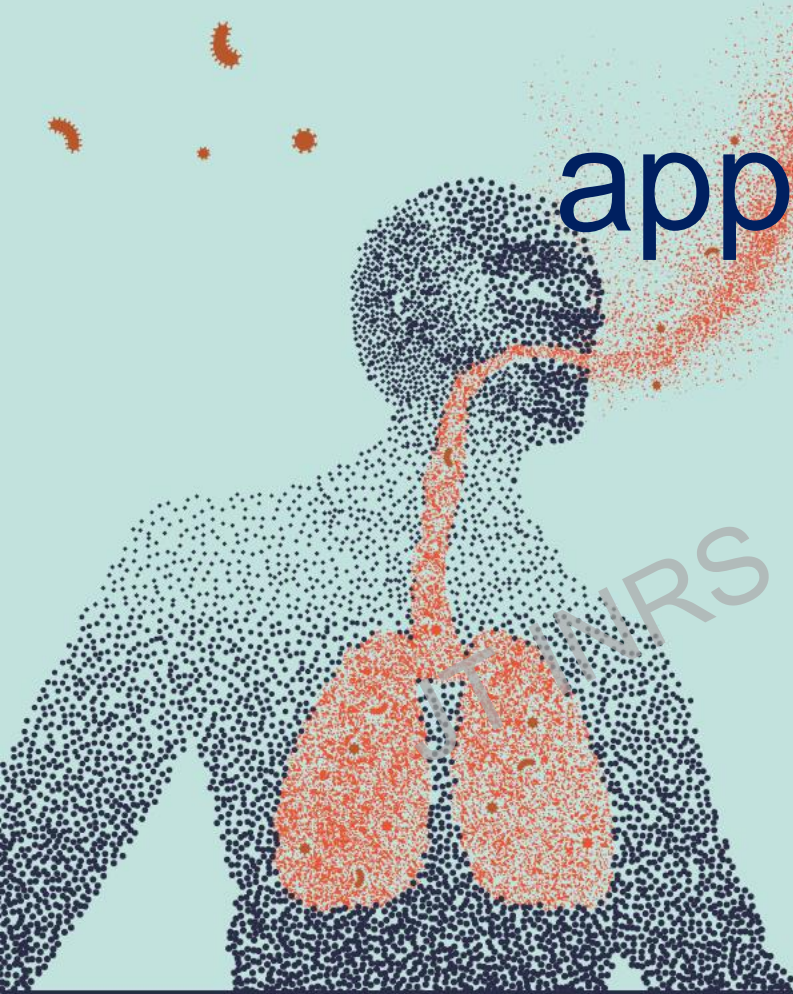


JOURNÉE  
TECHNIQUE



# Etude d'épurateurs à filtre en contexte épidémique : approche laboratoire et in situ

Sébastien RITOUX, M. DRAGHI, S. DELABY, T. DIALLO  
Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)

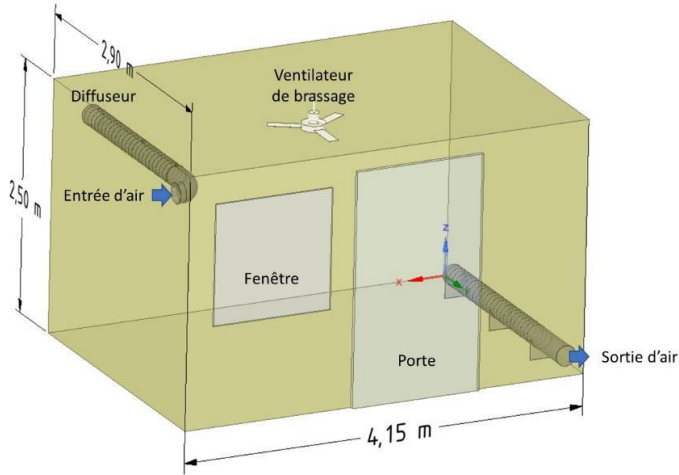


**BIOAÉROSOLS  
AU TRAVAIL**  
Mieux les comprendre pour les prévenir



**26 NOVEMBRE 2024**

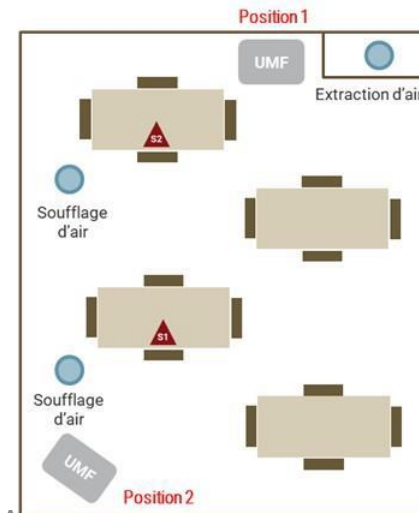
# Une étude à trois échelles



**Tâche 1**  
Inventaire des UMF  
+ Performances intrinsèques

**Tâche 2**  
Performance en œuvre  
en environnement contrôlé  
+ Impact des solutions de gestion

**Tâche 3**  
Performance *in situ*



# Objet de l'étude – choix des UMF

Collecte des données techniques et commerciales de 112 unités mobiles de filtration proposées sur le marché français parmi lesquelles 6 étaient compatibles avec un déploiement en salle de classe

Dénomination et fiche commerciale du produit	Fournisseur originel	Puissance maximale de l'appareil (W)	CADR max revendiqué (m <sup>3</sup> /h)	Procédés mis en œuvre	Débit d'air maximum (m <sup>3</sup> /h)	Poids (Kg)	Niveau sonore maximum (dB)	Lieu de fabrication	Prix TTC (euros)
<a href="#">Blueair Pro L avec filtres Smokestop®</a>	Blueair	170	n.c.	Filtre HEPA + CA	1070	19	55	n.c.	1 519 €
<a href="#">Blueair Pro XL avec filtres Smokestop®</a>	Blueair	256	1614	Filtre HEPA + CA	1683	30	58	n.c.	2 990 €
<a href="#">HEPA Bulle</a>	<a href="#">airinspace®</a>	n.c.	n.c.	Flitre HEPA 14	1000	n.c.	n.c.	France	n.c.
<a href="#">HEPA Cocoon</a>	<a href="#">airinspace®</a>	n.c.	n.c.	Flitre HEPA 14	1500	n.c.	n.c.	France	n.c.
<a href="#">AP140 PRO</a>	Krug & Priester	180	n.c.	Filtre HEPA HEPA H14	1500	50,4	60	France	2 376 €
<a href="#">HEPA Dôme</a>	<a href="#">airinspace®</a>	300	n.c.	membrane ePTFE	2000	26	56	France	n.c.

