

JOURNÉE
TECHNIQUE

Décontamination de l'air des locaux de travail par les épurateurs à UVc

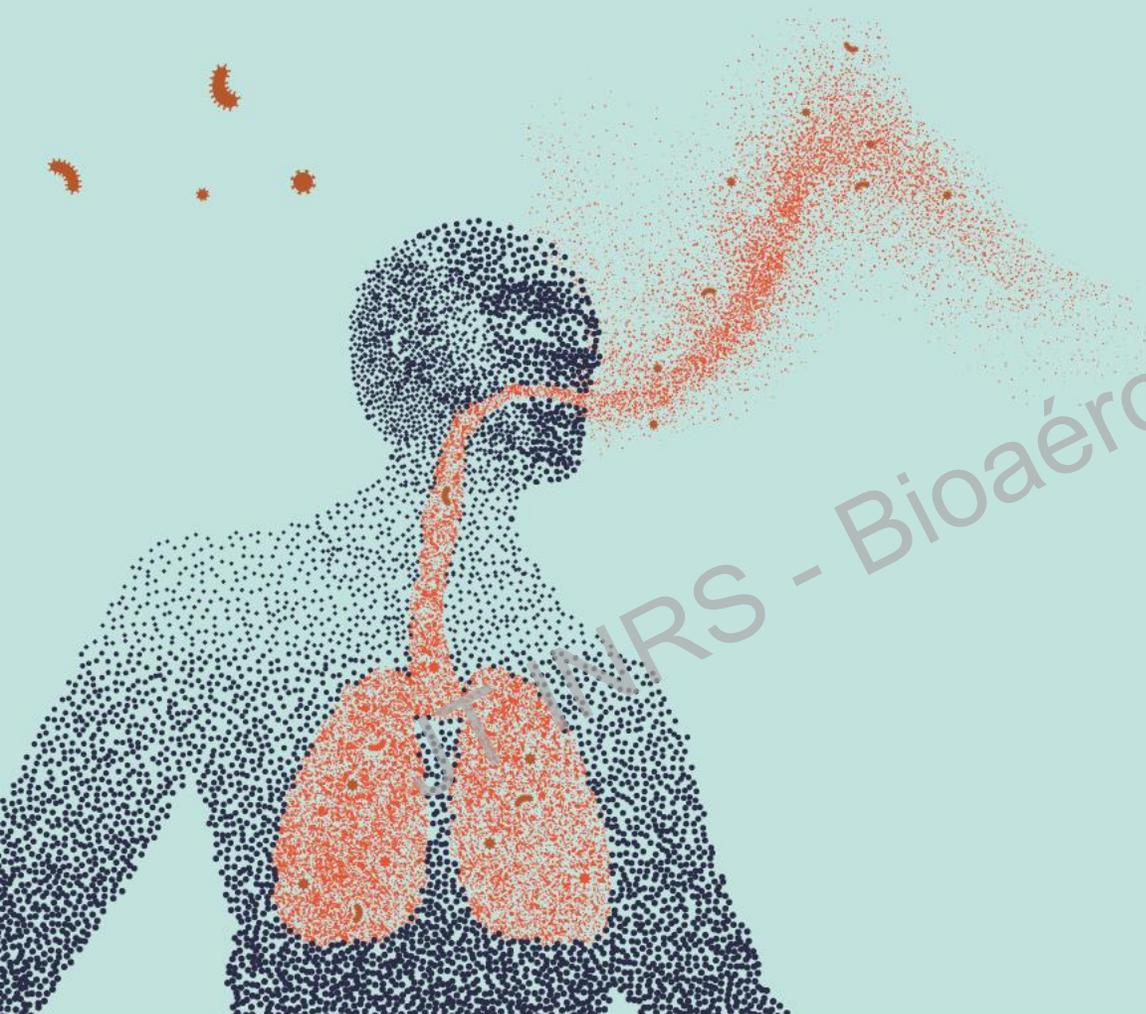
Denis Bémer, Pauline Loison, Lise Alonso

