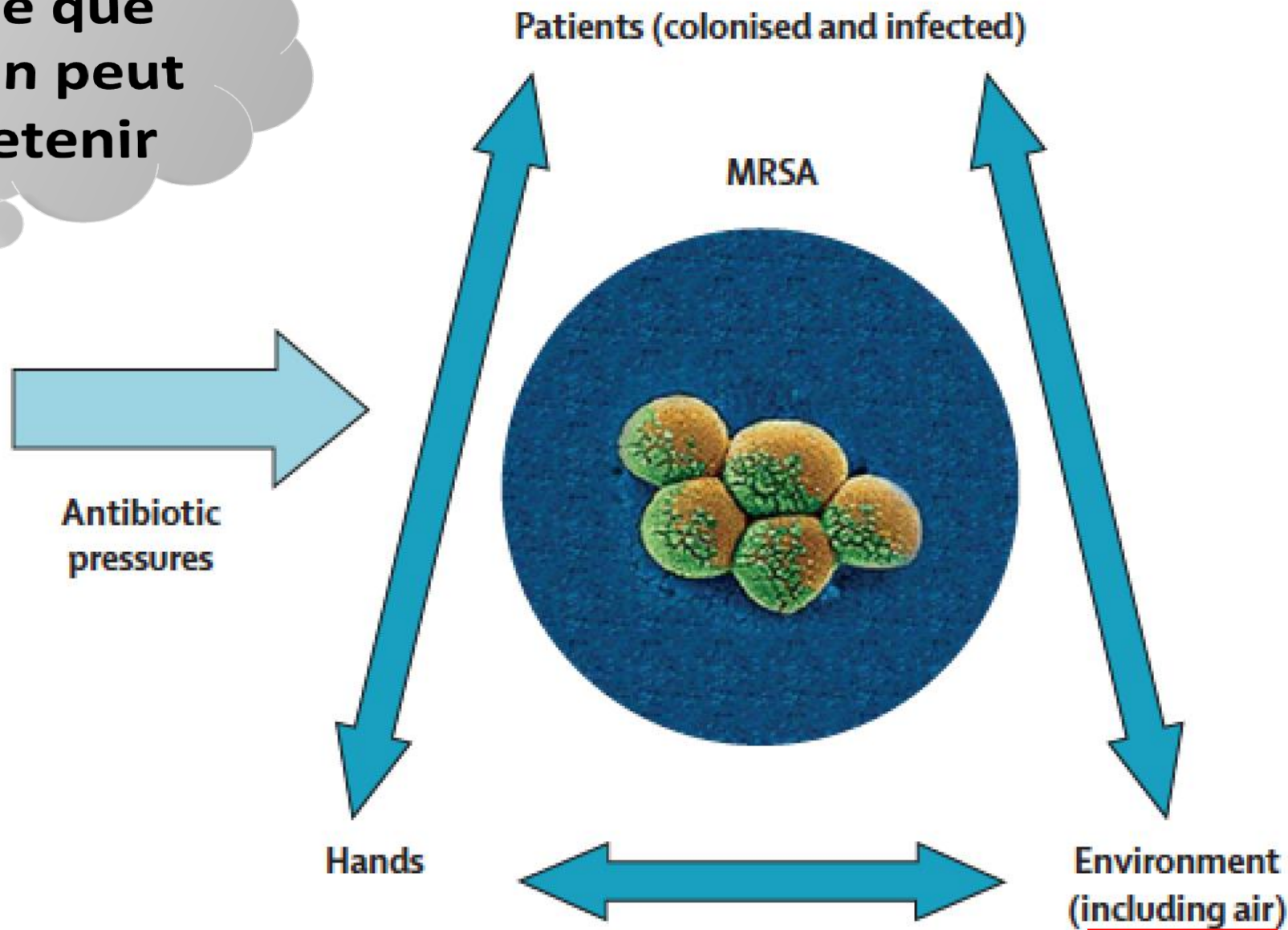
Chez un individu
sain

- Respiration : pas de rejet
- Parlé + Toux : rejet BMR si porteur sain

Si présence
d'une pathologie
respiratoire
infectieuse

- Respiration : rejet virus/bactéries si responsable
- Rejet BMR si portage associé

Ce que
l'on peut
retenir



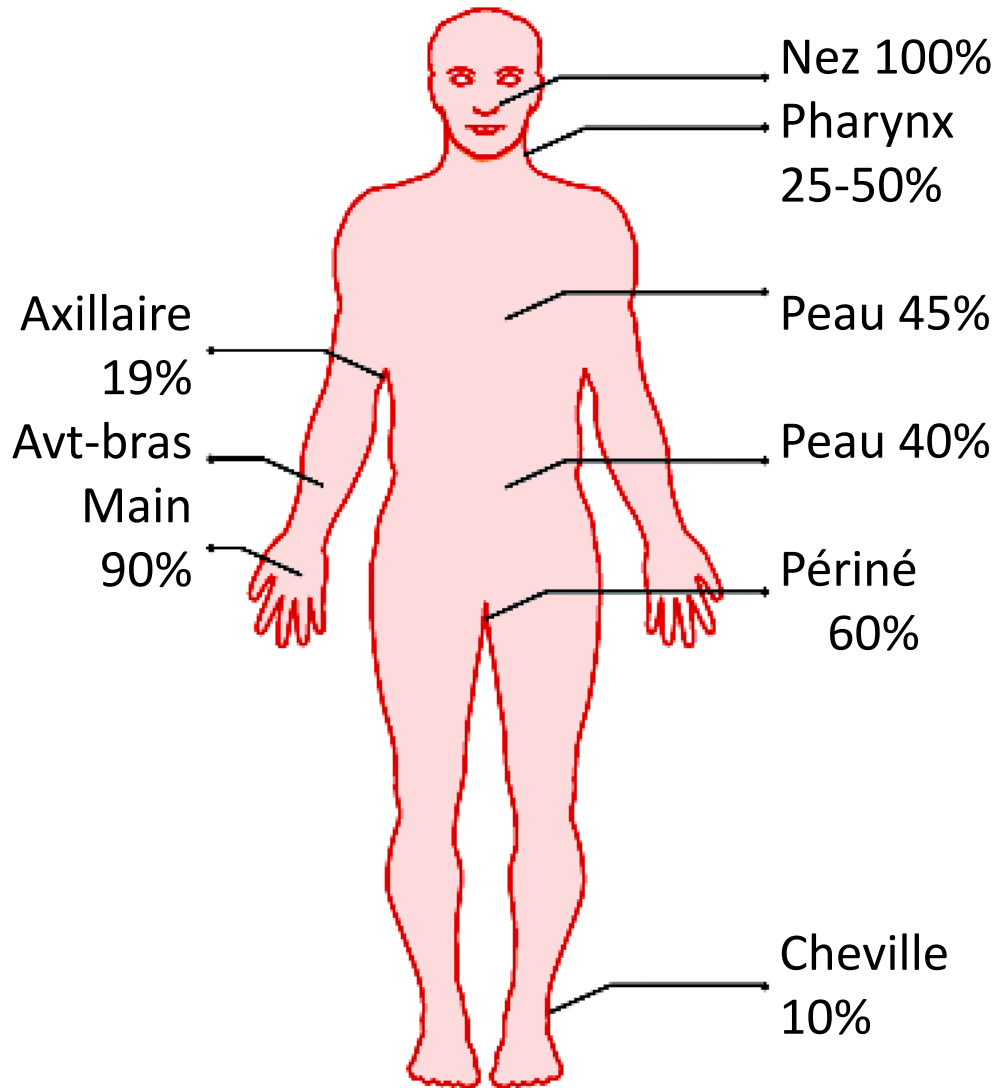
Ce que l'on peut retenir

Les porteurs de SAMR au niveau du nasopharynx rejettent environ 1 CFU pendant 1.8 heures de conversation.