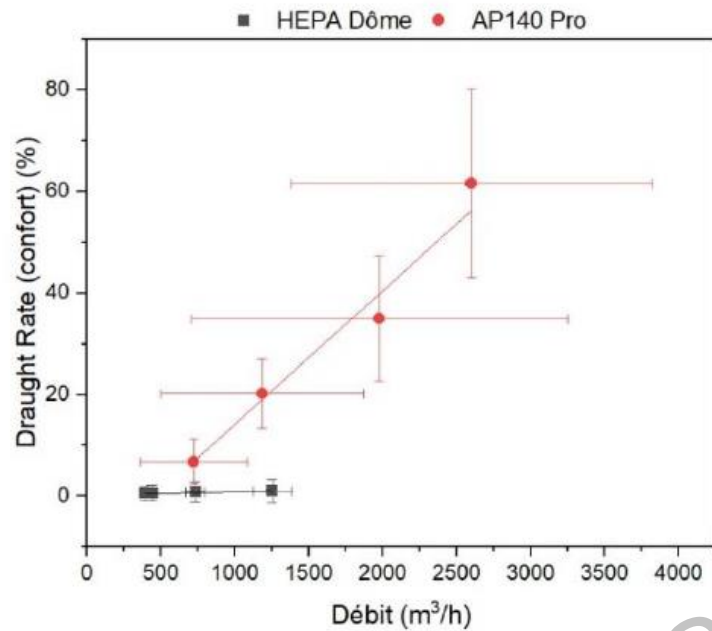
Choix concerté des deux UMF sur la base :

- ✓ des recommandations du HCSP de privilégier un dispositif assurant 5 renouvellements horaires d'air
- ✓ De l'acceptabilité du niveau sonore des dispositifs fonctionnant à plein régime

# Performances intrinsèques des deux épurateurs

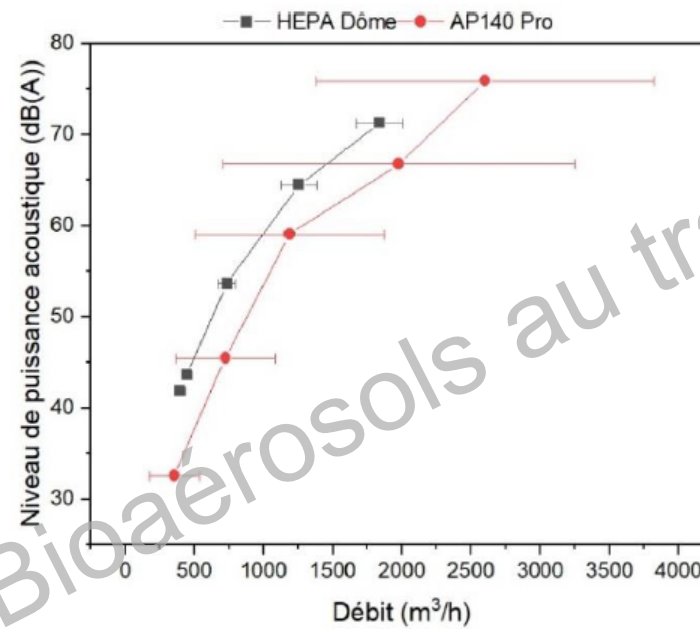
## Phase laboratoire

### Performances aérauliques



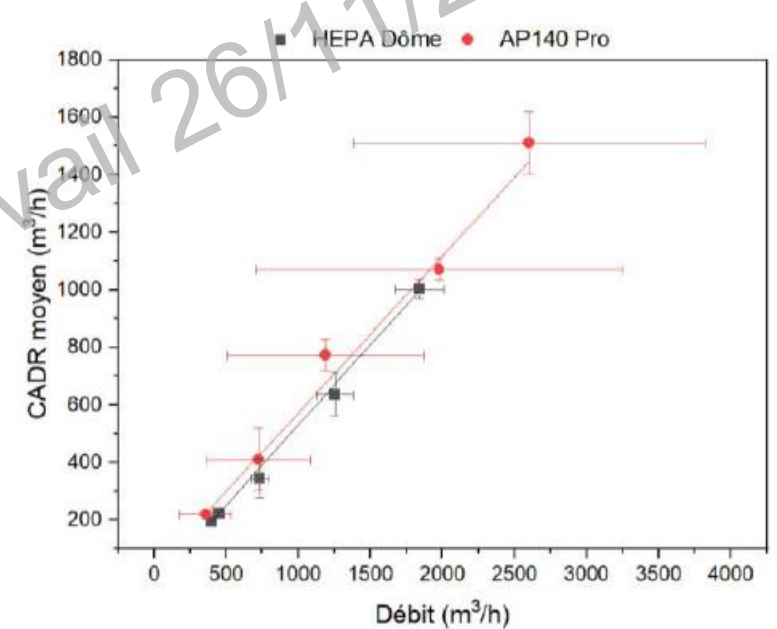
Déterminées à travers l'indice de confort aéraulique *DR* « *Draught rate* », (NF EN ISO 7730), Cet indice, fonction des vitesses d'air, de la turbulence et de la température, permet de juger de la gêne aéraulique associée à l'usage de l'UMF

### Performances acoustiques



Evaluées selon la norme NF EN ISO 3741 en fonction des régimes de fonctionnement des UMF (en salle réverbérante).