INRS, rue du Morvan, 54519 Vandoeuvre

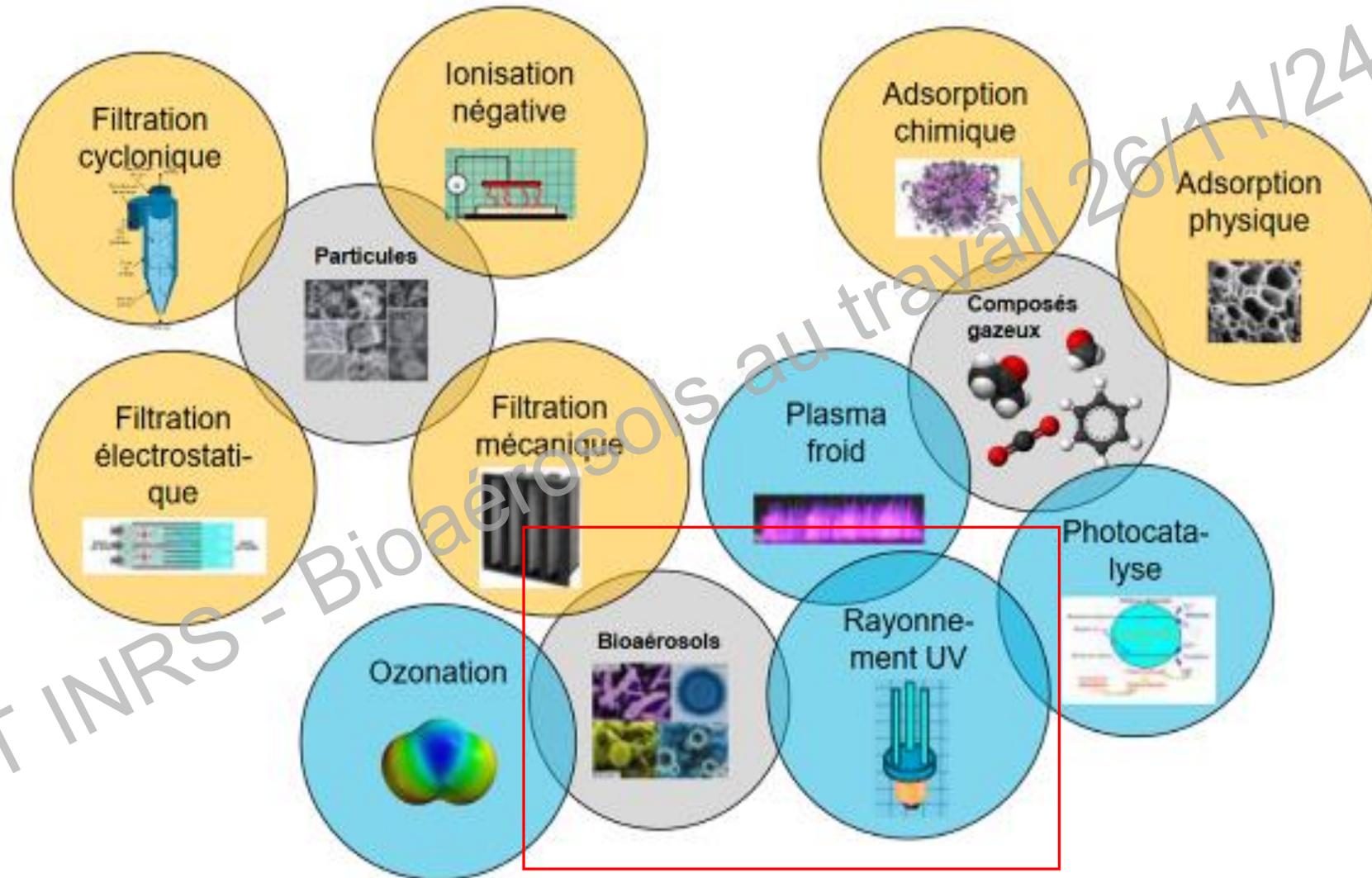
**BIOAÉROSOLS
AU TRAVAIL**

Mieux les comprendre pour les prévenir

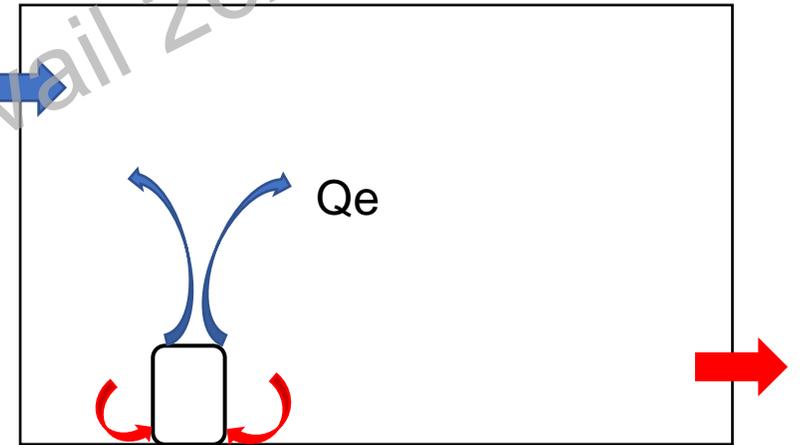
26 NOVEMBRE 2024



Les épurateurs d'air intérieurs : différentes techniques



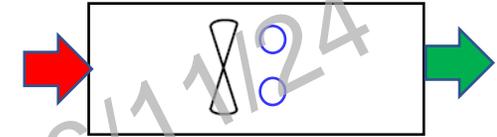
Epurateurs air intérieur



- Toujours en **complément** d'une ventilation qui assure le renouvellement d'air (mécanique ou par ouverture de fenêtres)

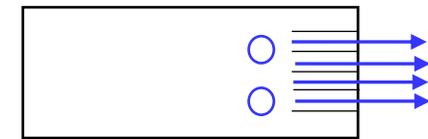
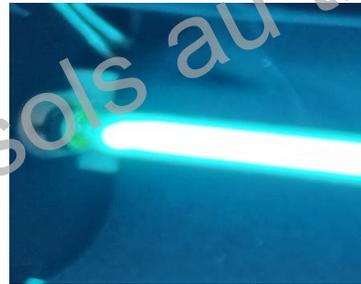
Etude de deux dispositifs d'épuration à lampe UV-C, $\lambda = 254 \text{ nm}$

- **Avec** ventilateur intégré (pas d'émission lumineuse hors appareil),
2 lampes 60 W (P électrique), $Q = 150 \text{ m}^3/\text{h}$,

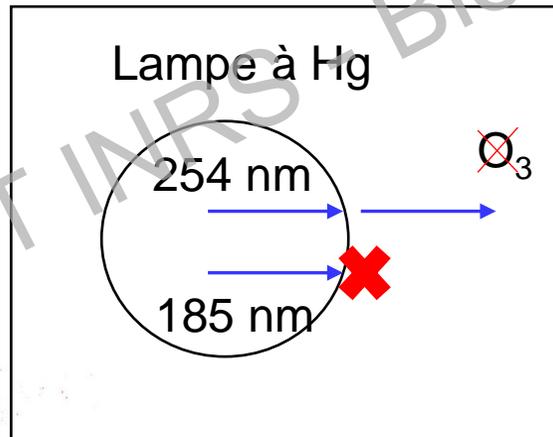


Groupe de risque 0 selon EN 62471
Sans danger

- **Sans** ventilateur intégré – émission lumineuse
(canalisée) dans la pièce, lampe 25 W