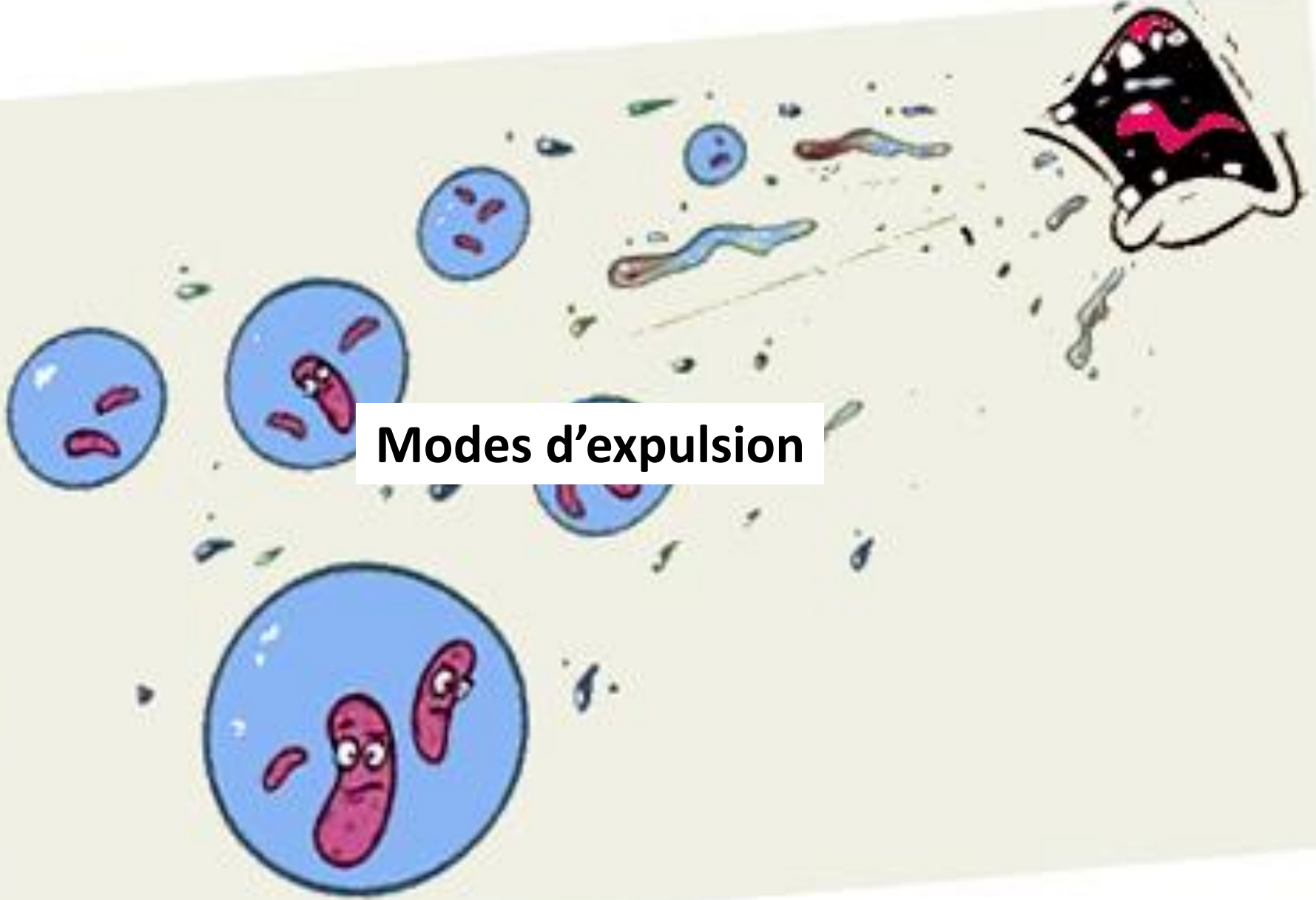
Les SAMR contaminent l'environnement :

- lors de la toux
ou de l'éternuement ;
- par les squames de la peau ;
- par contact.

Distribution de SAMR
Chez un porteur au niveau du nez



Modes d'expulsion

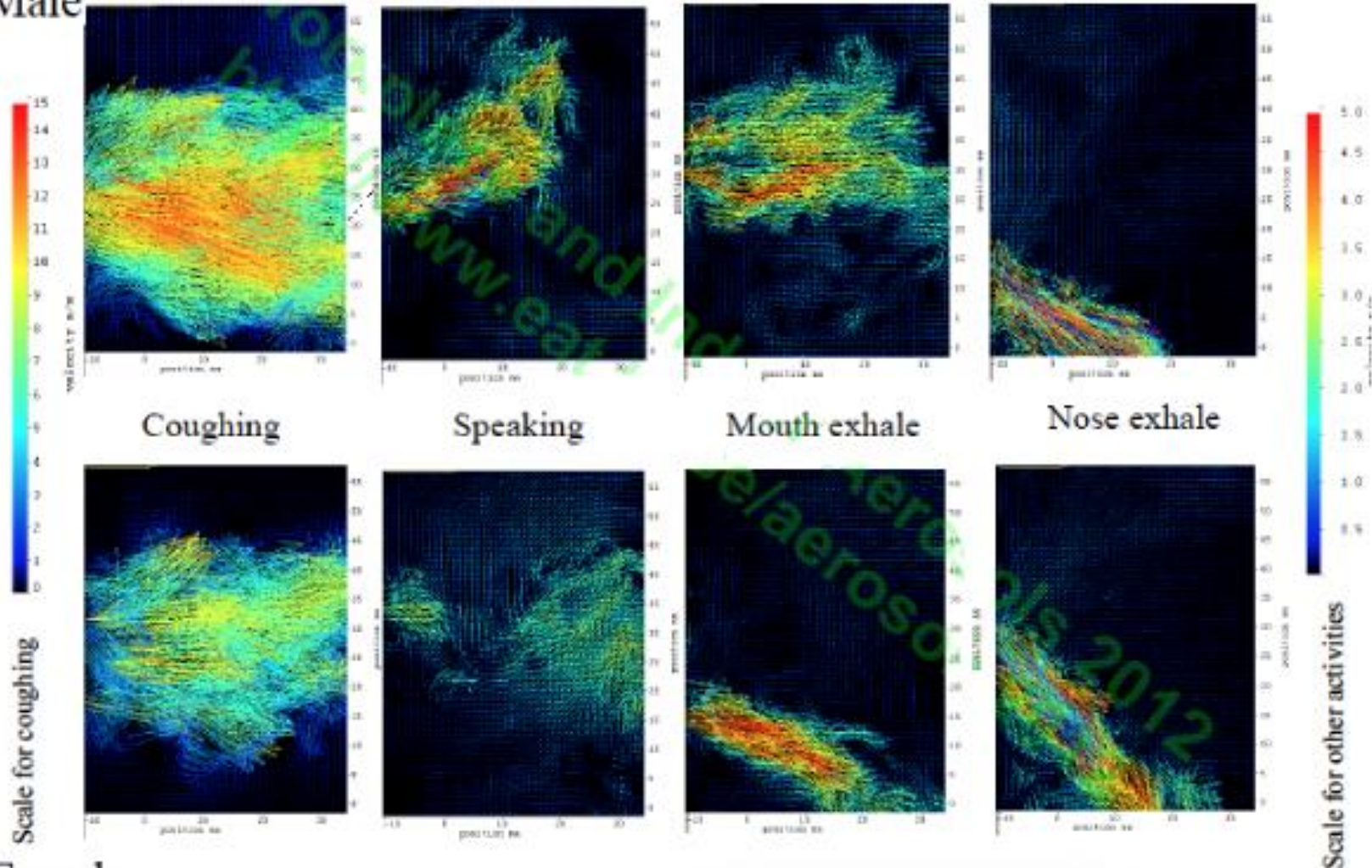


Modes d'émission par la sphère ORL

Vitesse du rejet d'air

mesuré par vélocimétrie par images de particules (PIV)

Male



Female

Caractéristiques des gouttelettes selon le mode d'émission

	Gouttelettes	
	Nb / litre expiré	Taille
Respiration	1 – 320	0.1 – 8 μm
Parole	4 – 600	0.1 – 12 μm
Toux	24 – 26 000	0.1 – 16 μm
Eternuement	40 000	0.1 - > 100 μm

Distance (et vitesse) parcourue par une gouttelette en fonction du mode d'émission

Respiration

0.1-1 m/s < 1 m




Parole

1-5 m/s 1-2 m




Toux

10-20 m/s > 2 m

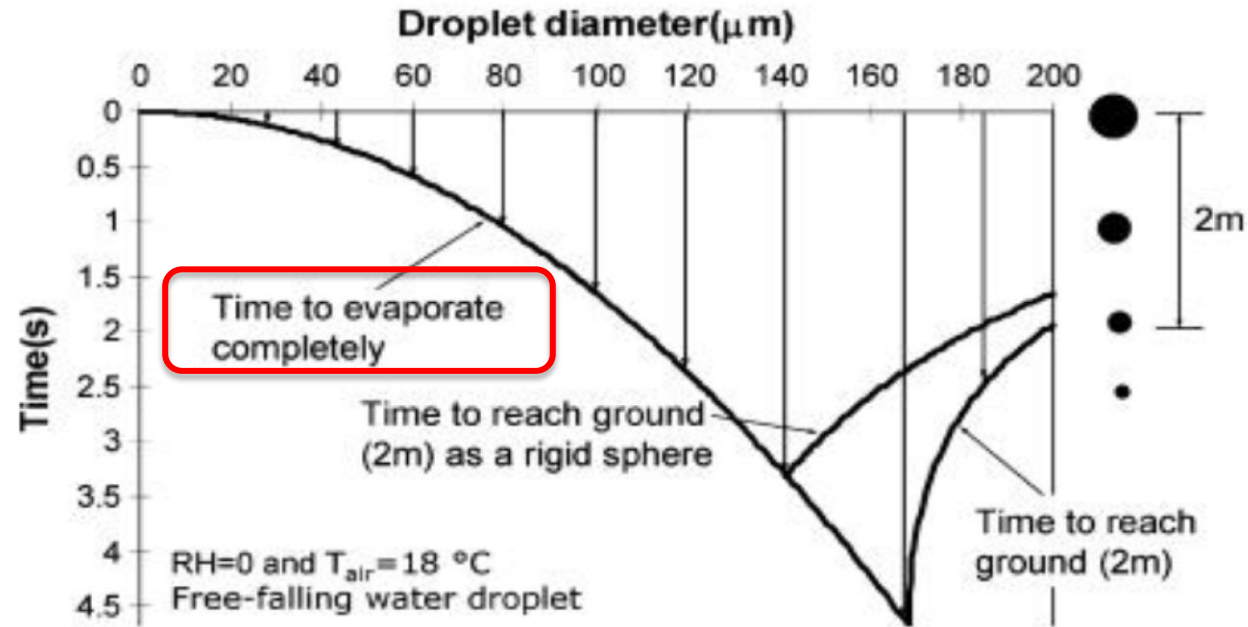


Eternuement

50 m/s > 6 m



Distance (et vitesse) parcourue par une gouttelette en fonction du mode d'émission