### Performances épuratoires



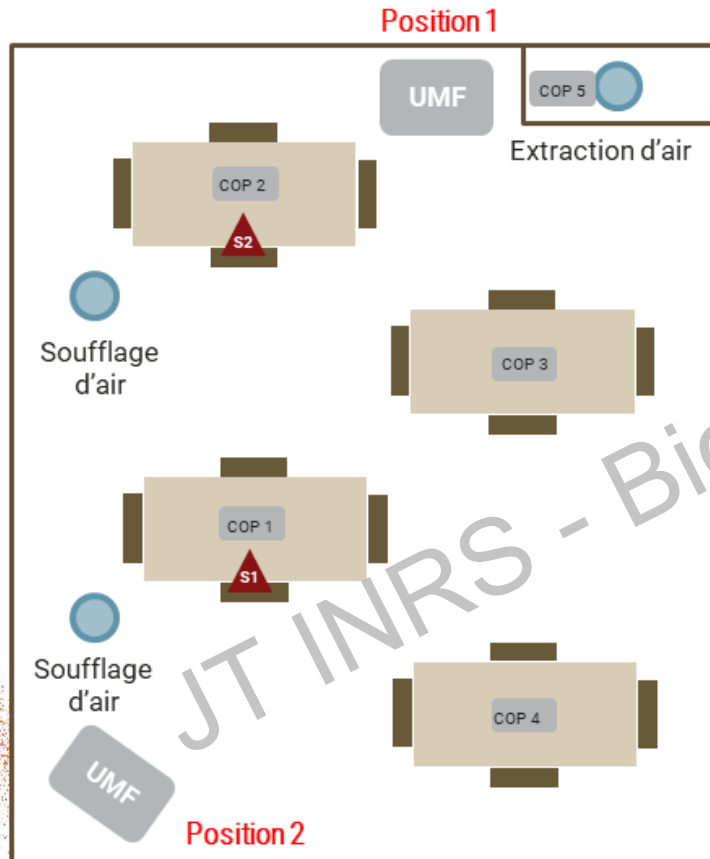
Evaluées, par détermination des CADR moyens sur des particules comprises entre 0,5 et 2,5  $\mu\text{m}$  pour les différents régimes de fonctionnement des UMF.

**Sélection de l'UMF HEPA Dôme, en raison de son faible impact aéraulique**

# Performances en œuvre

## Phase Environnement contrôlé – configuration salle de classe

Variables d'état : renouvellement d'air, débit de l'UMF, sa position dans la pièce et nombre de sources particulières monodispersées (PSL de 0.5, 1.0 et 2.5  $\mu\text{m}$ ) → 8 scénarii

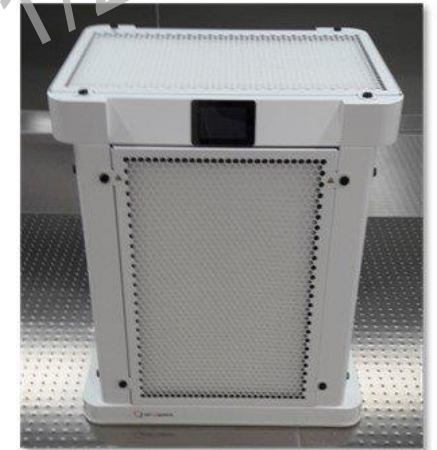
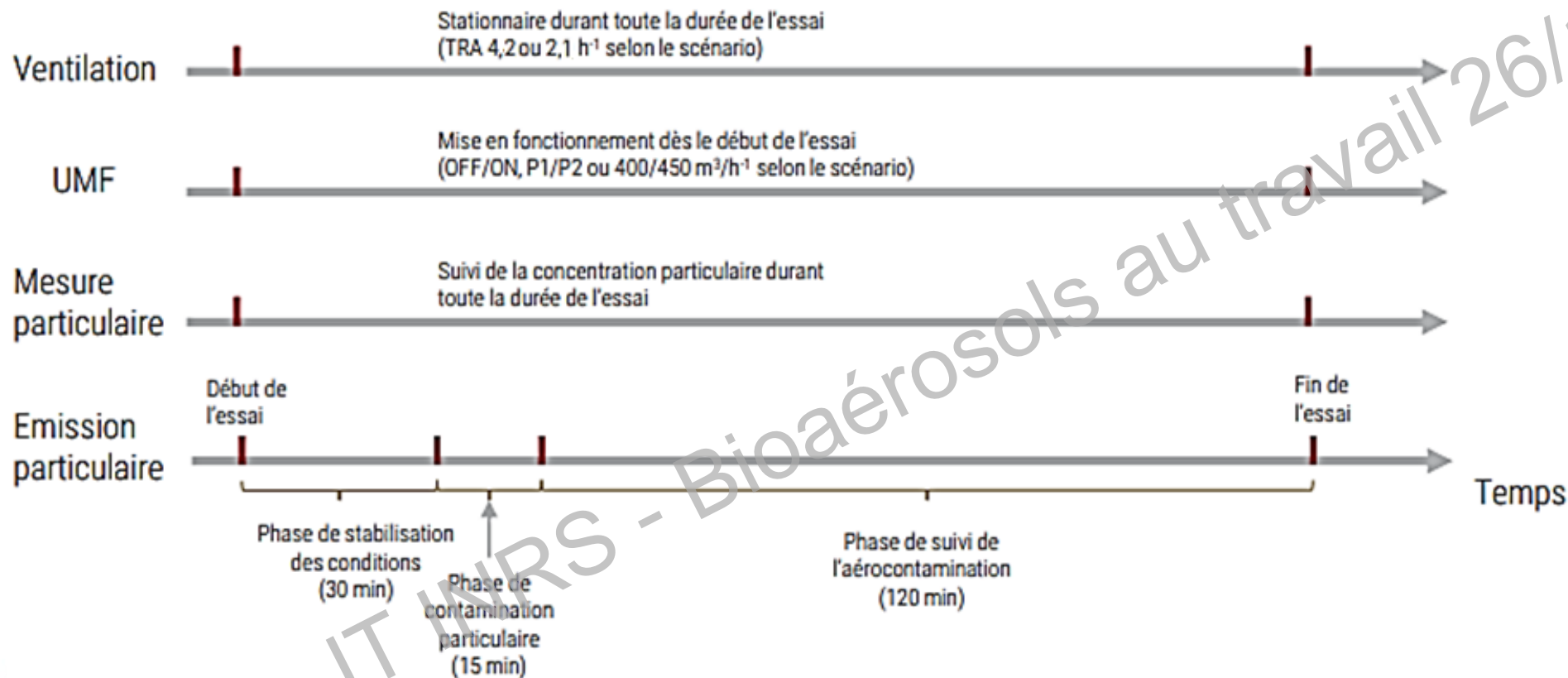


