

**REPRODUCTION EN BANC D'ESSAIS D'ATMOSPHÈRES
CONTAMINÉES PAR DES PATHOGÈNES RESPIRATOIRES
INFECTIEUX POUR L'ÉVALUATION DE SYSTÈME DE TRAITEMENT
DE L'AIR DANS DES CONDITIONS RÉELLES D'UTILISATION**

**Anaïs Proust, VirexpR
stand B22**

La QAI est un enjeu majeur sanitaire, économique et sociétal

CONCEPT
AVANT
GARANT

Covid-19 (SARS-CoV-2) :

- ❖ 25,3M personnes infectées
- ❖ 125 900 soignants contaminés
- ❖ 139 000 décès

Grippe (influenza) :

- ❖ 10 à 15 000 décès/ an
- ❖ 4M journées de travail perdues/an

Bronchiolite (VRS):

- ❖ Plan blanc dans les hôpitaux
- ❖ 450 000 nourrissons/an (30%)
- ❖ 10 000 hospitalisés (1% décès)

Infection nosocomiales :

- ❖ 1 patient sur 20 à l'hôpital
- ❖ 20 % infection respiratoire

→ Des besoins non pourvus en virologie et microbiologie :

- ✓ Des solutions techniques d'évaluation des dispositifs de traitement de l'air en conditions réelles d'utilisation
- ✓ Un cadre normatif commun adapté à la virologie et microbiologie

2012 à aujourd'hui :



Production en grand volume
de virus respiratoires (BSL-2/BSL-3)



Génération d'atmosphères très hautement
contaminées en virus respiratoires
(influenza, VRS, SARS-CoV-2...)



Collection du volume de l'enceinte
et remise en suspension des
particules virales
Infectieuses résiduelles



Quantifications
infectieuses
des particules virales sur
cellules permissives à
l'infection

Besoins des industriels :

- Grand volume
- Conditions d'essais mimant les conditions réelles d'utilisation

Allier des contraintes fortes de confinement et de biosécurité à l'expérimentation en grand volume

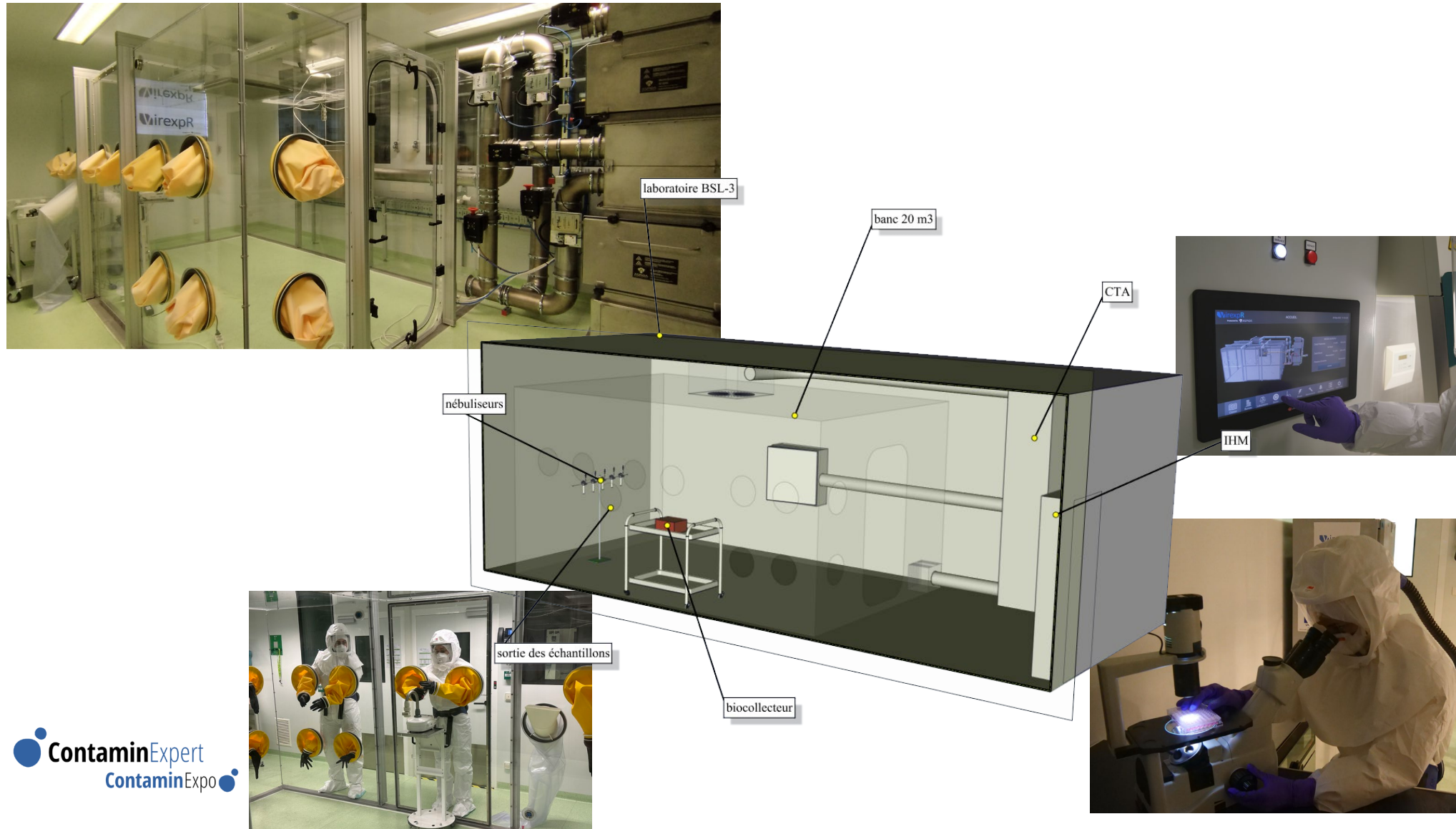
- Nécessité de manipuler des virus respiratoires infectieux en environnements confinés et contrôlés (BSL-2 et BSL-3)
- Conception et réalisation de bancs d'essais de grand volume en tant qu'unités propres de confinement autonomes