Respiration

0.1-1 m/s < 1 m

Parole

1-5 m/s 1-2 m

Toux

10-20 m/s > 2 m

Eternuement

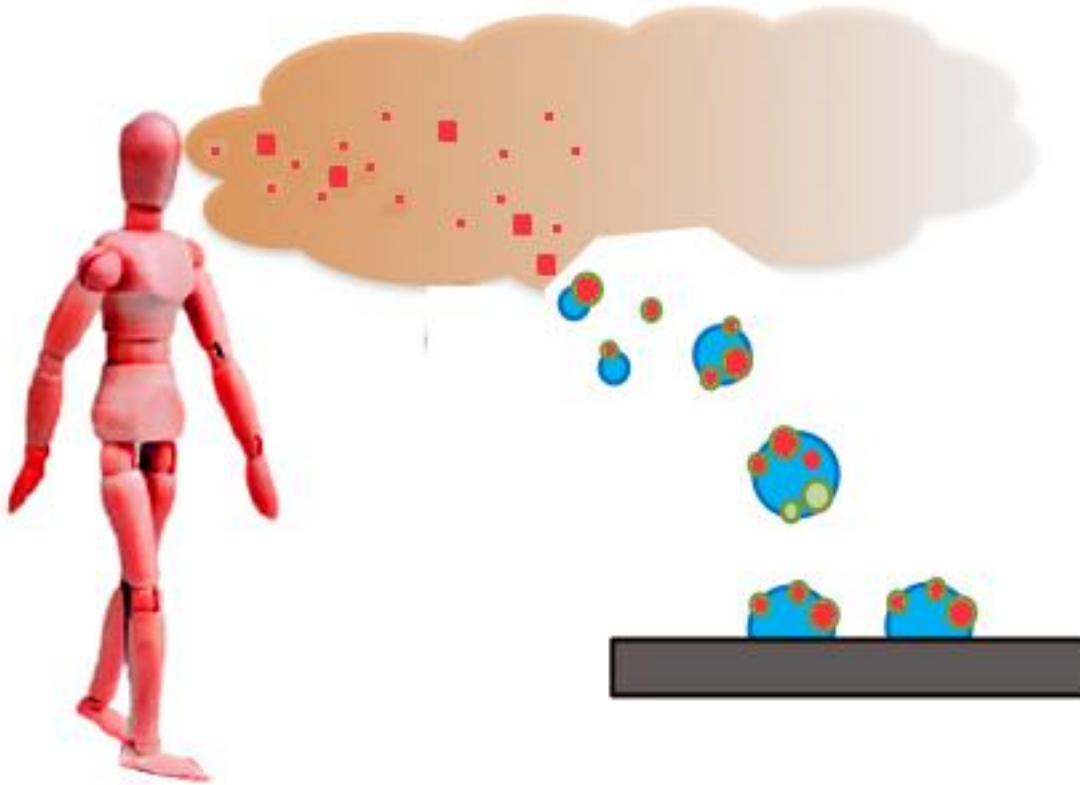
50 m/s > 6 m

Vitesse d'éjection

Distance parcourue

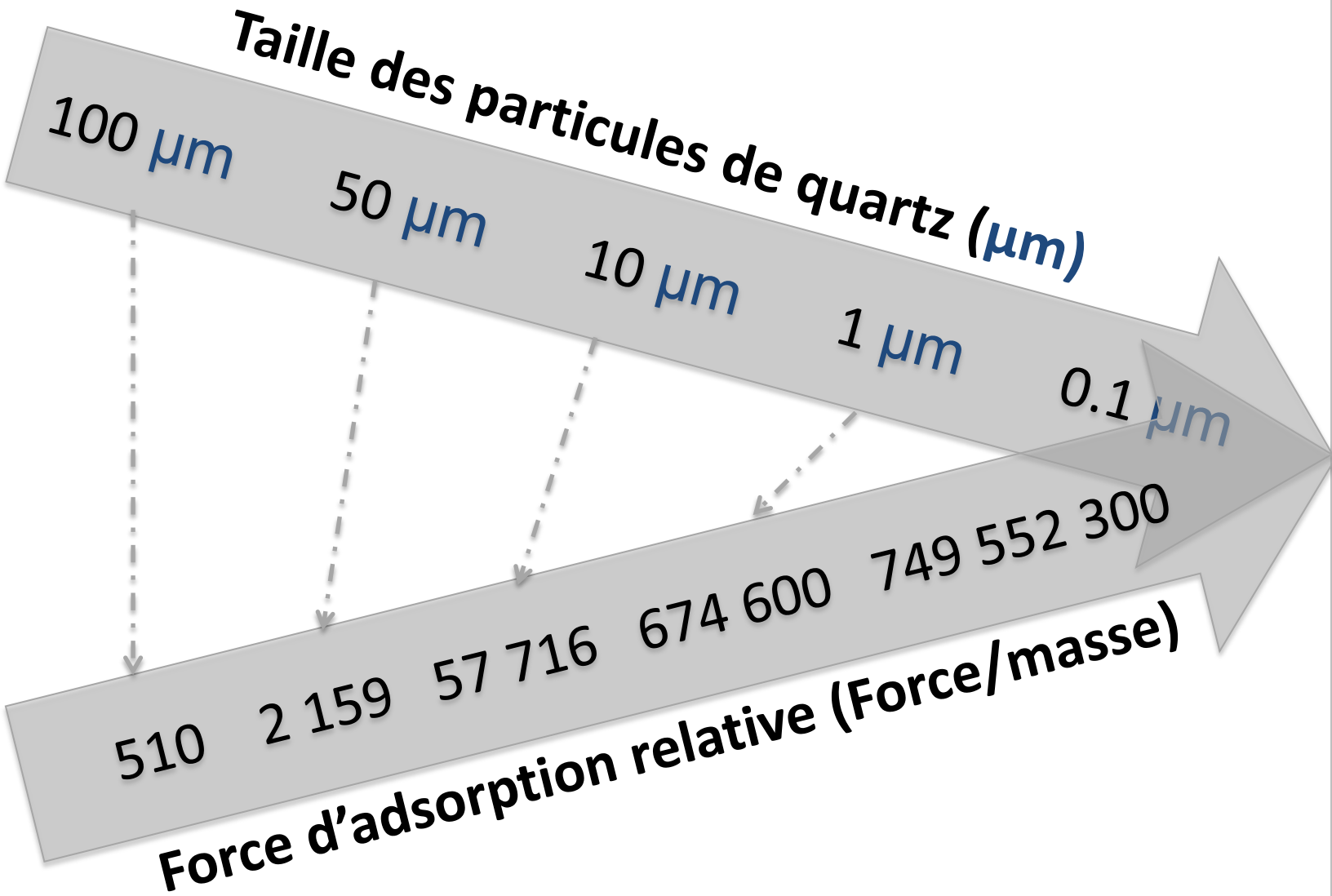
Air
sec


Une variable importante : l'humidité



Quand l'humidité est autour de 40 – 60% les gouttelettes :
s'évaporent moins vite
tendent à se lier à d'autres gouttelettes
tombent plus rapidement sur les surfaces

Pouvoir de rétention des particules en fonction de la taille, sur une surface en verre





**Ce que
l'on peut
retenir**

Du mode d'expulsion dépendent :

Vitesse des gouttelettes :

possibilité d'atteindre un patient sans que la particule
ne soit évaporée

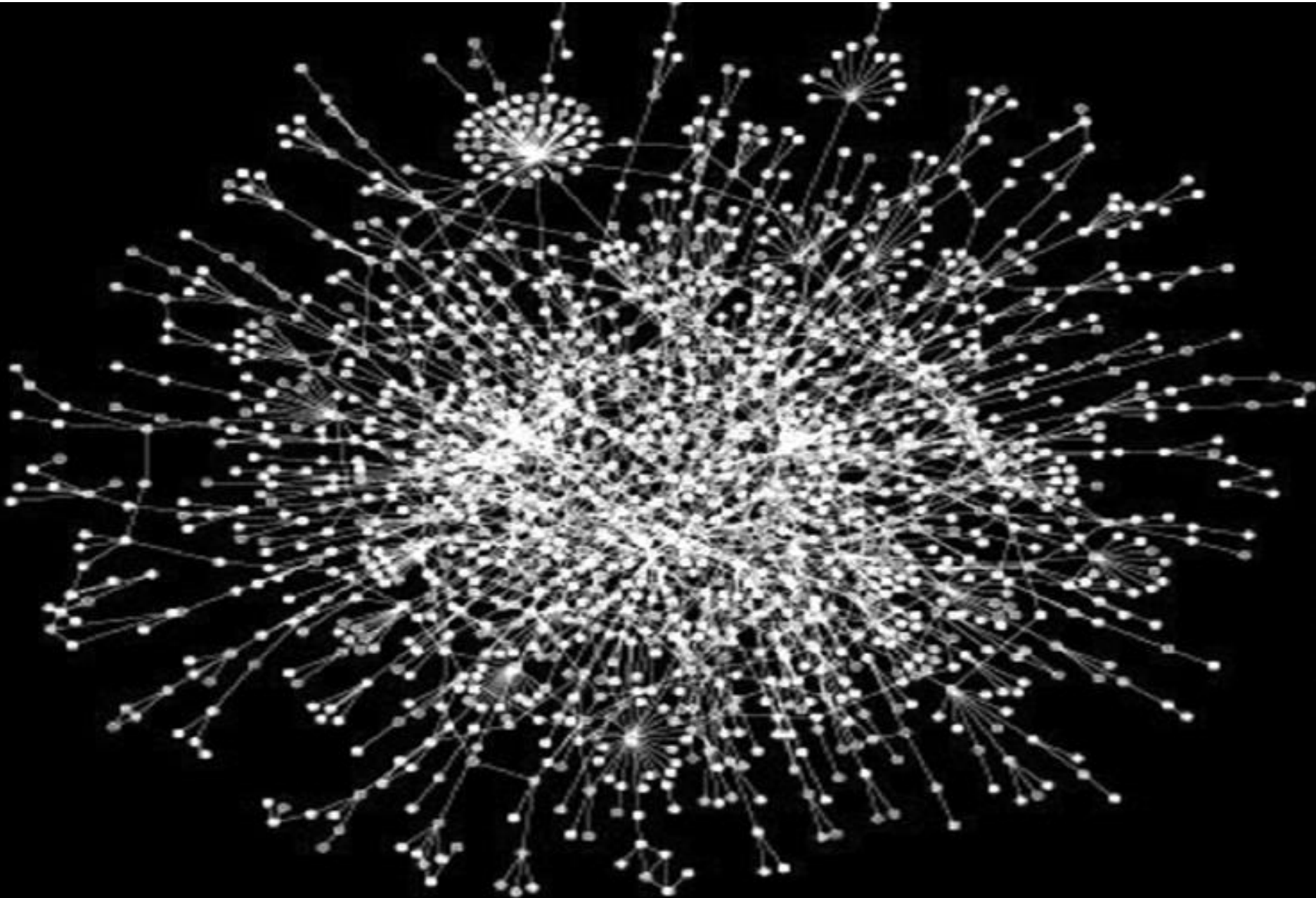
la tailles des gouttelettes émises

Droplet nuclei :

restent en suspension alors que la source n'est plus présente
importance de leur élimination par une ventilation efficace