N°de scénario	Scénario	Condition de ventilation	Jauge	Position de l'UMF	Débit de L'UMF
n°1	Référence « RSDT/jauge 1 »	Double flux (TRA à 4,2 h <sup>-1</sup> )	1 source (S1)	-	-
n°2	Référence « Ventilation dégradée/jauge 1 »	Double flux (TRA à 2,1 h <sup>-1</sup> ) 50%	1 source (S1)	-	-
n°3	Référence « RSDT/jauge 2 »	Double flux (TRA à 4,2 h <sup>-1</sup> )	2 sources (S1 et S2)	-	-
n°4	Scénario « UMF_P1 »	Double flux (TRA à 4,2 h <sup>-1</sup> )	1 source (S1)	P <sub>1</sub>	Débit réf. (450 m <sup>3</sup> /h)
n°5	Scénario « UMF_P2 »	Double flux (TRA à 4,2 h <sup>-1</sup> )	1 source (S1)	P <sub>2</sub>	Débit réf. (450 m <sup>3</sup> /h)
n°6	Scénario « UMFmin_P1 »	Double flux (TRA à 4,2 h <sup>-1</sup> )	1 source (S1)	P <sub>1</sub>	Débit min. (400 m <sup>3</sup> /h)
n°7	Scénario « Ventilation dégradée/UMF_P1 »	Double flux (TRA à 2,1 h <sup>-1</sup> ) 50%	1 source (S1)	P <sub>1</sub>	Débit réf. (450 m <sup>3</sup> /h)
n°8	Scénario « UMF_P1/jauge 2 »	Double flux (TRA à 4,2 h <sup>-1</sup> )	2 sources (S1 et S2)	P <sub>1</sub>	Débit réf. (450 m <sup>3</sup> /h)

Débit d'air : 375m<sup>3</sup>/h (référence) ou 190 m<sup>3</sup>/h (dégradé)

# Performances en œuvre

## Phase Environnement contrôlé – méthodologie expérimentale

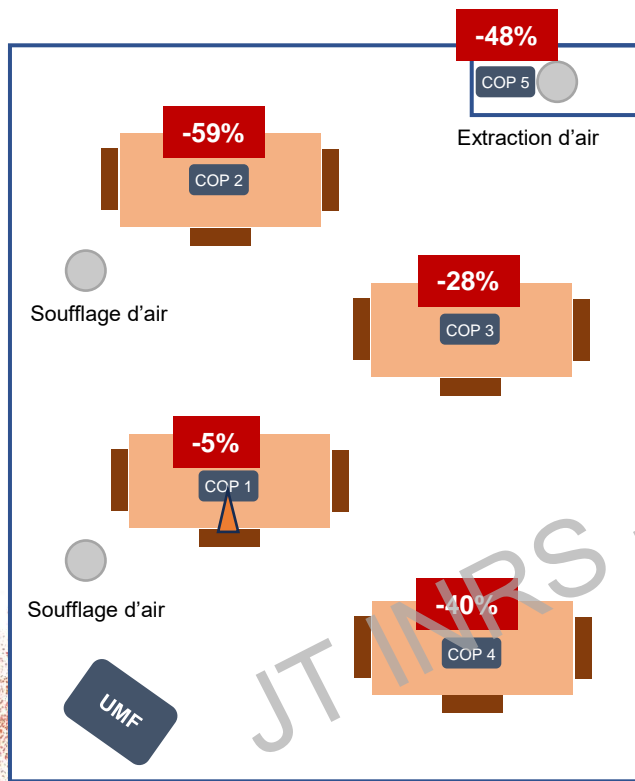


Le dispositif HEPA Dôme dispose de 4 entrées d'air et d'1 sortie d'air, munies de filtres HEPA. Le débit de fonctionnement est compris entre 400 et 2000 m<sup>3</sup>/h.

# Performances en œuvre

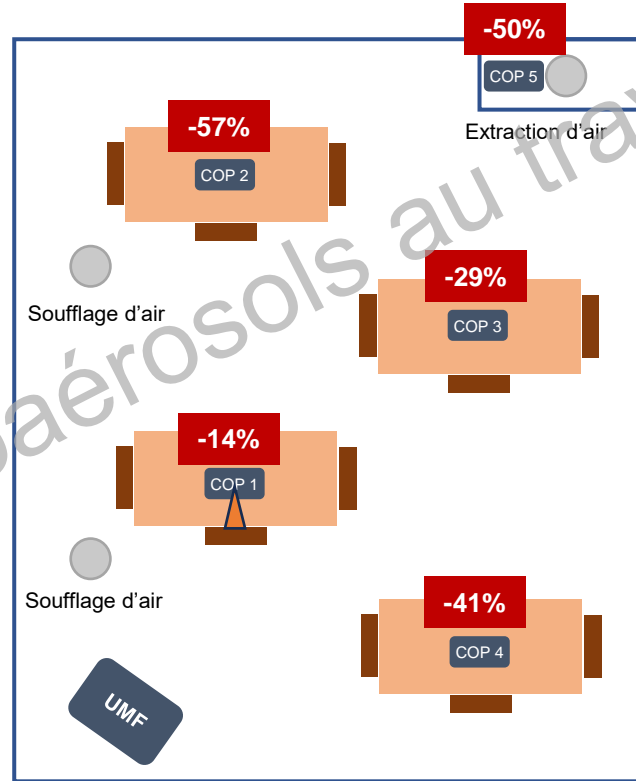
## Influence de la taille des particules - scénario 1 vs scénario 5

$R_1$  : ratio de la concentration particulaire intégrée dans le temps ( $I_{exposition}$ ) sur toute la période d'aérocontamination sur la concentration particulaire intégrée au niveau de la source particulaire ( $I_{source}$ ).