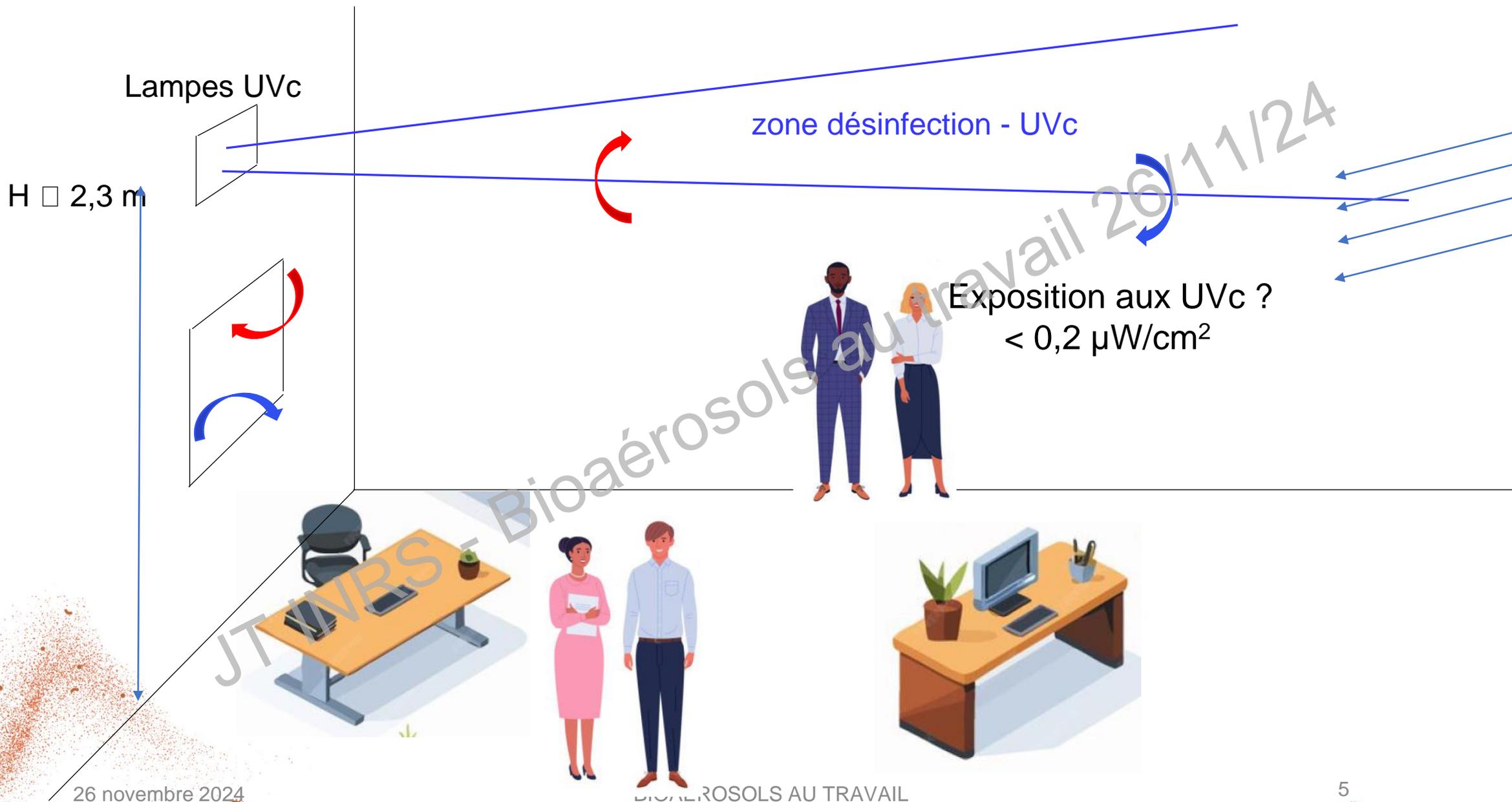


Groupe de **risque 3**
Risque élevé

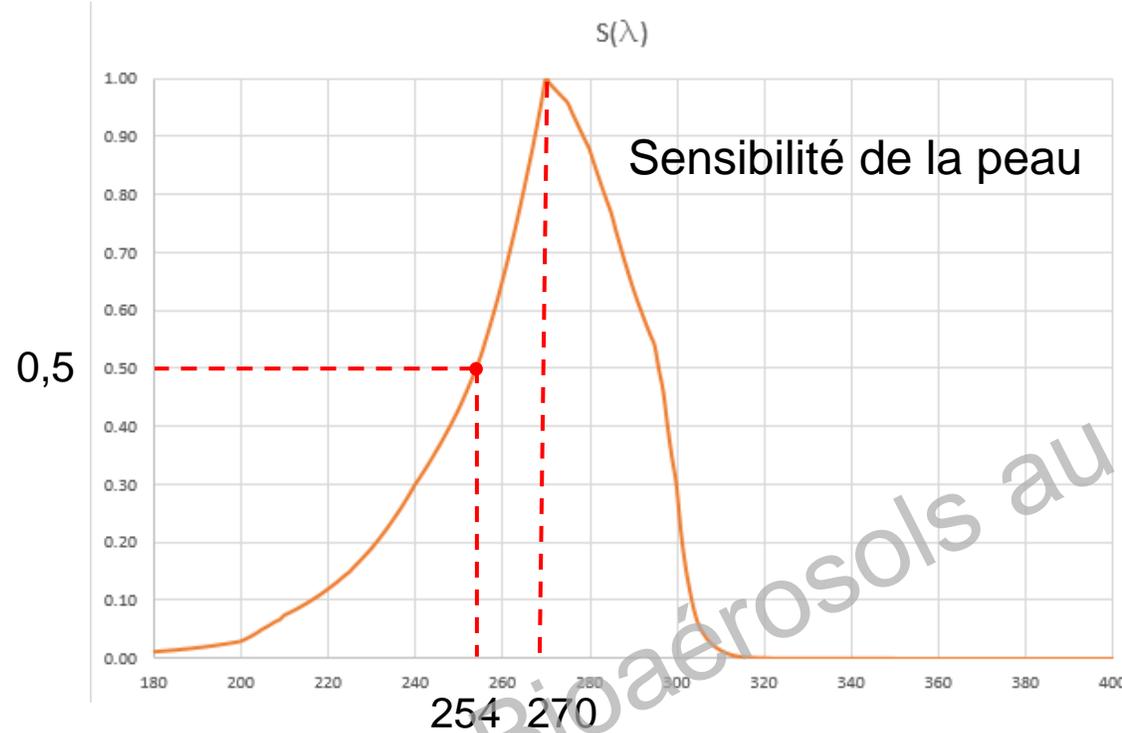


Pas de production
d'ozone à $\lambda > 240 \text{ nm}$

Plafonniers de désinfection



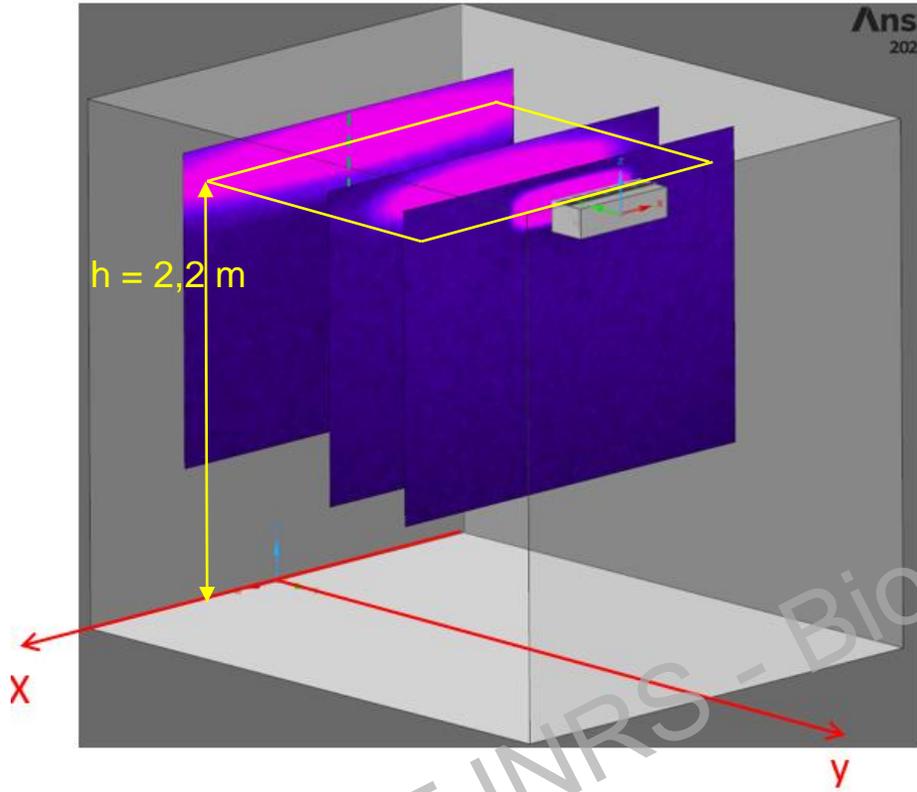
Exposition des personnes aux UVc 254 nm



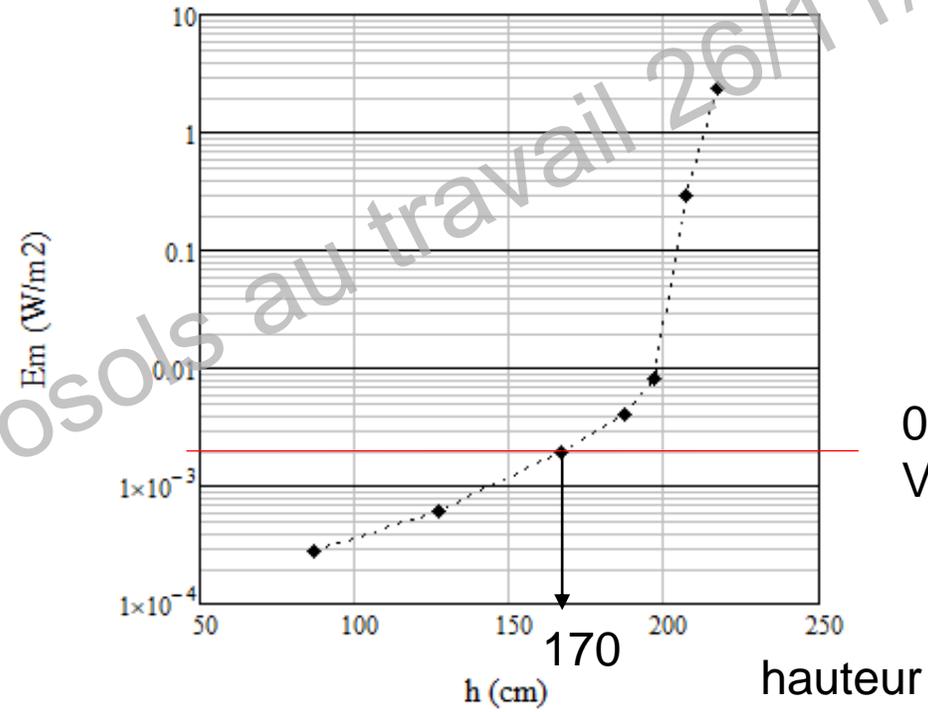
VLE 270 nm = 30 J/m²/jour
(0,2 μW/cm², □ = 254 nm)

/ex. éclairement à 5 W/m², 254 nm □ durée exposition max. sur une journée atteinte
en $t = \text{VLE} \square 2/5 = 12 \text{ s}$

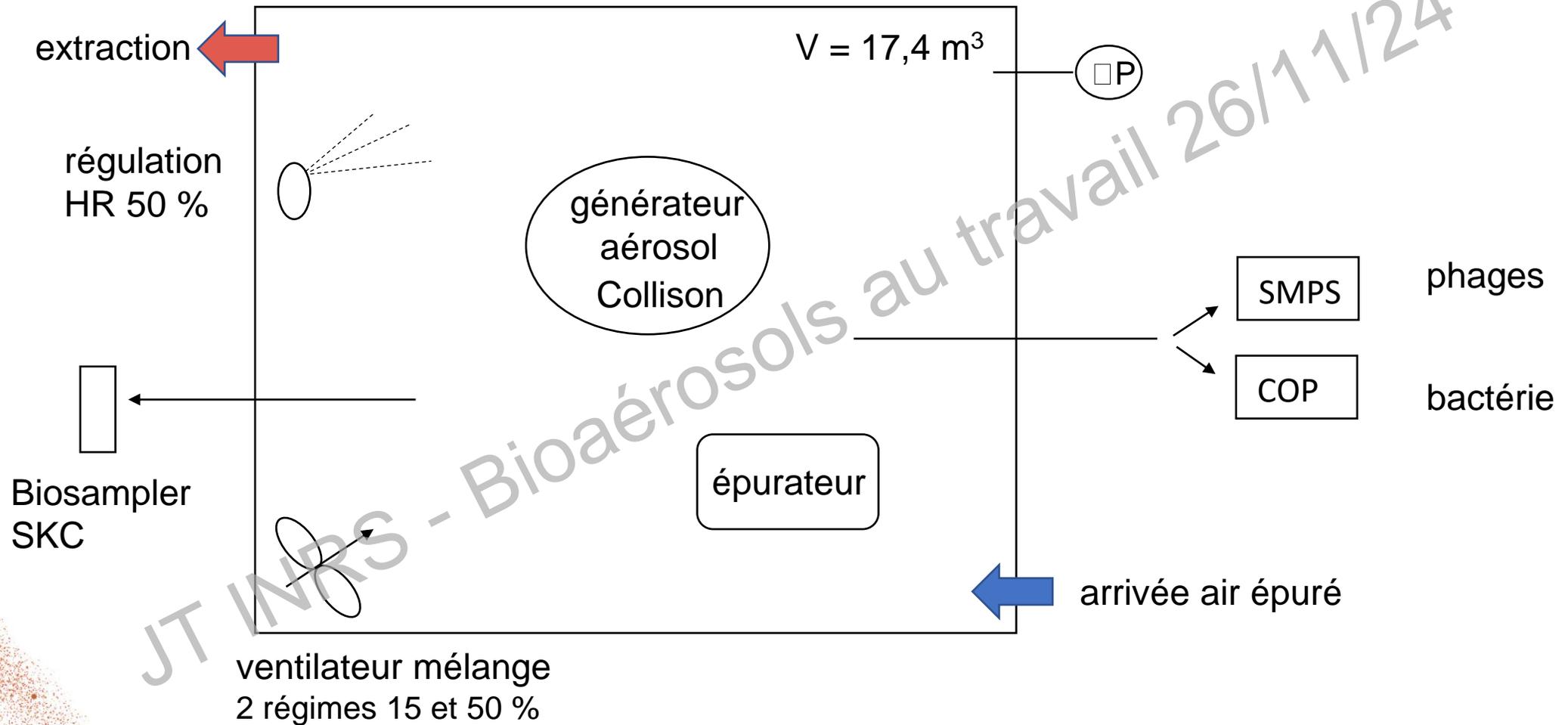
Mesures d'éclairement - Lampe 25W, sans ventilateur



Puissance moyenne
plan horizontal



Dispositif expérimental



Dispositif expérimental



1/24

INRS - Bioaérosols au travail

Bioaérosols générés et métrologie

Utilisation de micro-organismes modèles :

□ Bactérie: *Staphylococcus epidermidis*