Accrochage sur les surface solides

Circulation des gouttelettes dans l'environnement



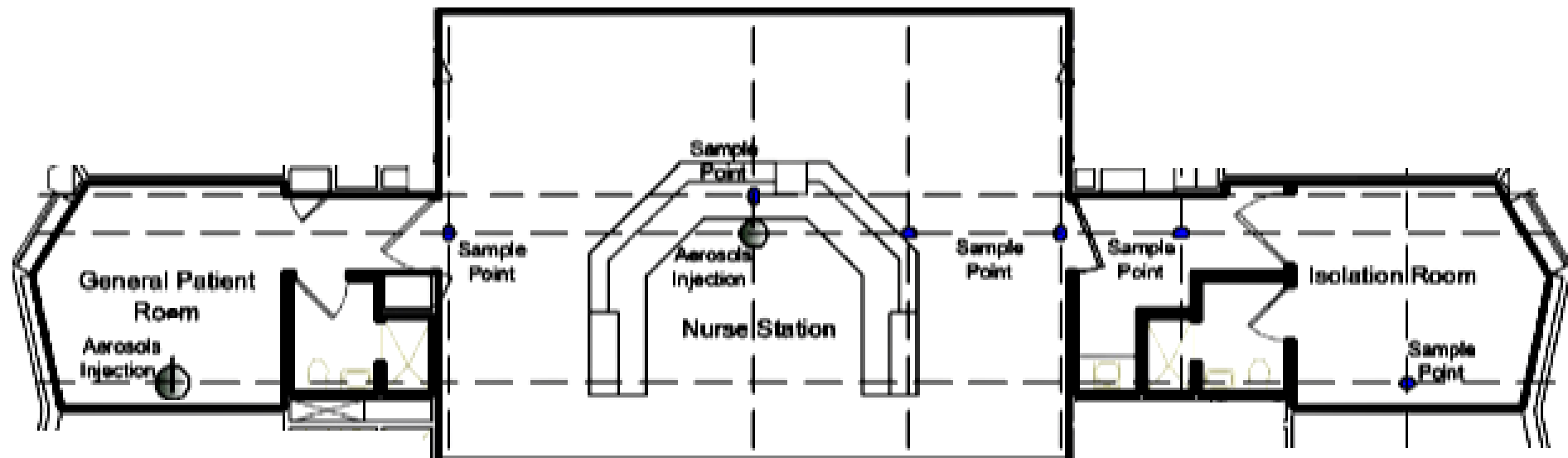
Exemple 2 :

La circulation des gouttelettes dans une unité de soins

Chambre classique

Poste infirmier

Chambre à pression négative



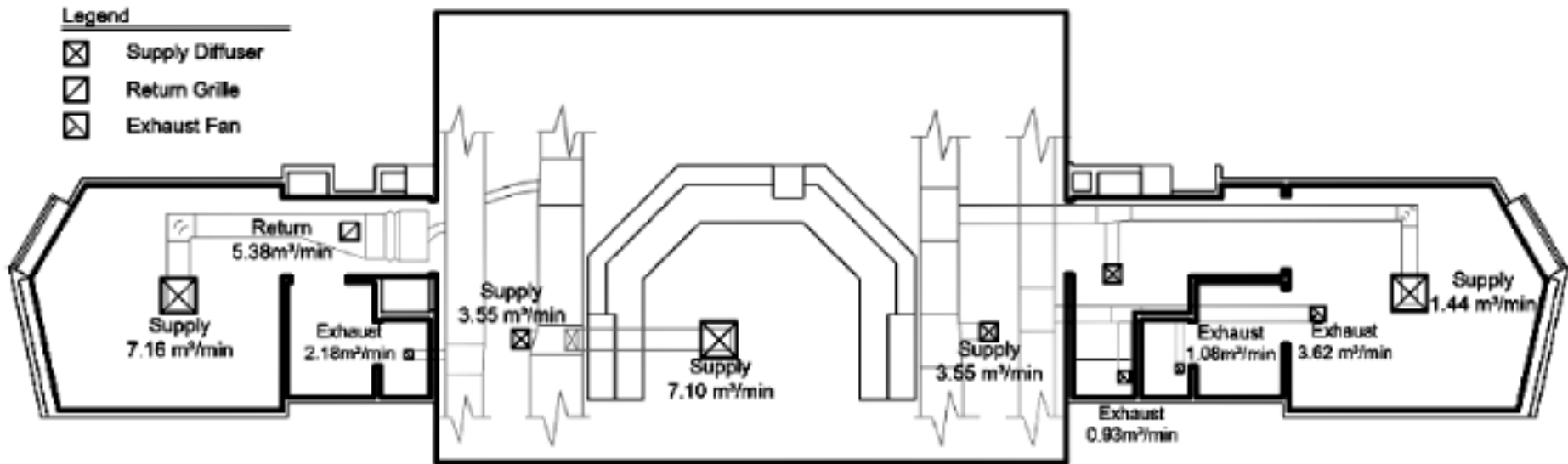
Exemple 2 :

La circulation des gouttelettes dans une unité de soins

Chambre
classique

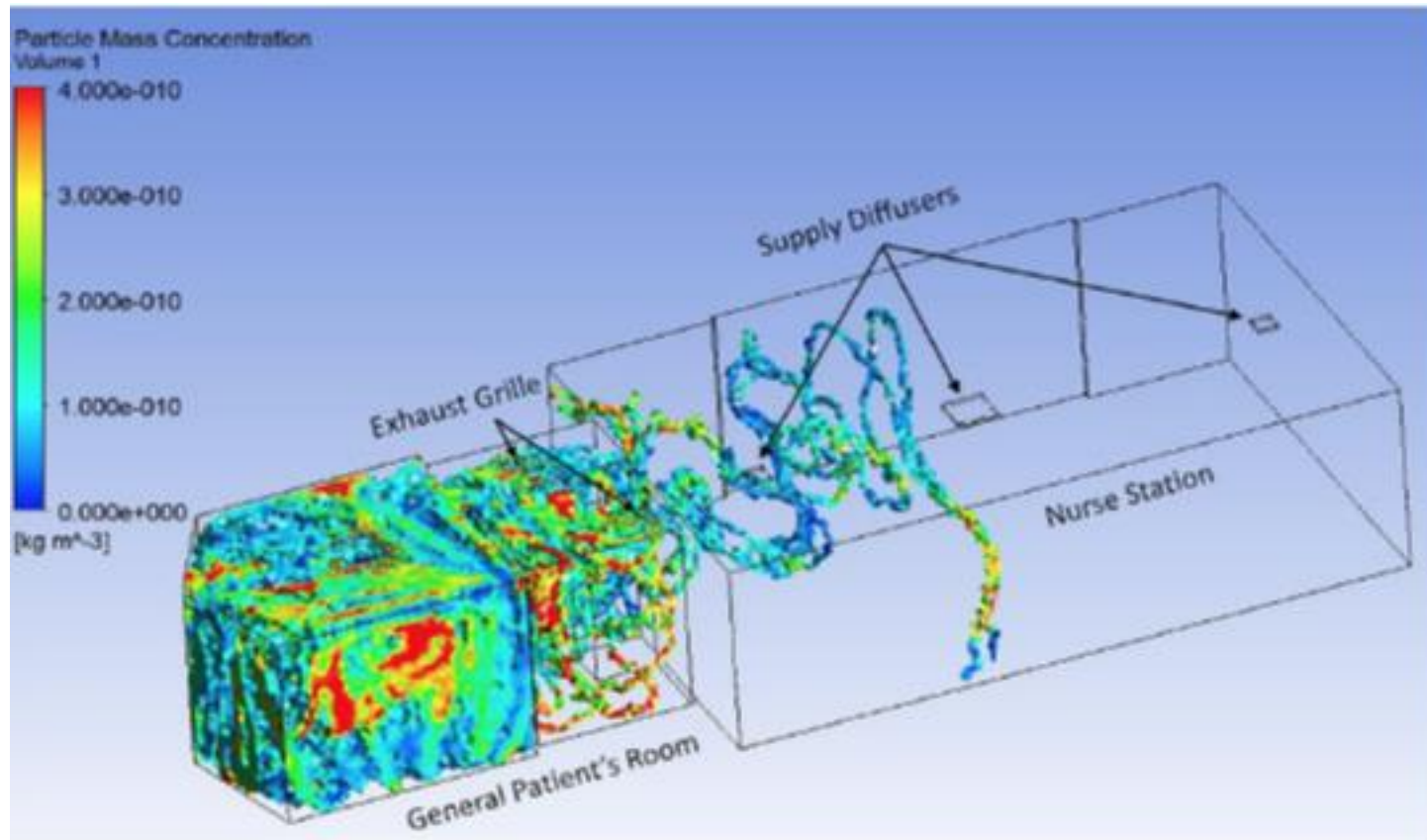
Poste infirmier

Chambre à
pression négative



Exemple 2 :