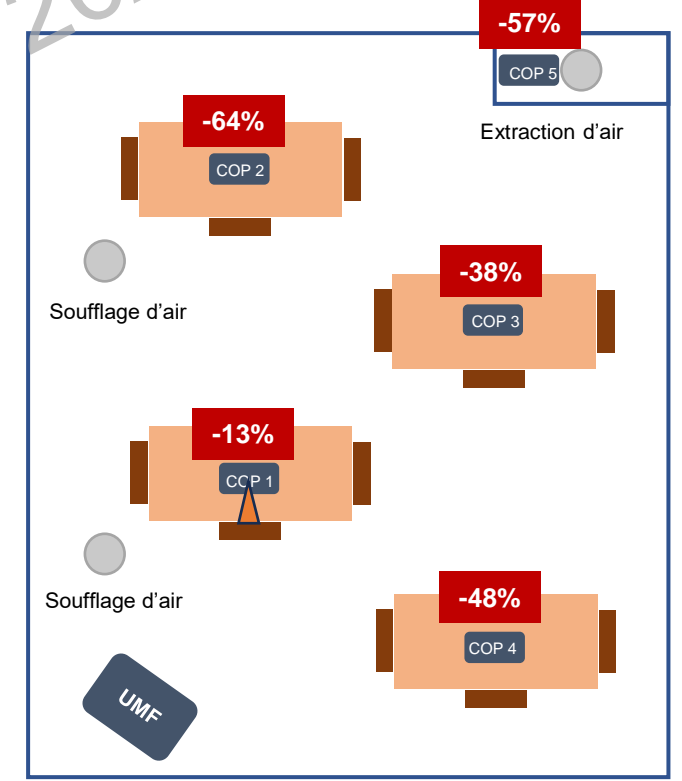
Ratio  $R_1$  en différents points pour les particules de  $0,5 \mu\text{m}$