➤ Suspension standardisée, produite pour chaque essai :
C° moyenne obtenue dans la cabine = $3,6 \cdot 10^6$ UFC/m³

- Incubation à 37 °C sur milieu TSA
- Dénombrement par culture au bout de 24h
- Extraction et quantification totale par qPCR



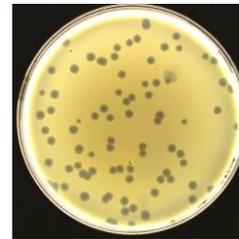
Colonies de *S. epidermidis*

Taille : 0,5 – 1 µm

□ Bactériophages : PhiX 174 et MS2

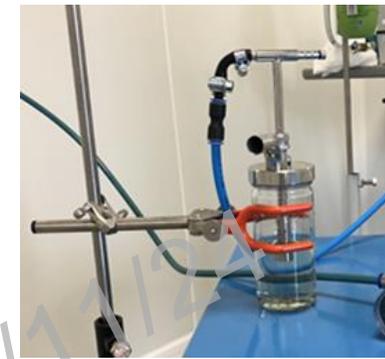
➤ Suspension standardisée, produite pour chaque essai :
C° moyenne obtenue dans la cabine = $3,5 \cdot 10^6$ UFP/m³ (PhiX174)
et $7,5 \cdot 10^6$ UFP/m³ (MS2)

- Incubation à 37 °C avec sa cellule hôte sur milieu TSA
- Dénombrement des plages de lyse par culture (12 à 24h)
- Extraction et quantification totale par qPCR



Plages de lyse PhiX174

Taille : 0,02 – 0,03 µm



Générateur (intérieur cabine)