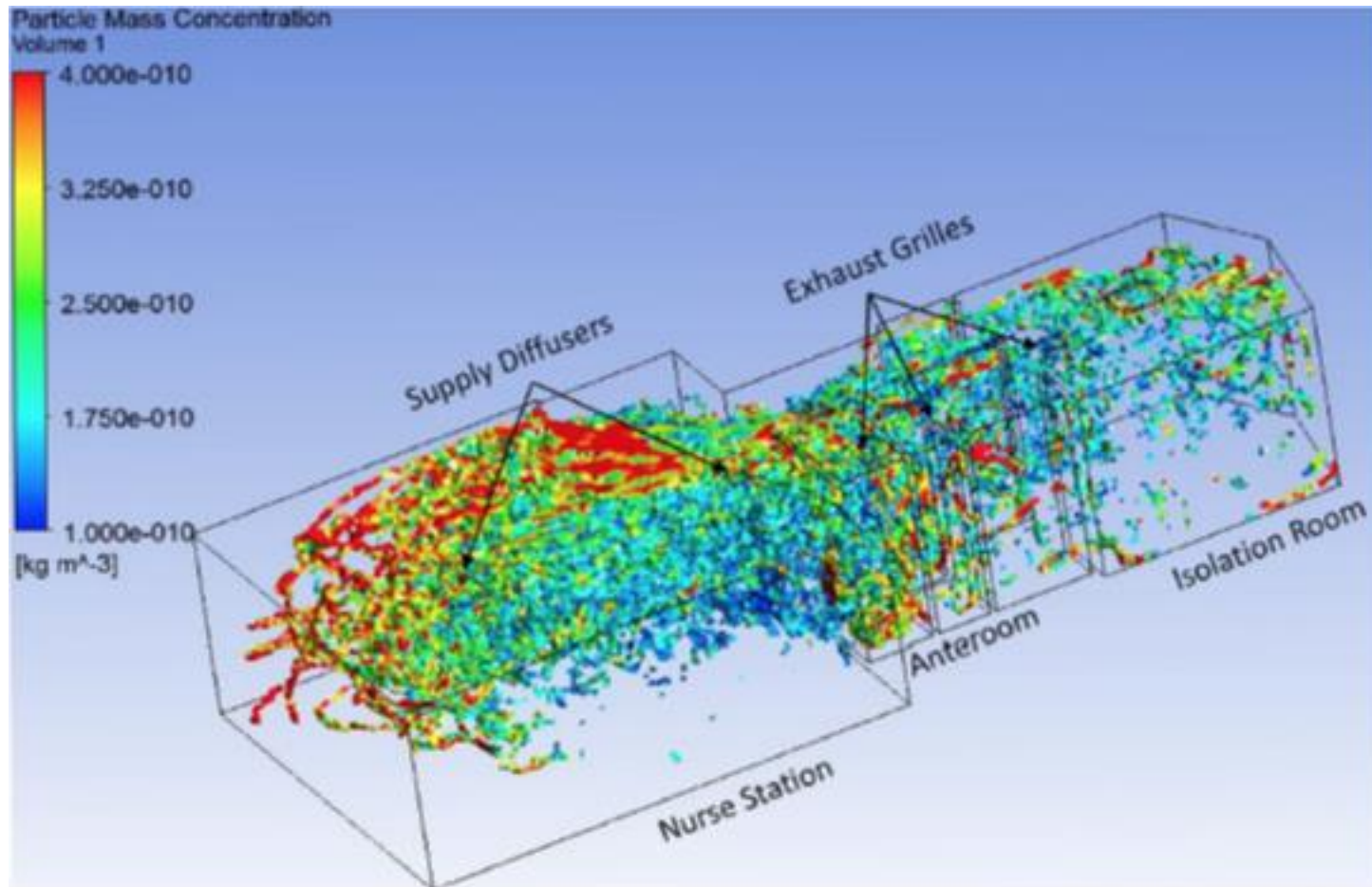
La circulation des gouttelettes dans une unité de soins



Distribution des particules de $1.0 \mu\text{m}$ injectées dans une chambre classique

Exemple 2 :

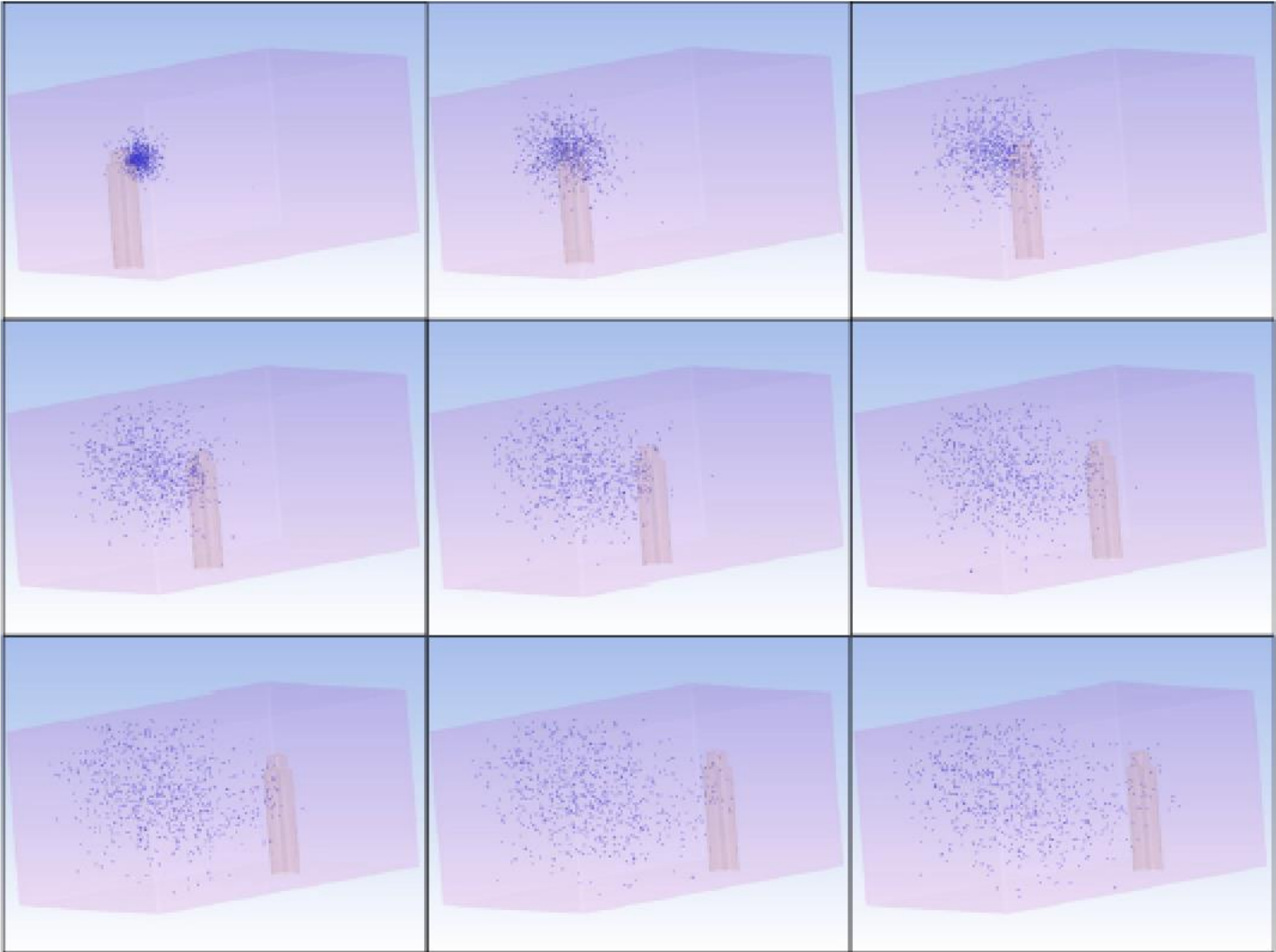
La circulation des gouttelettes dans une unité de soins



Distribution des particules de 1.0 m μ
injectées dans le poste infirmier

Mousavi. E. et al., Secondary exposure risks to patients in an airborne isolation room: Implications for anteroom design *Building and Environment* 104 (2016) 131-137