26 novembre 2024



Ratio  $R_1$  en différents points pour les particules de  $1,0 \mu\text{m}$

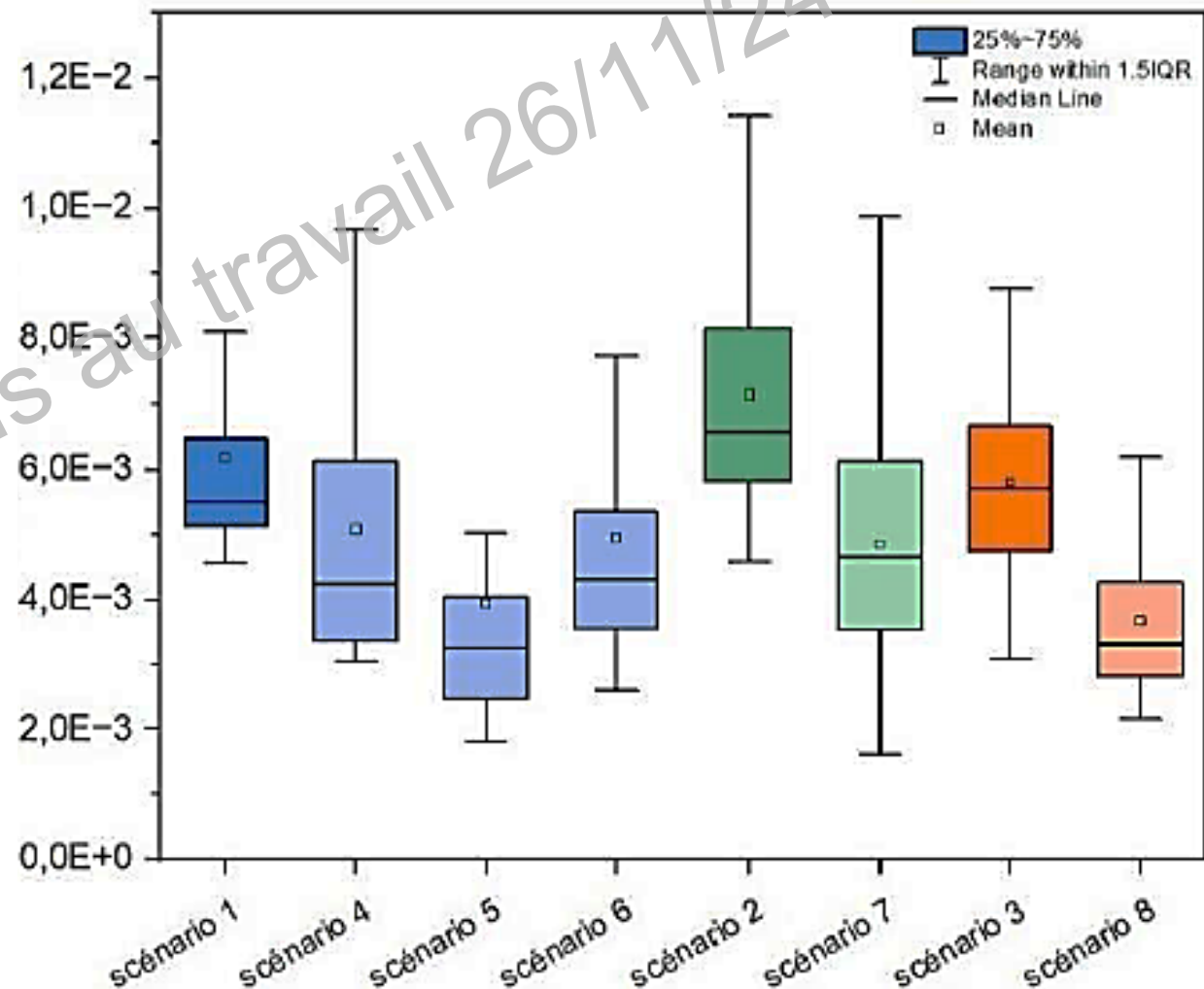
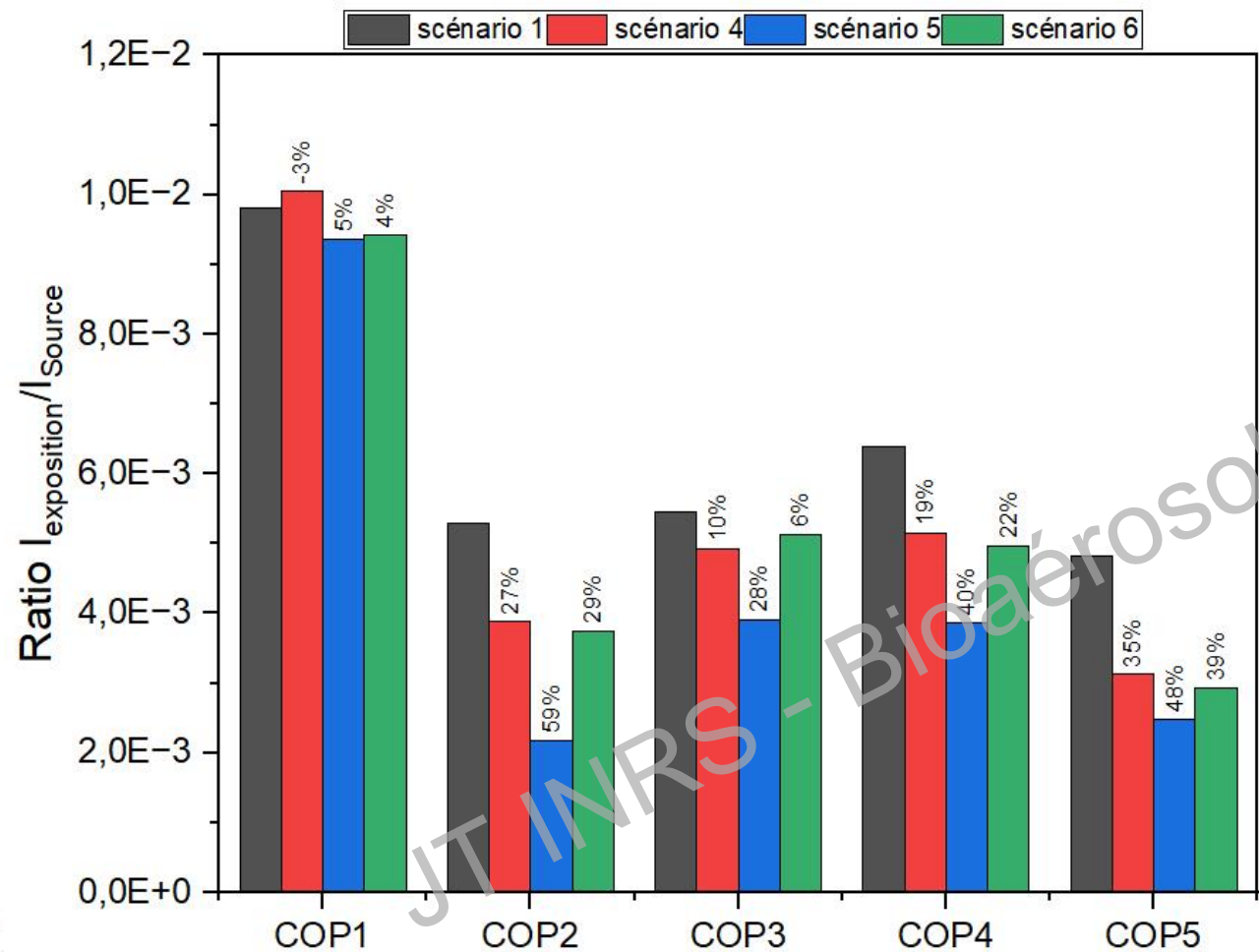
BIOAEROSOLS AU TRAVAIL



Ratio  $R_1$  en différents points pour les particules de  $2,5 \mu\text{m}$

# Performances en œuvre

## Phase Environnement contrôlé – Principaux résultats



Représentativité du  $R_1$  de chaque scénario comparativement à la situation sans UMF pour chaque COP (particules de  $0,5\mu\text{m}$ )