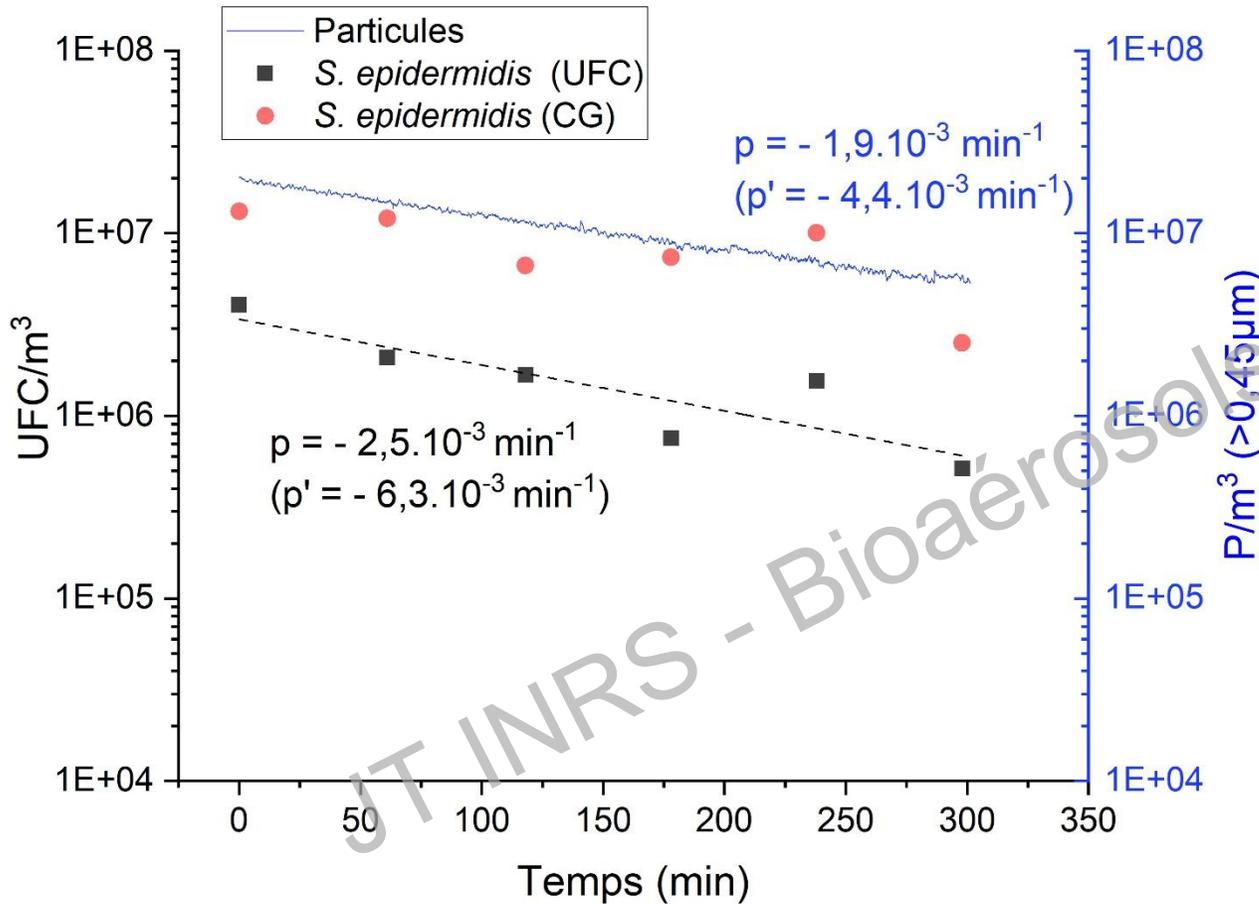
Biosampler = prélèvement en voie liquide
~ 8 dispositifs utilisés par essai

Prélèvement de 5 min
Débit de 12,5 L/min
20 mL de PBS



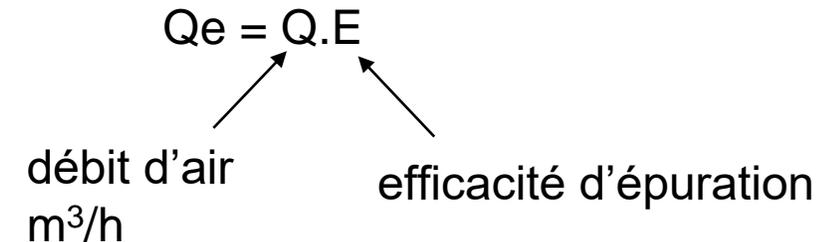
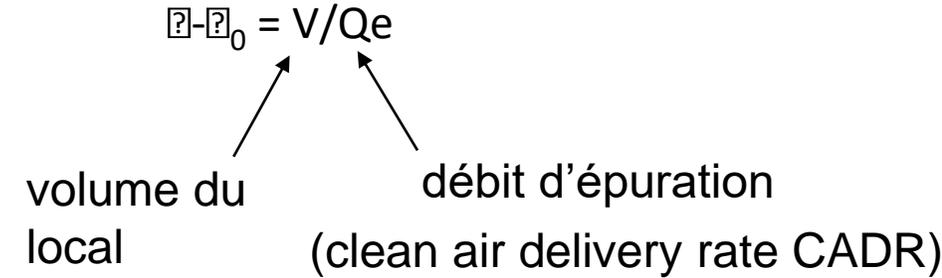
- ➔ Suivi décroissance : - **sans** épurateur
 - **avec** épurateur