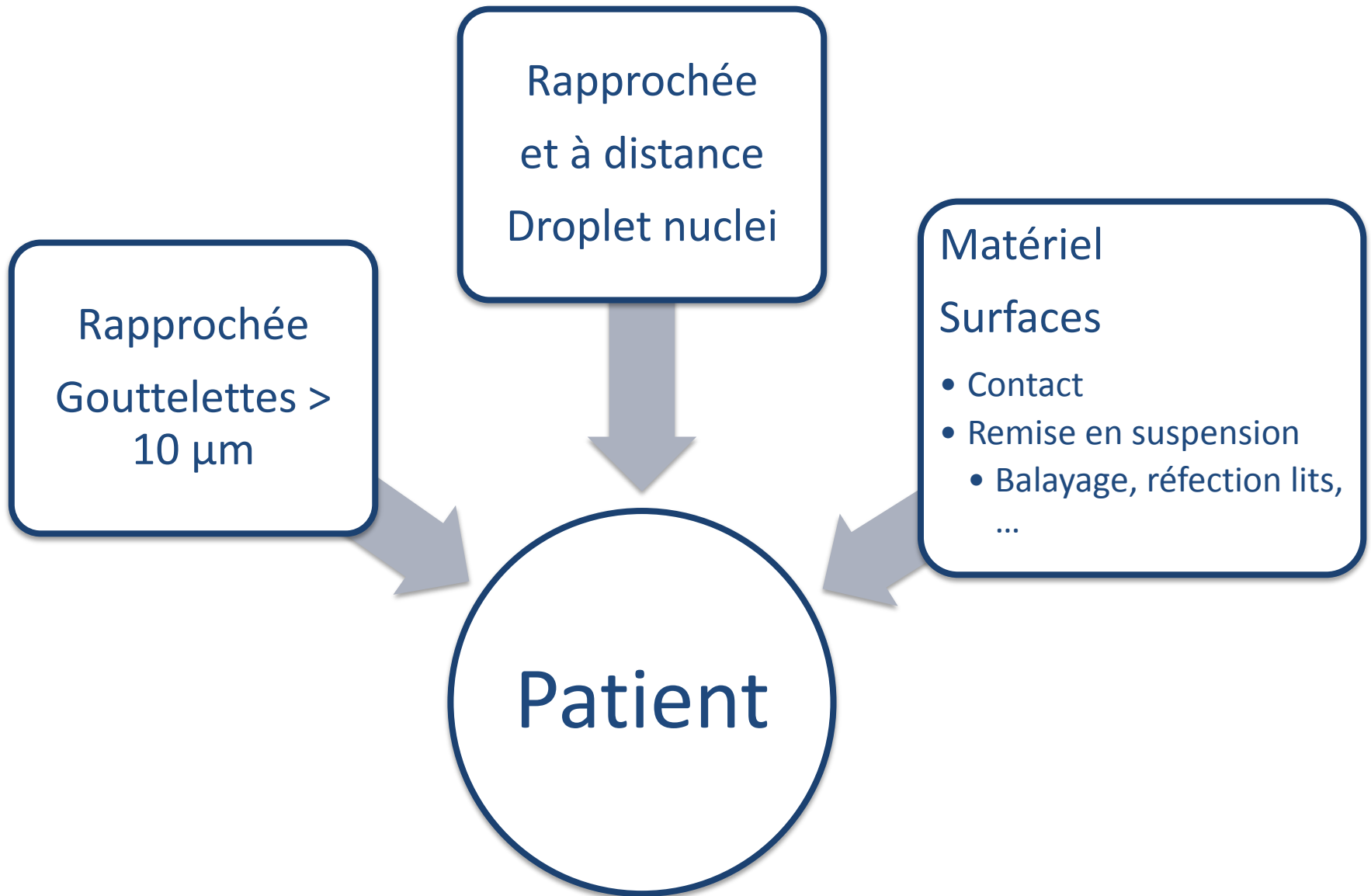
**Dispersion du nuage de particules dans une pièce de 0.5 sec à 4.5 sec
Par intervalle de 0.5 sec**



Modes de transmission



Les trois principaux modes de transmission à un patient



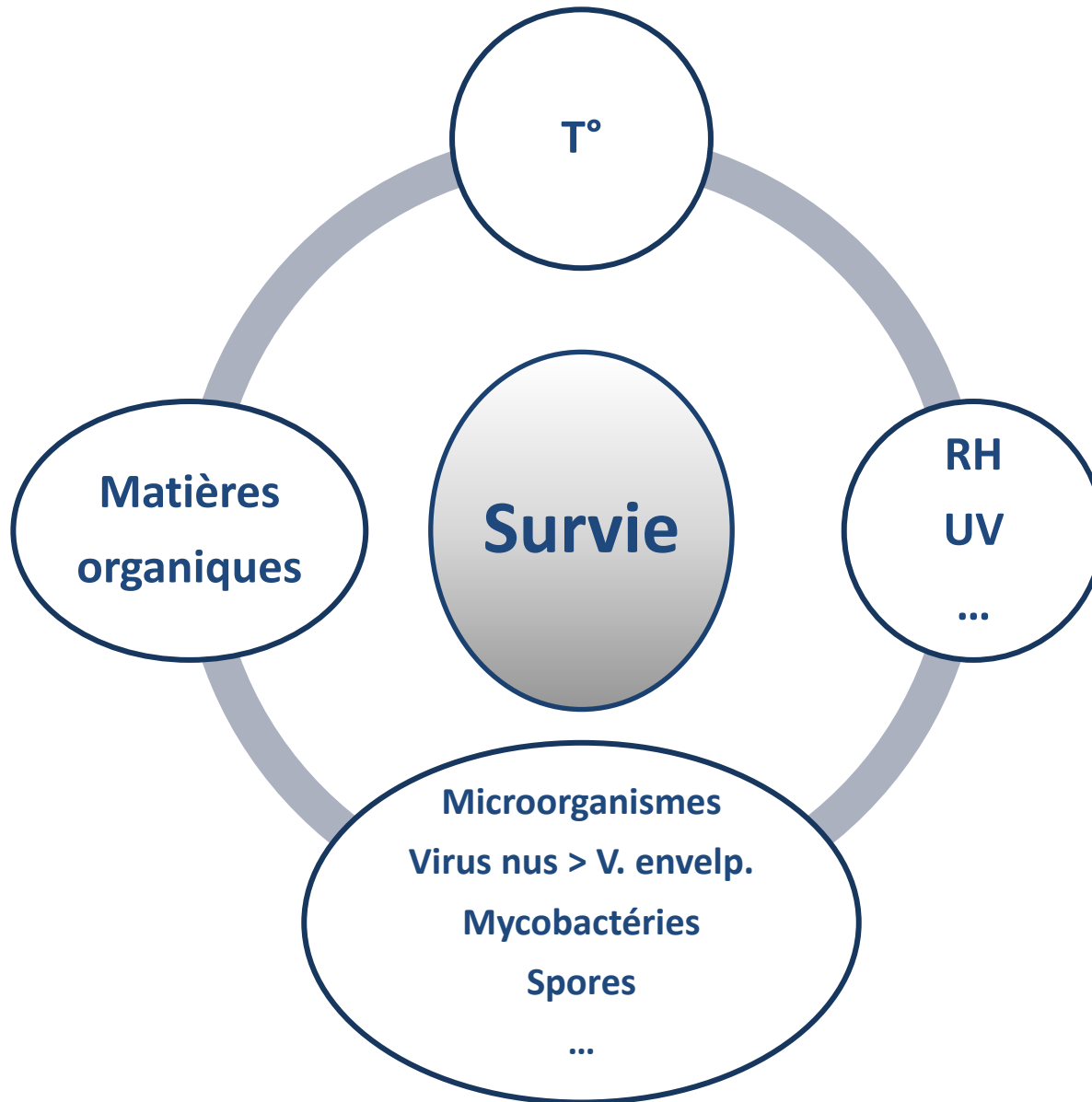
Mode de transmission des virus respiratoires et entériques (contact direct non inclus)

	Air Noyaux de condensation	Gouttelettes	Contact indirect vecteurs passifs
Influenza virus	+	++	+
VRS	+	++	++
Rhinovirus	+	++	+
Coronaravirus	++	+++	+
Adenovirus	+		++
Norovirus	+	+	++
Enterovirus	++	++	+
Rotavirus	+	+	+
Rougeole	++	+	+
Varicelle	++	+	
Oreillons		+	+

La survie en milieu extérieur



Survie dans l'environnement



Exemples de survie de bactéries sur une surface sèche

Type de bactéries	Durée de survie sur une surface sèche
<i>Staphylococcus aureus</i>	7 jours – 7 mois
<i>Streptococcus pyogenes</i>	3 jours – 6.5 mois
<i>Enterococcus</i> spp.	5 jours – 4 mois
<i>Escherichia coli</i>	1.5 heures – 16 mois
<i>Klebsiella</i> spp.	2 heures – 30 mois
<i>Haemophilus influenzae</i>	12 jours
<i>Clostridium difficile</i> (spores)	5 mois
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	1 jours – 4 mois
<i>Mycobacterium bovis</i>	> 2 mois
<i>Acinetobacter</i> spp.	3 jours – 5 mois
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6 heures - > 1 mois