# Performances en œuvre

## Phase Environnement contrôlé – conclusions et discussion

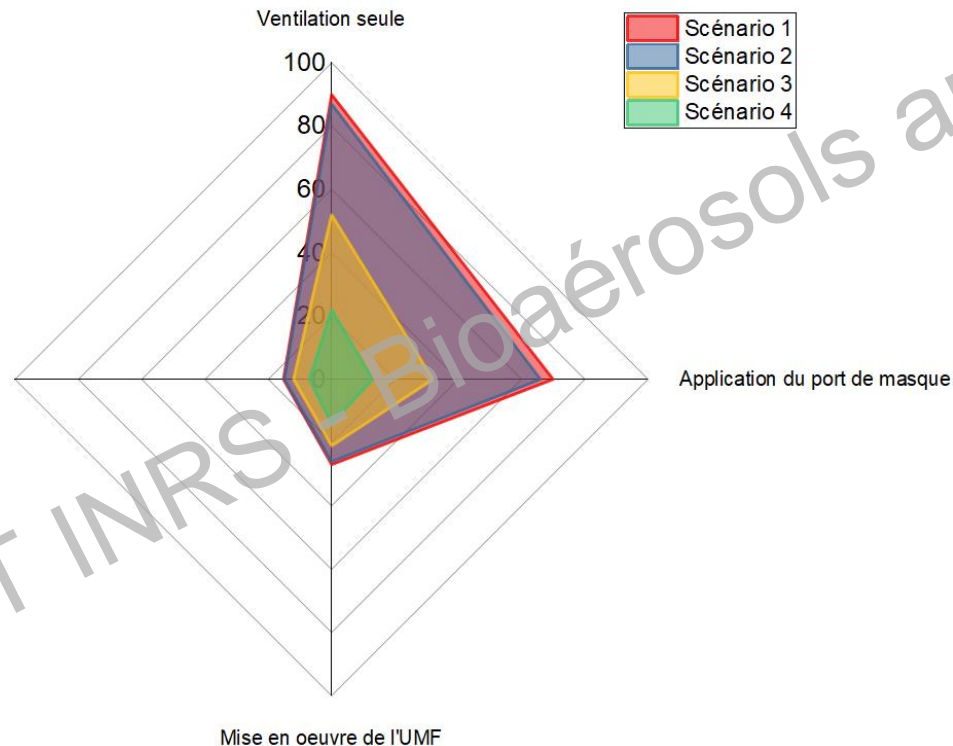
Dans les conditions expérimentales considérées :

- La mise en œuvre de l'UMF réduit les concentrations particulières à l'échelle de la pièce;
- Peu d'impact de l'UMF sur le point de mesure à proximité de la source;
- Le positionnement de l'UMF a une influence notable sur son efficacité globale (proximité de l'UMF avec la source);
- En ventilation dégradée ou en présence de 2 sources de polluants particulaires, la réduction de l'aérocontamination est plus significative ;
- Peu de différences observées entre les différentes tailles de particules.

# Exploration numérique de la probabilité de contamination

## UMF vs autres solutions de gestion – MATHIS QAI

- Scénario 1: sans VMC (Bâtiment ancien avec changement de fenêtre),
- Scénario 2: sans VMC (Bâtiment ancien sans changement de fenêtre),
- Scénario 3: sans VMC scénario 2 + ouverture des fenêtres de 5 minutes toutes les heures,
- Scénario 4: ventilation VMC simple flux avec entrées d'air dans les salles et extraction dans le couloir.



➔ En condition de ventilation s'approchant des recommandations du RSDT (soit scénario 4), l'usage d'une unité mobile de filtration a un impact marginal sur la réduction du risque de contamination dans les espaces clos.

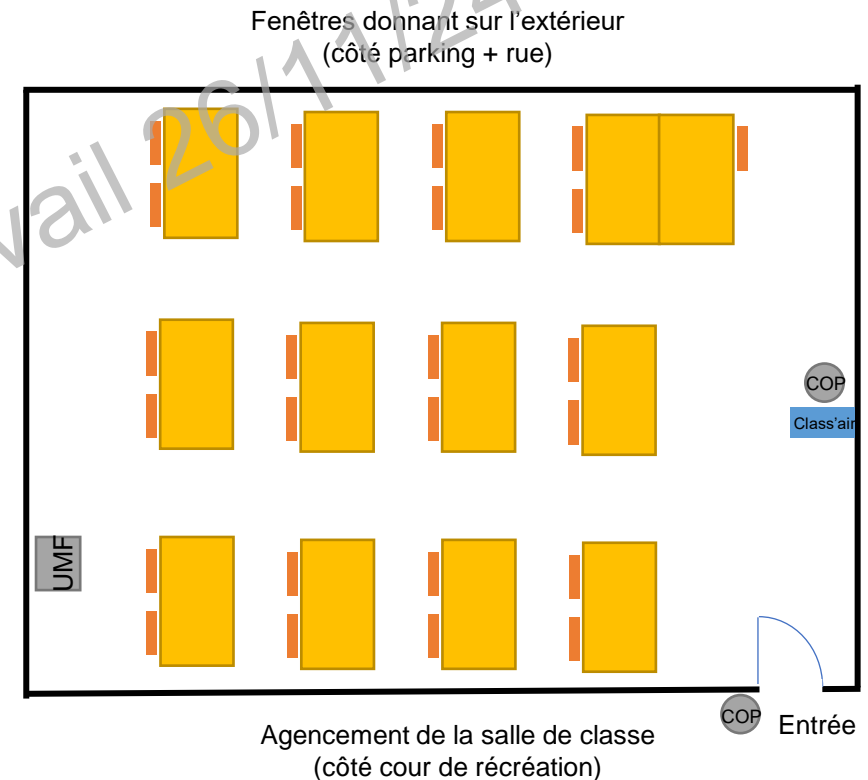
➔ En revanche, en condition de ventilation dégradée, avec l'impossibilité d'aérer par l'ouverture de fenêtre, l'usage des unités mobiles de filtration a un impact significatif, avec une réduction d'environ 60% de la probabilité de contamination.

# Etude exploratoire in situ

## Déploiement en salle de classe

Variables observables :

- Température et humidité relative en continu,
- Concentration du dioxyde de carbone en continu,
- **Concentration particulaire à l'aide d'un compteur optique en continu en extérieur et en intérieur,**
- Bruit ambiant (en dB) - mesure ponctuelle.
- Données météorologiques pendant les mesures : direction du vent, vitesse du vent, température, humidité relative et pluviométrie seront récupérées a posteriori auprès de Météo France.