Multidisciplinarité technologique

- Mécanique des fluides, Science des matériaux, Virologie et Microbiologie
- Caractérisation et modélisation d'environnements réels d'utilisation des dispositifs de traitement d'air

Montée en échelle des procédés

- Génération d'atmosphères contaminées en grand volume (2,5 m³ à 20 m³)
- Production de lots de microorganismes de grand volume de 200mL à 2L
- Adaptation et optimisation des équipements et méthodes d'échantillonnage des microorganismes





- Génération d'une atmosphère contaminée en virus respiratoires

- Montée en échelle dans les volumes de production de la solution virale
- Adaptation des paramètres de nébulisation
- Homogénéité dans l'espace et stabilité au cours du temps de l'atmosphère contaminée
- Génération d'atmosphère contaminée composée d'un mélange microbiologique complexe (virus, bactéries, moisissures, fluides biologiques)

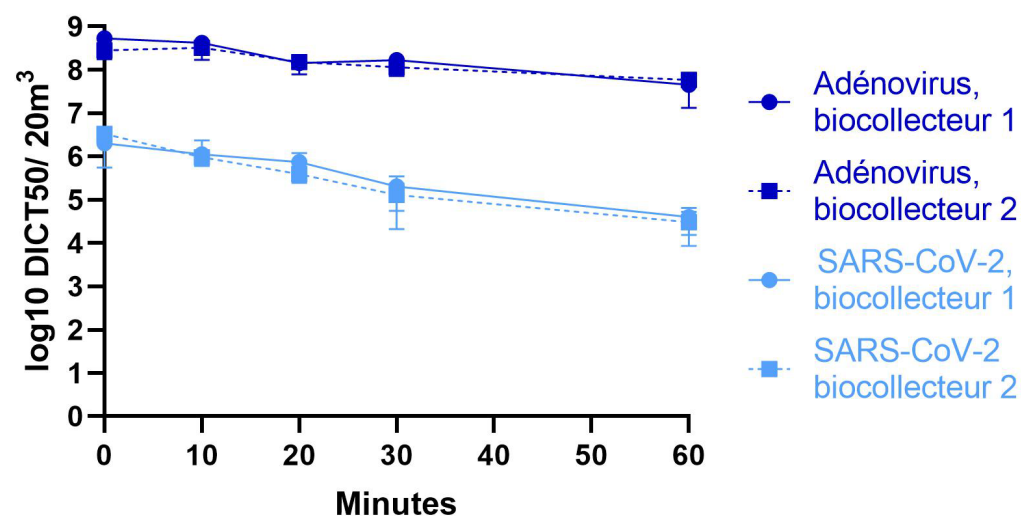
- Nouveau protocole de collection : l'échantillonnage