Exemples de survie de virus sur une surface sèche

Type de virus

Durée de survie sur une surface sèche

Virus nus

Small non envelopped virus

Polio virus type 2

1 jours – 2 mois

Echovirus

7 jours

VHA

2 heures – 60 jours

Rhinovirus

2 heures – 7 jours

Large non envelopped virus

Adenovirus

7 jours – 3 mois

Rotavirus

6 jours – 2 mois

Papilloma virus

> 7 jours

Virus enveloppés

Herpes

4.5 heures – 2 mois

SRAS

3 – 4 jours

Rougeole

2 heures

Grippe

1 – 2 jours

Coronavirus

3 heures

VRS

6 heures

VHB, VHC

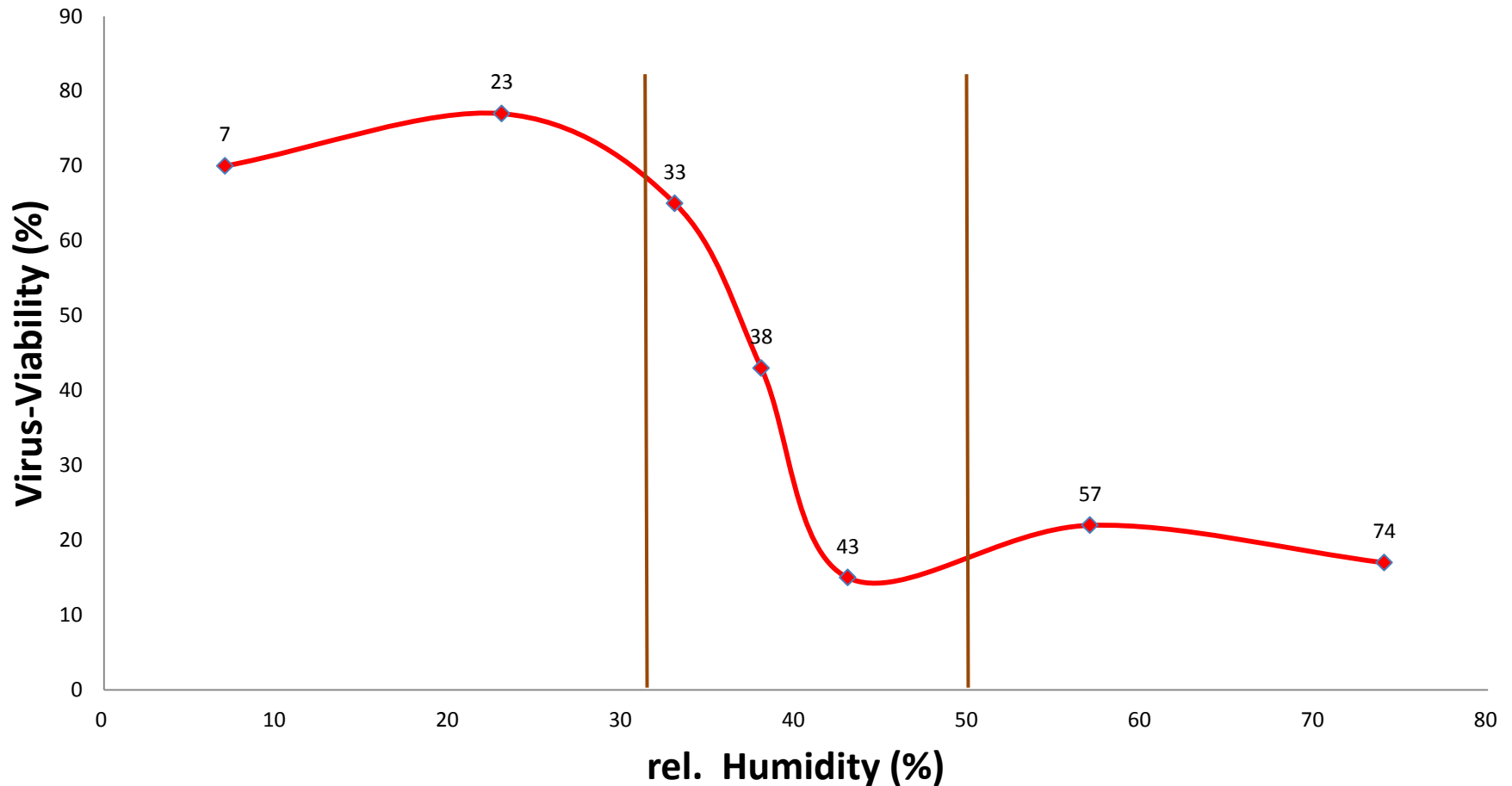
> 7 jours

VIH

> 7 jours

Mais de nombreux facteurs peuvent influencer sur la survie

Humidity above 40% inactivates \approx 80% of Influenza Viruses within 15 minutes



**Ce que
l'on peut
retenir**

Grande variété du temps de survie en fonction des microorganismes

des différentes familles
au sein même de la famille

Grand nombre de facteurs intervenant

Matières organiques (sang, liquides biologiques, ...)

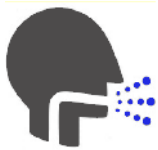
RH : généralement les pathogènes aiment l'air sec

augmente la transmission par l'air

augmente la survie dans les Droplet nuclei

augmente la remise en suspension

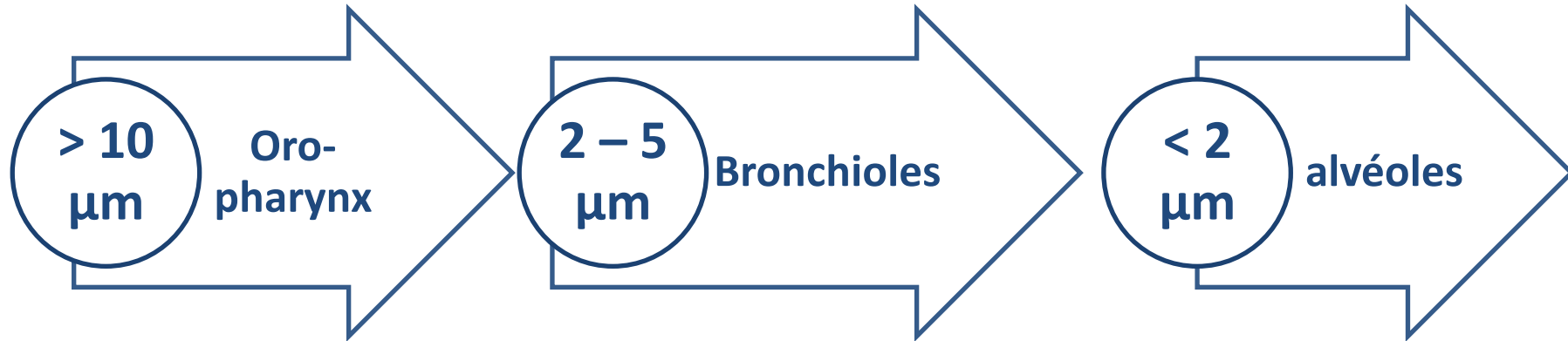
à partir des surfaces lors du ménage



Cible et dose infectieuse



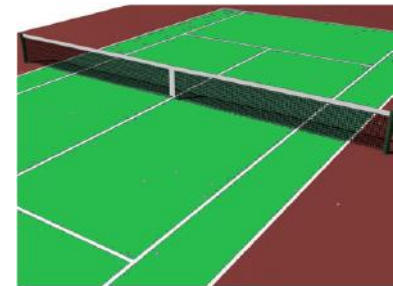
Devenir des gouttelettes dans l'arbre respiratoire



The U.S. National Air Pollution Control Administration

2.4 kilomètres de bronchioles

500 millions d'alvéoles



Dose infectieuse de quelques micro-organismes

Agents de guerre biologique

Brucellose	10 – 100
Fièvre Q	1 – 10
Tularémie	10 – 50
Variolle	10 – 100
Fièvre hémorragique	1 – 10

Autres microorganismes

Tuberculose	1
Virus grippal	100 - 300
VRS	100 - 640
V. de la rougeole	1
Enterovirus	18 ou moins
Rotavirus	10 - 100
Adenovirus	> 150