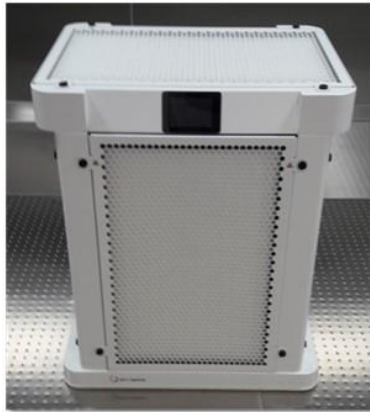
Surface: 56 m<sup>2</sup>

Volume: 175,8 m<sup>3</sup> (hsp=3,14m)

# Etude exploratoire in situ

Métriologie – salle de classe

**Unité mobile de filtration**



Dispositif HEPA Dôme déployé dans la salle avec un débit de fonctionnement fixé à 900 m<sup>3</sup>/h (selon les recommandations du HCSP)

**Capteur Class'air**



Le capteur Class'air permet la mesure de la température, de l'humidité relative et de la concentration en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans les environnements intérieurs.

**Compteur optique de particules**



La mesure de l'aérosol est assurée par un COP Grimm 1.108, avec un pas de temps de 1 minute pour 16 canaux de mesures allant de 0,3 à 20 µm.

# Etude exploratoire in situ

## Résultats - Concentration particulaire en environnement extérieur et salle de classe

- Proposition d'analyser les résultats en établissant les ratio  $C_{int}/C_{ext}$  (utilisation de la médiane de la concentration extérieure).

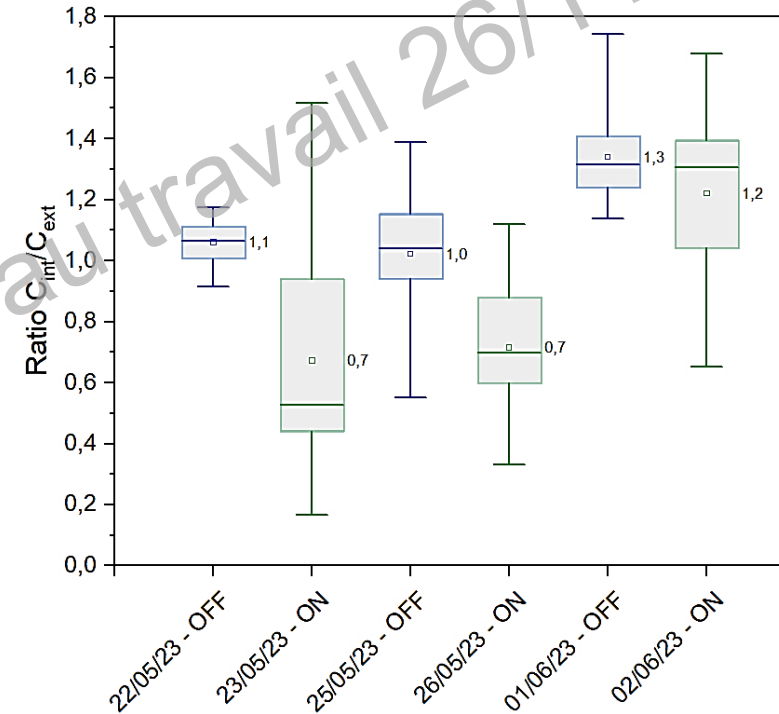
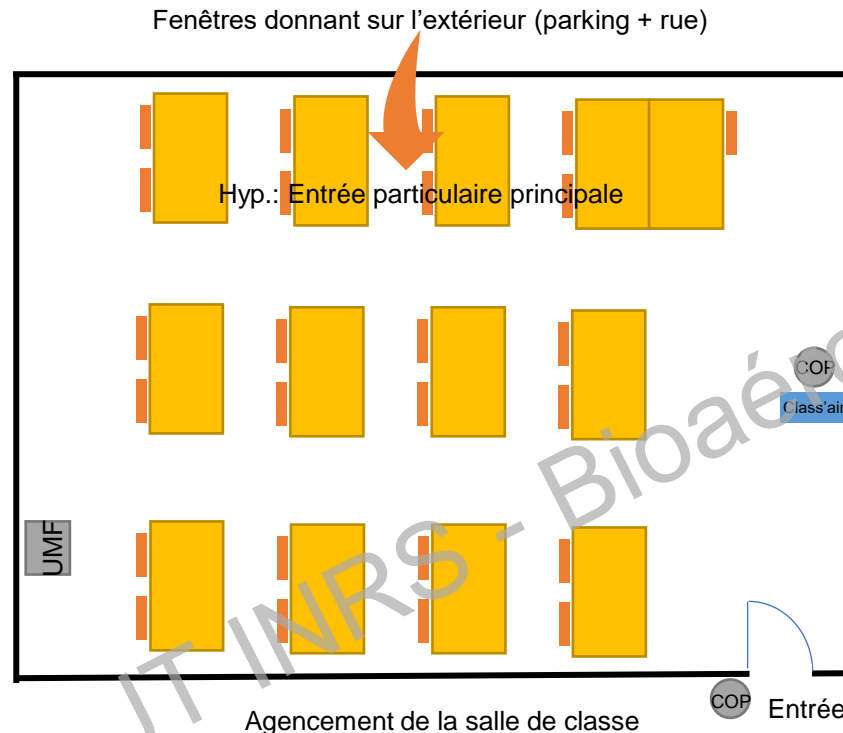


Diagramme en boîte représentant les concentrations particulaires, durant les journées de classe, en environnement intérieur

→ Hypothèse: mesure extérieure peu représentative des transferts particulaires dans la classe.

# Etude exploratoire in situ

## Conclusions

- La mise en œuvre de l'UMF ne supprime pas toute présence de pollution particulaire;
- L'UMF réduit tendanciellement de 38% la concentration en particules dans la salle de classe;
- Dans nos conditions expérimentales, l'UMF mise en œuvre n'a pas eu d'impact sur l'acoustique des environnements intérieurs;
- Les utilisateurs n'ont pas manifesté de gêne liée à l'aéroulque induite par cette UMF;
- Cette étude ne permet pas de préjuger de la transmission interhumaine d'agents microbiens.