- Collection d'une fraction du volume
- Suivi d'une décroissance au cours du temps après génération d'UNE atmosphère contaminée
- Sensibilité et reproductibilité de l'échantillonnage

Résultats : Suivi de la décroissance infectieuse naturelle de virus infectieux dans le banc d'essais de 20m³

Mode opératoire :

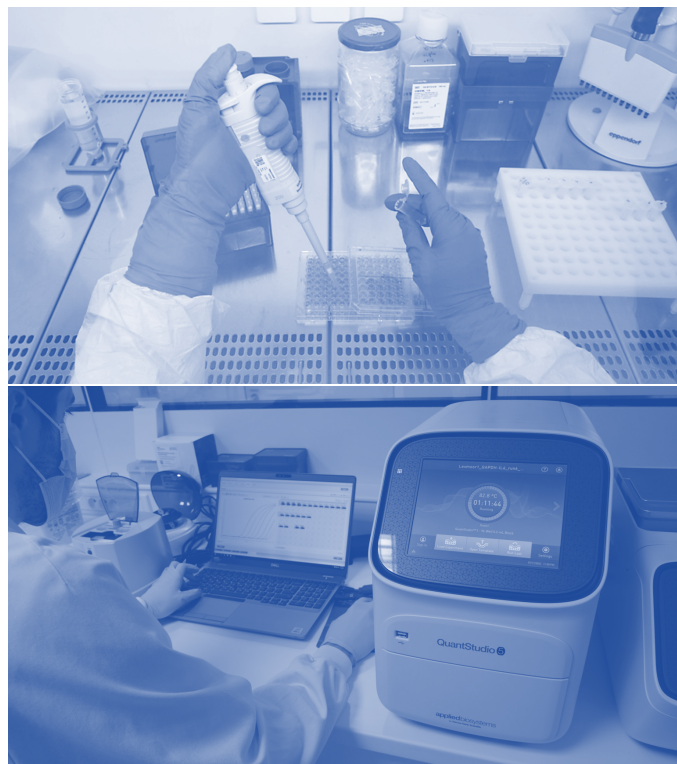
- Génération d'une atmosphère contaminée en virus infectieux (adénovirus humain ou SARS-CoV-2) par nébulisation
- Echantillonnage de l'atmosphère contaminée au cours du temps en 2 points du banc d'essais (2 coriolis μ , Bertin technologies)
- Quantification infectieuse des particules virales résiduelles en DICT50 sur cellules permissives



Suivi de la décroissance infectieuse naturelle de l'Adénovirus humain et du SARS-CoV-2 au cours du temps dans le banc d'essais de 20m³

- Stabilité et homogénéité dans le temps et l'espace de l'atmosphère contaminée en adénovirus au cours des 60 minutes de l'essai
- Stabilité et homogénéité dans le temps et l'espace de l'atmosphère contaminée en virus SARS-CoV-2 au cours des 60 minutes de l'essai

Un banc d'essais de 20m3 : Une nouvelle procédure expérimentale



Mode opératoire :

- **Etape 1 : Témoin négatif**
- **Etape 2 : Suivi de la décroissance naturelle de l'atmosphère contaminée**
 - Génération par nébulisation d'une atmosphère contaminée en virus infectieux ou par un mélange microbiologique complexe (virus, bactéries, moisissures, fluides biologiques)
 - **Echantillonnage** de l'atmosphère contaminée **au cours du temps** en différents points du banc d'essais
 - Quantification
 - infectieuse des particules virales résiduelles en DICT50 sur cellules permissives ou par dénombrement sur boîtes de géloses
 - génomique : (RT)-qPCR
- **Etape 3 : Essai de performance**
 - Génération par nébulisation d'une atmosphère contaminée en virus infectieux ou par un mélange microbiologique complexe (virus, bactéries, moisissures, fluides biologiques)
 - **Fonctionnement du dispositif et échantillonnage** de l'atmosphère contaminée **au cours du temps** en différents points du banc d'essais
 - Quantification
 - Infectieuse des particules virales résiduelles en DICT50 sur cellules permissives ou par dénombrement sur boîtes de géloses
 - génomique : (RT)-qPCR