Quantité inhalée

- Dose d'exposition
- Durée d'exposition

Taille aérosol

- Niveau de pénétration

Dose infectieuse

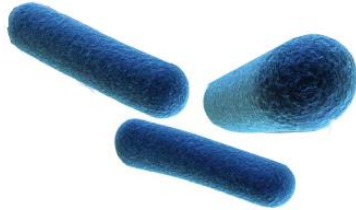
Microorganisme

- Tropisme
- Virulence

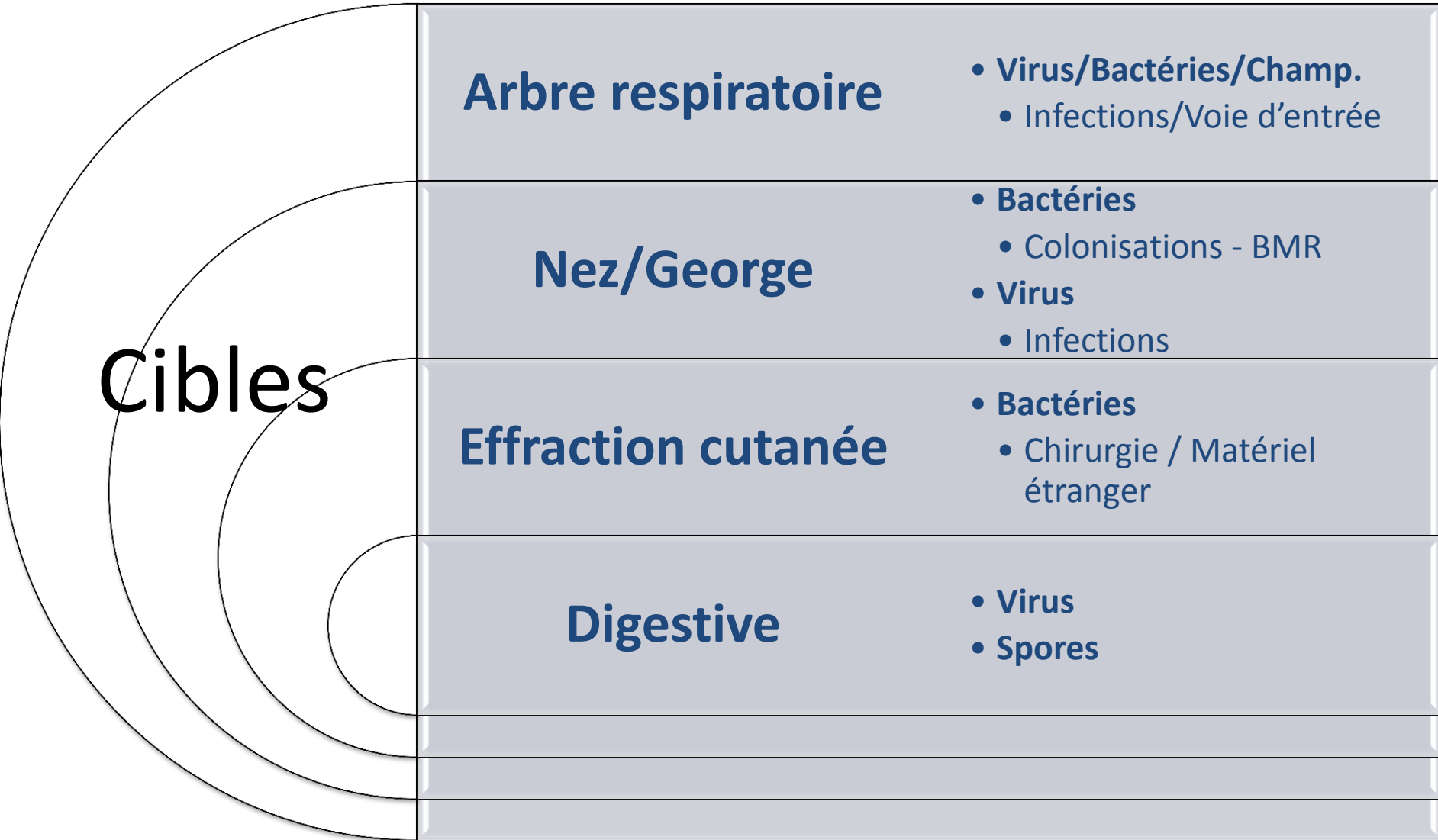
Hôte

- Défenses physiques
- Immunité
- Infections associées

Ce que l'on
peut
retenir



Cibles des microorganismes inhalés



Cibles

Arbre respiratoire

- Virus/Bactéries/Champ.
- Infections/Voie d'entrée

Nez/George

- Bactéries
 - Colonisations - BMR
- Virus
 - Infections

Effraction cutanée

- Bactéries
 - Chirurgie / Matériel étranger

Digestive

- Virus
- Spores

Représentation de la transmission aérienne de la Légionellose et des facteurs l'influençant

Panaches

Conditions environnementales

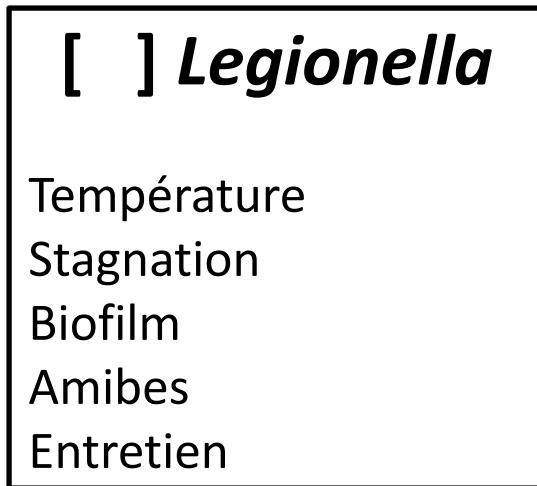
Aérosols



Gouttelettes < 5μ

Dispersion ± à distance

Inhalation

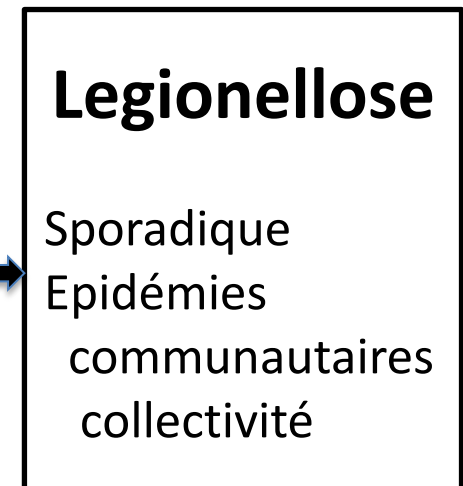
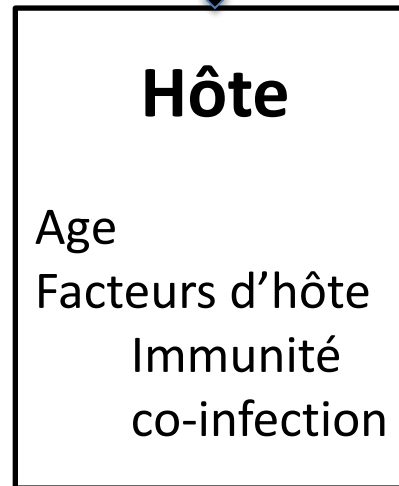


Réservoir / Sources

Eau sanitaire

Tours aéro-réfrigérantes

Aérosols « humides »



Exemple 3 : la Rougeole

MEASLES



is **highly contagious** and spreads through the air when an infected person **coughs or sneezes**.



It is so contagious that if one person has it, **9 out of 10 people** of all ages around him or her will also become infected if they are not protected.

Exemple 3 : la Rougeole

- **Virus enveloppé de la famille de *Paramyxoviridae***
- **Mode de transmission**
 - Direct par contact et gouttelettes (T. de courte portée)
 - Par air (T. de courte et longue portée)
 - Surfaces contaminées
- **Survie à l'extérieur de l'hôte**
 - L'agent peut survivre moins de 2 heures sur des surfaces ou des objets.
 - Les gouttelettes respiratoires peuvent demeurer infectieuses pendant au moins 1 heure dans un espace clos

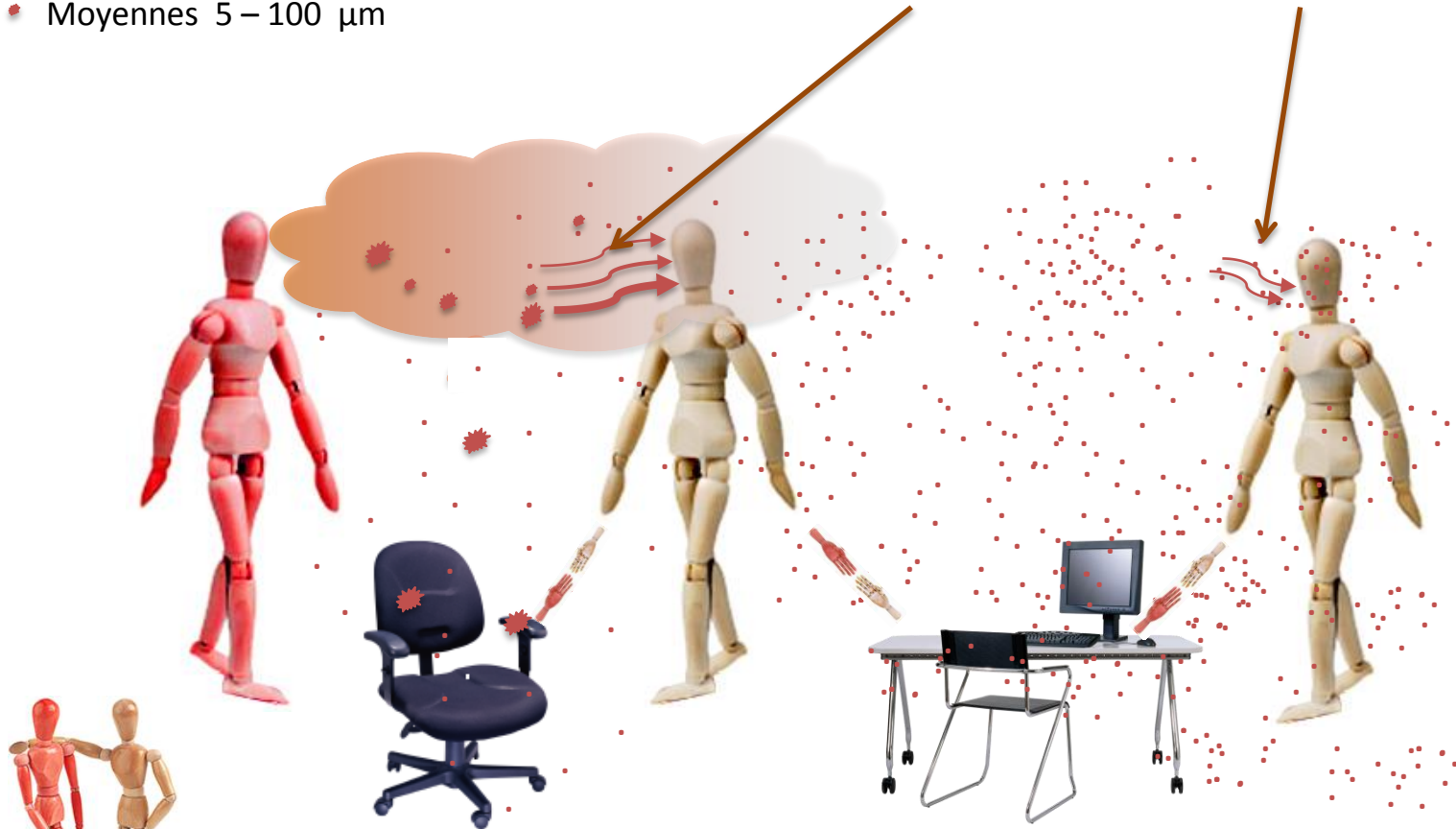
Transmission par les gouttelettes

- Grandes $> 100 \mu\text{m}$: dépôt rapide par gravité
- Moyennes $5 - 100 \mu\text{m}$

Transmission par les Noyaux de condensation (Droplet nuclei)

Voie aérienne courte

Voie aérienne longue



Transmission contact

Directe

indirecte

Modes de transmission
Exemple de la Rougeole
Malade présent

Modes de transmission

Exemple de la Rougeole

**Jusqu'à 2 heures
après la sortie du malade**

Transmission par Noyaux de condensation (Droplet nuclei)

Voie aérienne longue



Transmission contact

Indirecte

Conclusion

1 L'environnement du patient est-il contaminé par des microorganismes responsables d'IAS?

2 Les microorganismes présent dans cet environnement peuvent-ils survivre?

3 La présence de microorganismes dans l'environnement est-elle associée à une transmission au patient?

4 Un traitement de l'air (renouvellement, hygrométrie, ...) réduit-il la transmission des IAS?

5 La désinfection des surfaces réduit-elle la transmission des IAS?