Ex: sans épurateur

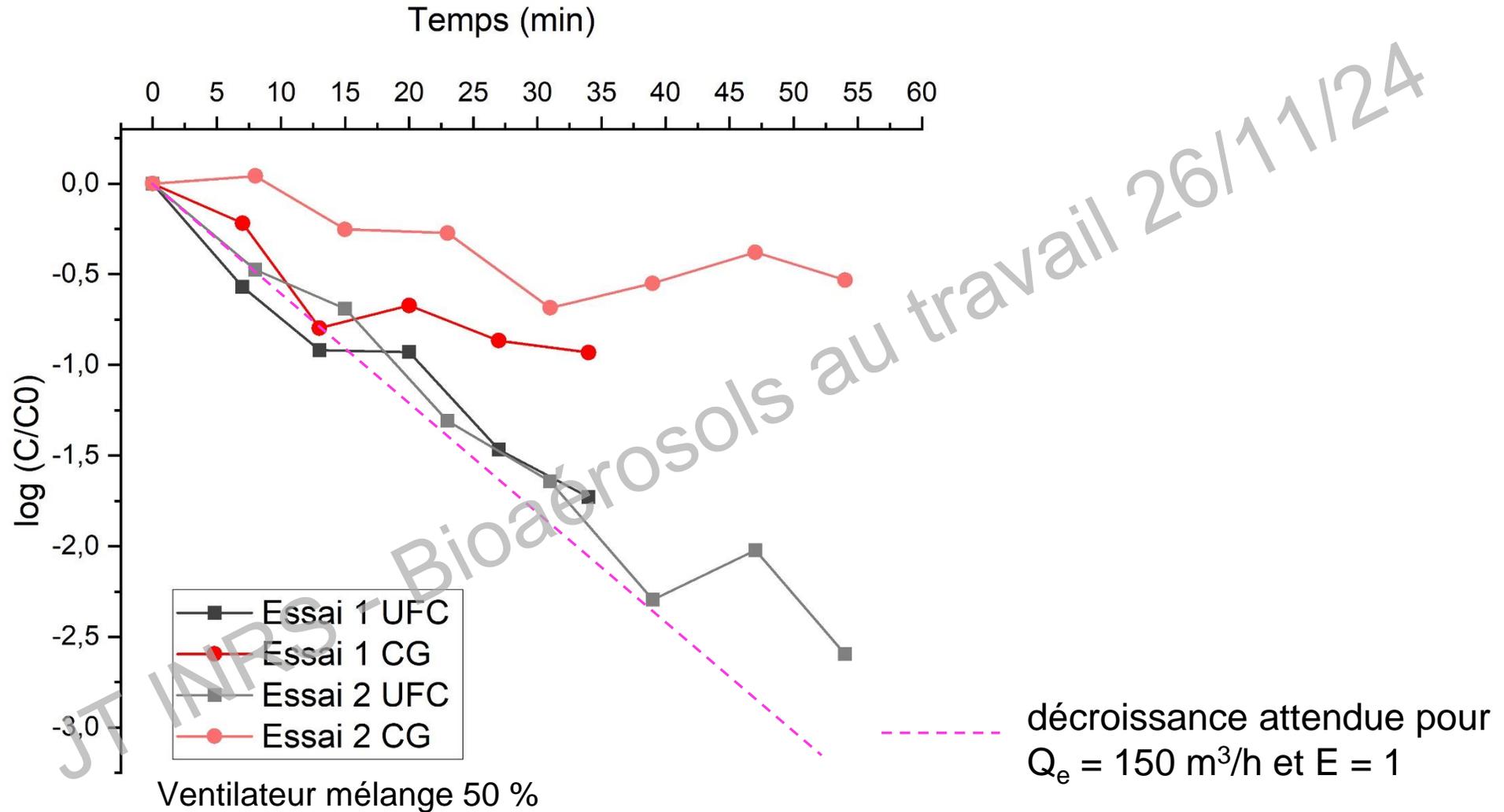


→ décroissances similaires entre particules et UFC
 → faible perte de la viabilité

avec épurateur: $\ln(C_t/C_0) = -t/\tau$ pente $\square \square$
 sans épurateur: $\ln(C_t/C_0) = -t/\tau_0$ pente $\square \square_0$