→ Etude de l'efficacité du dispositif de traitement d'air au cours du temps

- Abattement de la charge infectieuse (virus, bactérie, moisissure)
- Abattement du nombre de copies de génome

Banc d'essais complexe 20m³ : caractérisation des paramètres aérodynamiques



Caractérisation des flux d'air par visualisation



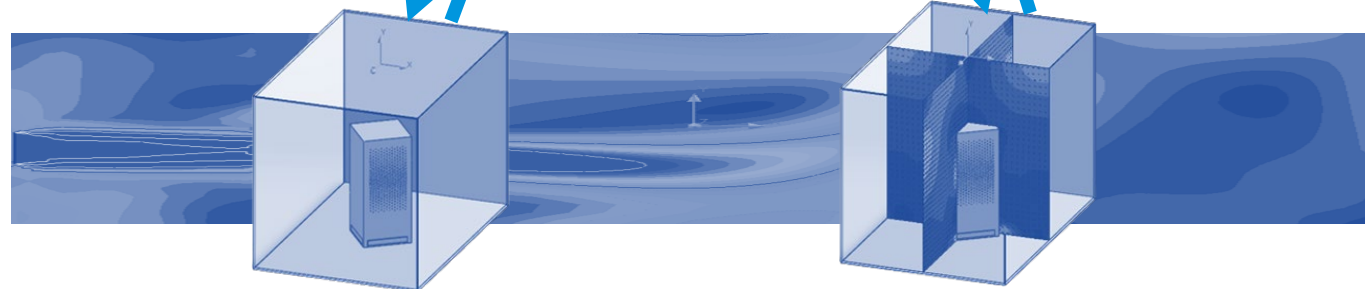
Tomographie laser, Vélocimétrie par Images de Particules (VIP), strioscopie par Background Oriented Schlieren (BOS)

Implémentation de données expérimentales :
mesures physiques et caractérisation des bioaérosols

Données d'entrée pour les simulations

Etudes paramétriques

Variation des conditions environnementales limites et des paramètres géométriques dans l'outil de simulation



Rétro-ingénierie

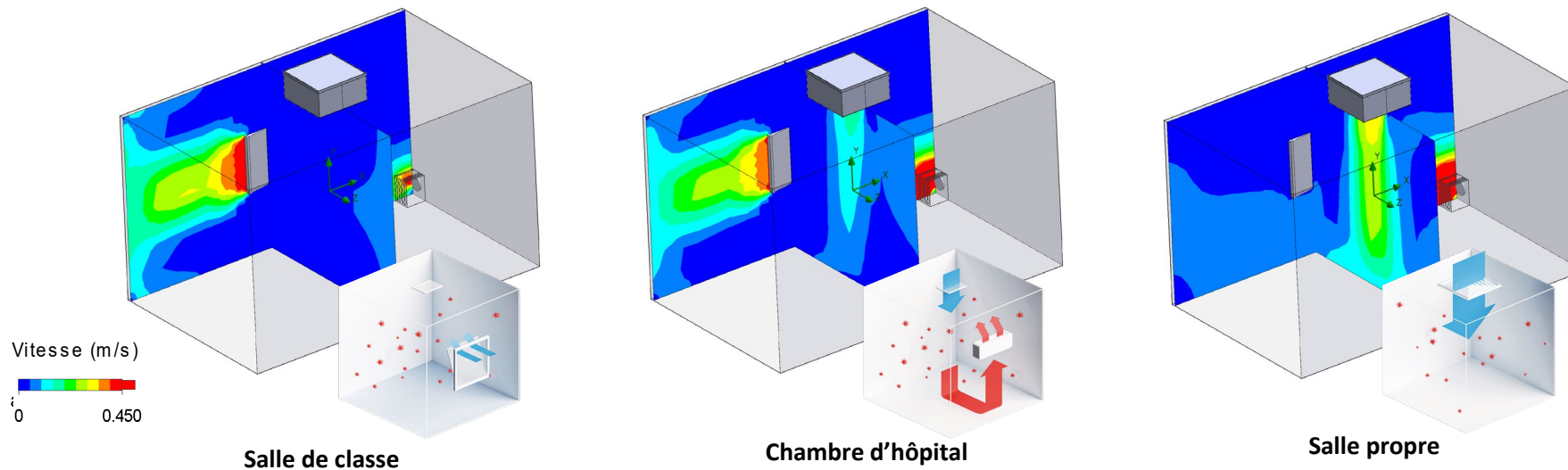
réalisation de maquettes 3D à partir de prises de mesures d'espaces volumétriques et d'objets réels