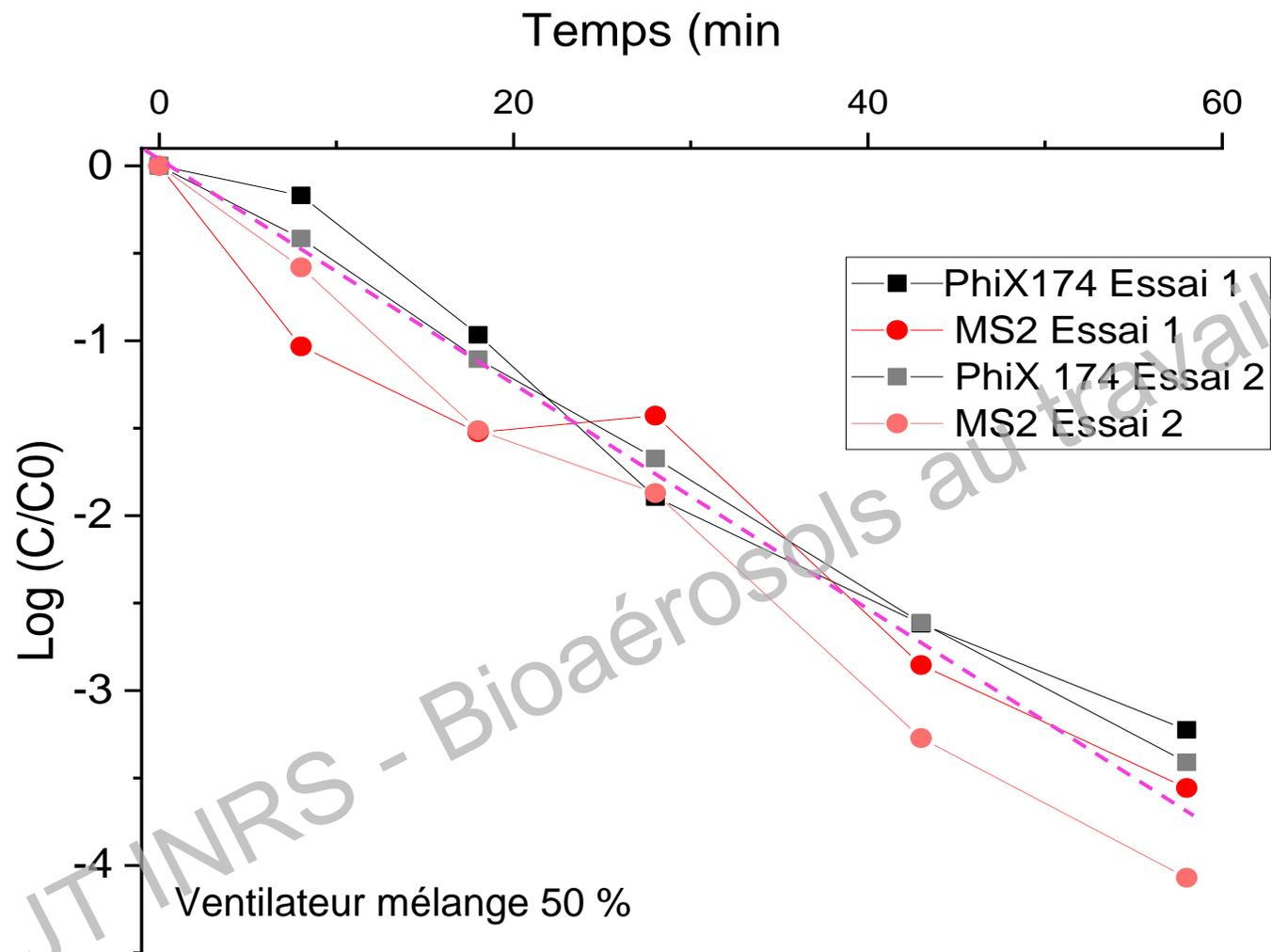


Épurateur avec ventilateur – *S. Epidermidis*



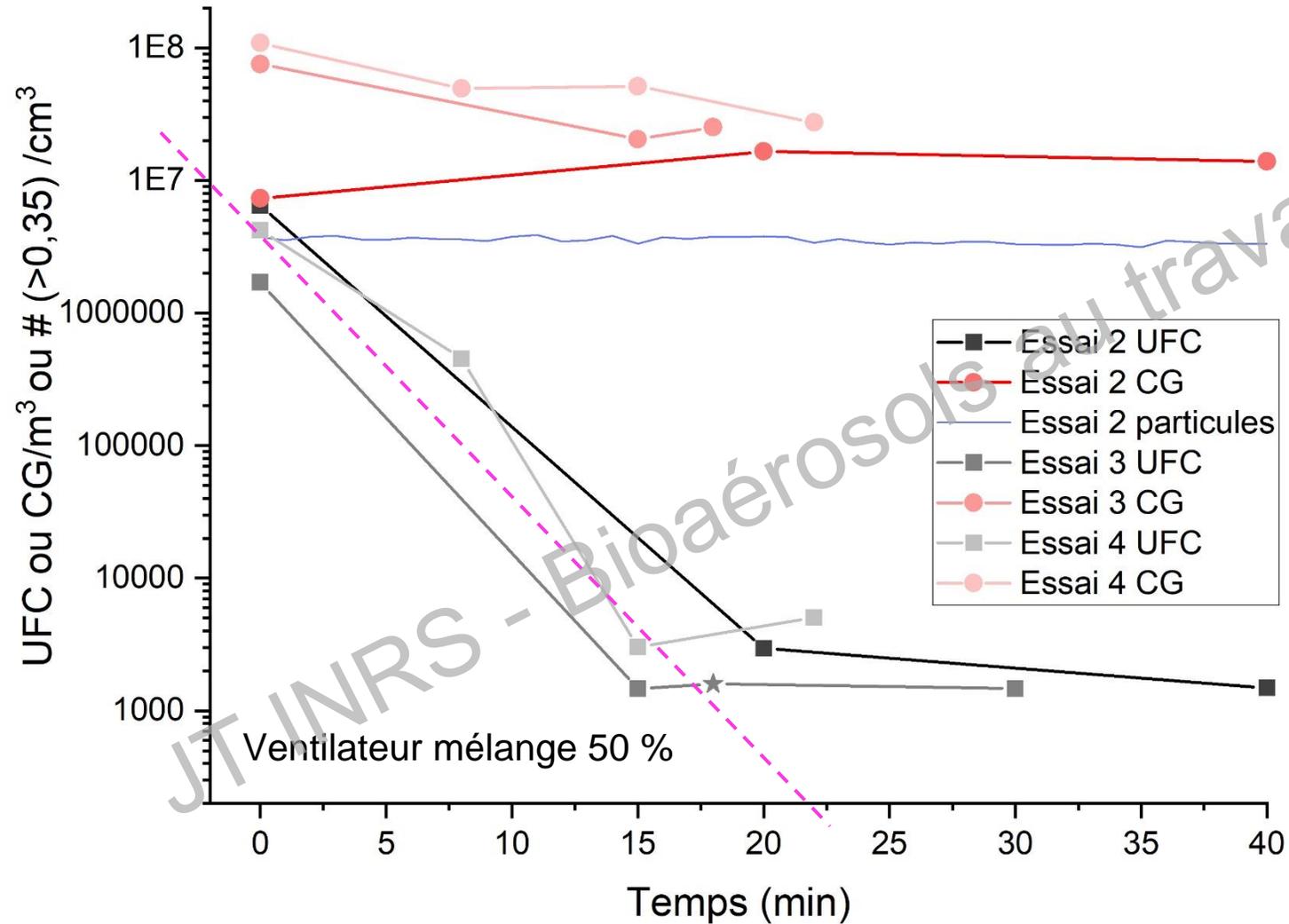
UFC : unités formant colonie; CG : copie de gène