Simulation numérique des écoulements (CFD)

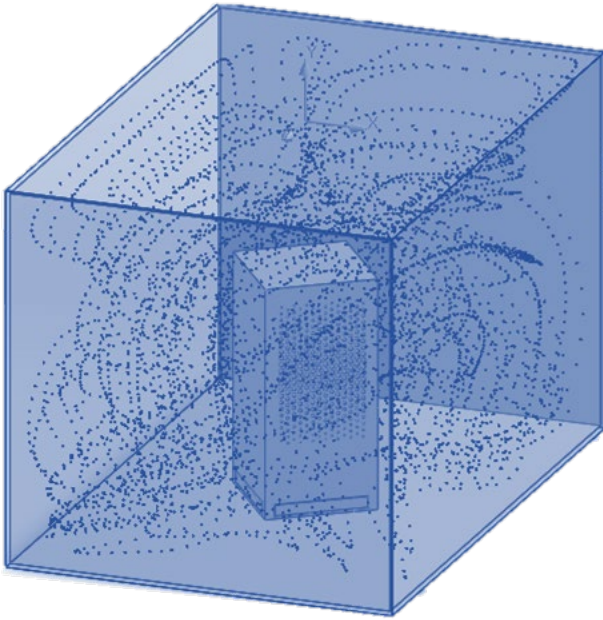
caractérisation de l'aéraulique à partir d'une modélisation 3D d'un espace et d'un dispositif de traitement de l'air

Mode opératoire :

- Etape 1 : Intégration des données géométriques et de vitesse de la CTA
- Etape 2 : CFD des modes de fonctionnement
- Etape 3 : Vérification expérimentales



Visualisation planaire de vitesse issues de simulation CFD pour les 3 modes de fonctionnement du banc d'essais en m/s et représentée par un code couleur (du bleu au rouge de 0 à 0,450m/s respectivement)



Mode opératoire :

- Etape 1 : Intégration des données géométriques et de débits du dispositif de traitement d'air
- Etape 2 : Post traitement du programme de CFD pour suivre l'écoulement des particules
 - Intégration des équipements d'évaluation
 - **Injection des particules solides représentant les bioaérosols**
 - Définition des caractéristiques des surfaces
- Etape 3 : Vérification expérimentales

→ Caractérisation expérimentale de la performance d'un dispositif de traitement d'air

- Sélection du mode de déploiement le plus optimal pour l'évaluation expérimentale du dispositif
- Proposition d'un mode de déploiement *in situ*



Le banc d'essais complexe de 20 m³ est un outil technologique multiparamétrique couplé à des procédures expérimentales innovantes.

- Caractériser expérimentalement les performances des dispositifs de traitement d'air en mimant les conditions réelles d'utilisation

Contribuer à l'élaboration de nouveaux standards pour évaluer la performance des dispositifs de traitement d'air contre les microorganismes incluant les virus respiratoires

- Evaluer de nouveaux dispositifs de mesure : des biocapteurs et bio-collecteurs
- Proposition de modes de fonctionnement et de déploiement spécifiques d'un environnement *in situ*

Améliorer la QAI pour lutter efficacement contre les infections microbiologiques et virologiques dans les environnements confinés et les salles propres

Merci pour votre attention