Épurateur avec ventilateur – Phages



----- décroissance attendue pour
 $Q_e = 150 \text{ m}^3/\text{h}$ et $E = 1$

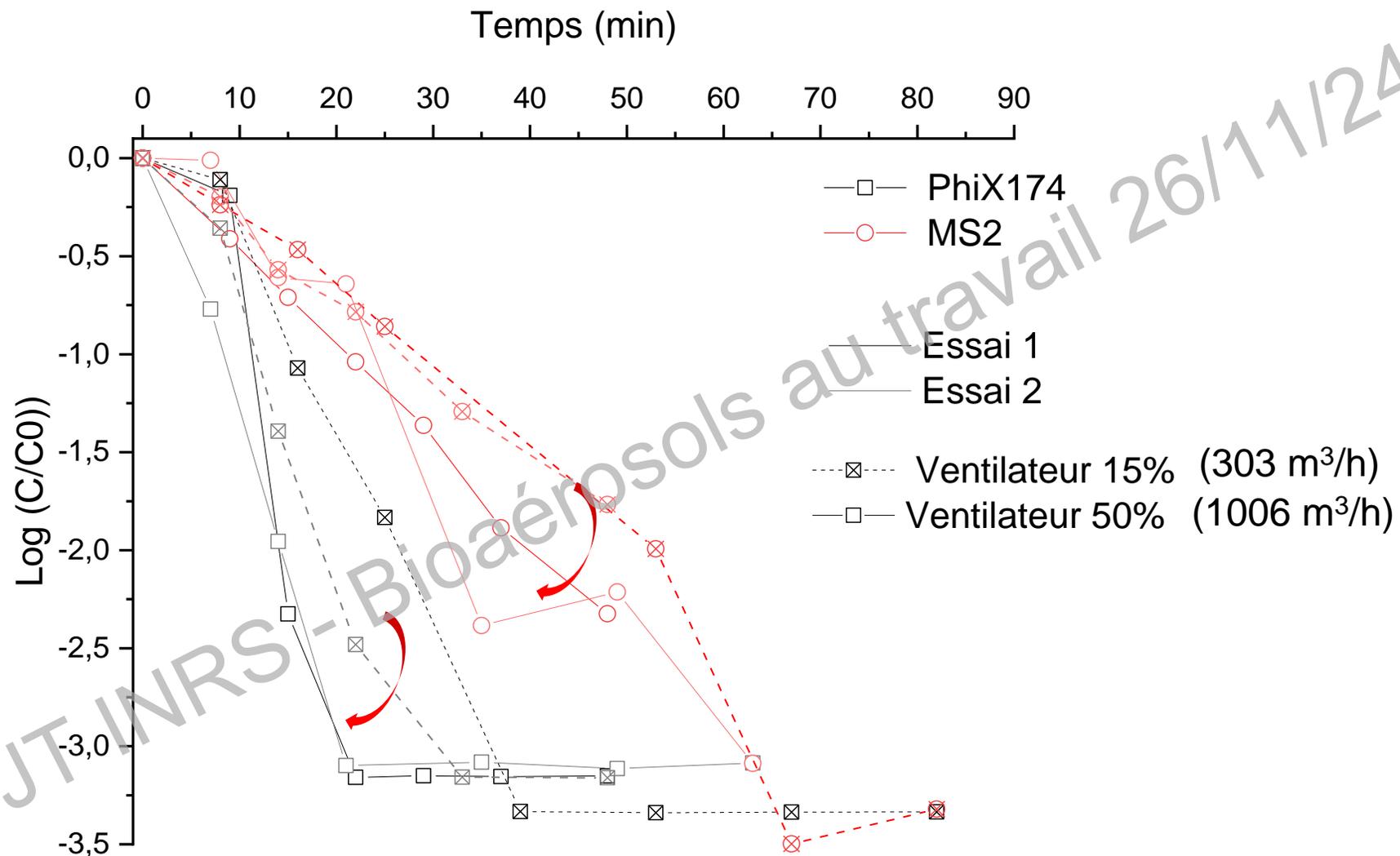
Lampe sans ventilateur – S. Epidermidis



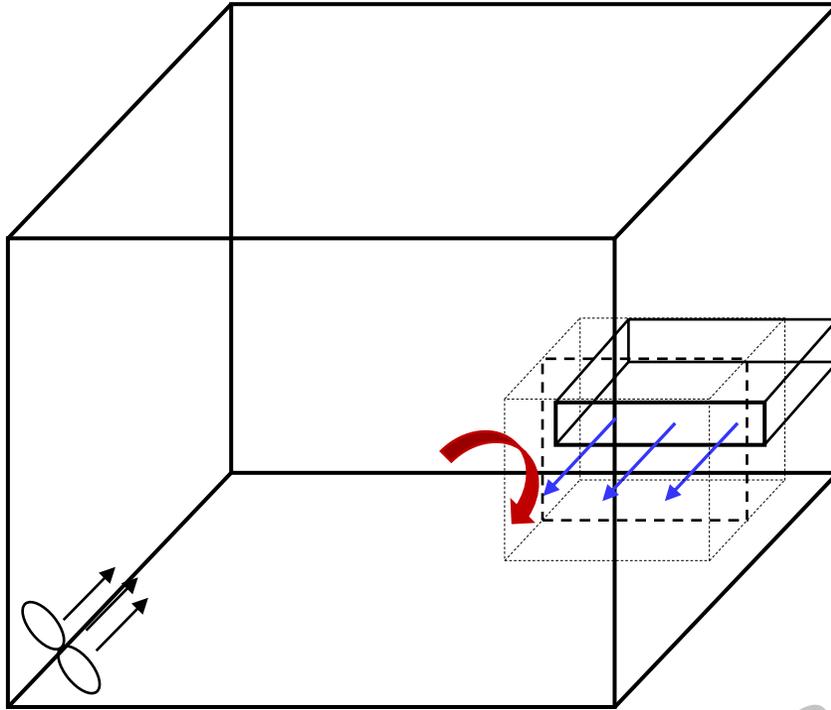
□ Débit d'épuration équivalent
 $Q_e = 530 \text{ m}^3/\text{h}$

Lampe sans ventilateur – Phages

Effet du brassage d'air

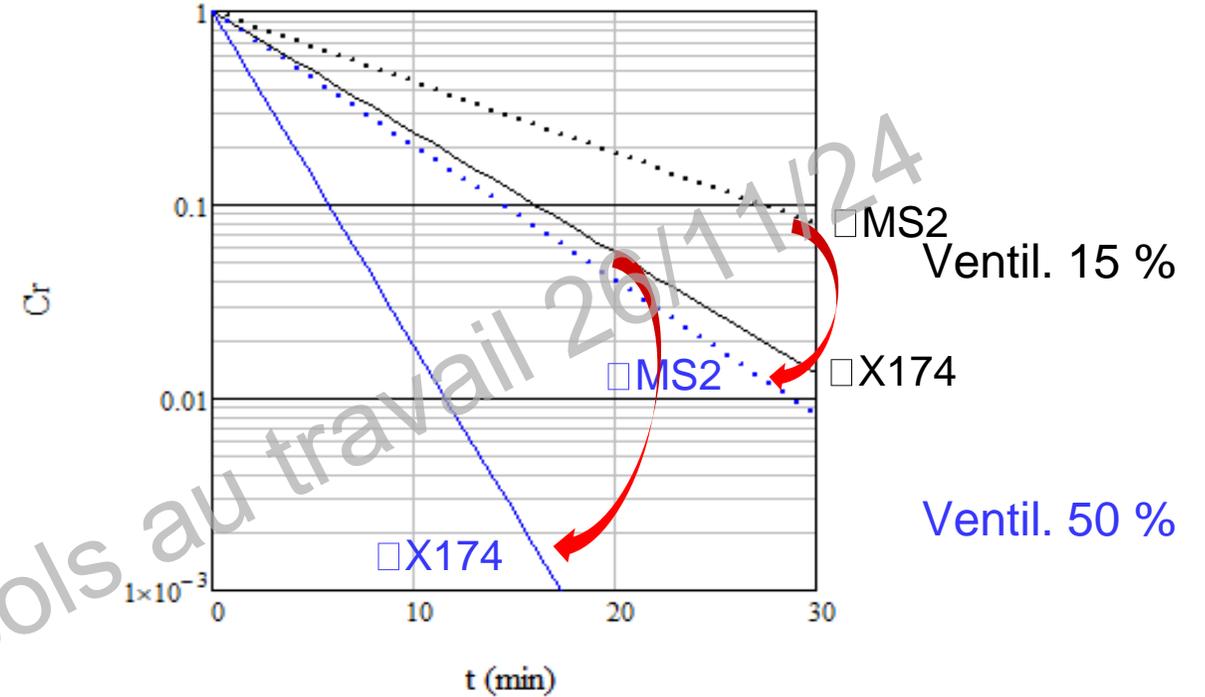


Modélisation épuration par lampe UV



\vec{V} = 0,22 m/s, ventil. 50 %

\vec{V} = 0,06 m/s, ventil. = 15 %



— $k = 0,2 \text{ m}^2/\text{J}$, \square_{X174}

..... $k = 0,038 \text{ m}^2/\text{J}$, \square_{MS2}

Kim DK et al. Applied and Environmental microbiology 84(17) 2018

Compétition entre temps de séjour dans volume éclairé et renouvellement de la population microbienne exposée

? La vitesse de décontamination augmente avec le brassage de l'air

Sensibilité aux UVc

$$\ln\left(\frac{N_t}{N_0}\right) = -k \cdot D \quad D : \text{Dose J/m}^2$$

ISO 15714:2019

Table C.1 — Published susceptibility constants for various microorganisms in air (adapted from Kowalski^[5])

Type	Microorganism	State	k m ² /J	D90 J/m ²	Source
	Staphylococcus epidermis	Veg	0,162 1	14	VanOsdell (2002)
	Staphylococcus epidermis	Veg	0,008	29	VanOsdell (2002)
	Staphylococcus epidermis	Veg	0,113	20	Nakamura (1987)
	Streptococcus agalactiae	Veg	0,434 2	5	Luckiesl
	Streptococcus pyogenes	Veg	1,561	1	Luckiesl
Virus	Adenovirus	dsDNA	0,068	34	Walker (
	Adenovirus	dsDNA	0,039	59	Walker (
	Adenovirus	dsDNA	0,055	42	Jensen (
	Bacteriophage MS2	ssRNA	0,048	26	Walker (
	Bacteriophage MS2	ssRNA	0,038	61	Walker (2007)
	Bacteriophage MS2	ssRNA	0,81	3	Tseng (2005)
	Bacteriophage MS2	ssRNA	0,64	4	Tseng (2005)
	Coliphage øX-174	ssDNA	0,71	3	Tseng (2005)
	Coliphage øX-174	ssDNA	0,53	4	Tseng (2005)

Walker CM, Environ. Sci. Technol., 41 (2007)	Z value (× 10 ⁴) ^b
MS2 (N = 5)	3.8 ± 0.3
adenovirus (N = 4)	3.9 ± 0.3
coronavirus (N = 3)	37.7 ± 11.9

b) □ 10⁻² (m² /J)

Conclusions

- Des dispositifs de décontamination efficaces vis-à-vis des bioaérosols tests
- Lampes (plafonniers):
 - Décontamination potentiellement importante pour une faible consommation énergétique
 - Installation en zones bien ventilées
 - Problème de sécurité liée à l'exposition aux UV
- Epurateurs UV (avec ventilateur):
 - Décontamination dépendant du CADR de l'appareil
 - Maintenance réduite, sans contaminations biologiques internes
- Décontamination uniquement vis-à-vis des bioaérosols virus, bactéries, spores fongiques
Pas d'action sur les autres polluants : particules fines, gaz