

MISE EN PLACE D'UNE MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION D'ÉPURATEURS D'AIR APPLIQUÉE AU CONTEXTE DE PANDÉMIE VIRALE

M. Draghi^{*1}, M. Guizard^{1,2}, Ch. Ollivier¹, I. Lacaze¹, S. Ritoux¹, S. Delaby¹, E. Robine¹, D. Samri¹

¹Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 84 avenue Jean Jaurès – 77420 Champs sur Marne

² Sorbonne Université, 4 place Jussieu - 75252 PARIS CEDEX 05

*Courriel de l'orateur : marjorie.draghi@cstb.fr

TITLE

Implementation of a methodology for the evaluation of air cleaners applied to the viral pandemic context

RESUME

Parmi les mesures de prévention déployées pour limiter le risque de transmission interhumaine de la Covid19 dans les espaces de vie figurent la réduction des émissions de virus à la source (port du masque), le nettoyage / désinfection des mains et des surfaces, et le renouvellement de l'air des locaux, par l'aération régulière et par un bon fonctionnement du système de ventilation.

En complément de ces mesures, la question de l'utilisation de systèmes d'épuration de l'air se pose.

Cet article présente la démarche scientifique adoptée et les outils métrologiques et méthodes développés par le CSTB pour qualifier un dispositif de traitement de l'air utilisant les UV-C.

ABSTRACT

The preventive measures to limit the risk of human-to-human transmission of Covid19 in living spaces include reducing viral emissions at the source (wearing a mask), cleaning/disinfecting hands and surfaces, and renewing the air in the premises through regular ventilation and proper functioning of the ventilation system.

In addition to these measures, the question of the use of air purification systems arises.

This article presents the scientific approach adopted and the metrological tools and methods developed by the CSTB to qualify an air treatment system using UV-C.

MOTS-CLÉS : bioaérosol, UV-C, virus / **KEYWORDS**: bioaerosol, UV-C, virus

1. INTRODUCTION

La prévention des viroses respiratoires constitue un enjeu majeur de santé publique qui a connu un regain d'intérêt du fait de la crise sanitaire liée au **SRAS-CoV-2**.

Classiquement, on distingue différents modes de transmission de ces pathologies : par contact direct, par aérosol et par des surfaces contaminées [1]

Parmi les mesures de prévention déployées pour limiter le risque de transmission interhumaine de la Covid19 dans les espaces de vie figurent la réduction des émissions virales à la source, avec le port du masque, le nettoyage / désinfection des mains et des surfaces, et le renouvellement de l'air des locaux, par l'aération régulière et par un bon fonctionnement du système de ventilation.

En complément de ces mesures, la question de l'utilisation de systèmes d'épuration de l'air se pose.

Centralisés au niveau de l'installation aéraulique des bâtiments ou placés dans l'environnement proche des individus, ces dispositifs industriels utilisent différents principes d'épuration dont l'irradiation par UV-C aux propriétés germicides reconnues.

Au regard de ses expertises en microbiologie et physique des aérosols, le CSTB a été sollicité pour évaluer les performances d'un module de centrale de traitement de l'air (CTA) utilisant la technologie UV-C.

Pour répondre à cet objectif de recherche, la démarche adoptée a été d'évaluer, dans un premier temps, l'efficacité intrinsèque de l'épurateur selon une procédure inspirée de la norme ISO 15714. Pour cela, un banc d'évaluation du système a été développé et caractérisé. Ce banc permet de générer des aérosols microbiens stables à partir de suspensions de bactéries ou de virus préalablement calibrées. Une méthodologie de collecte et d'analyse des prélèvements environnementaux a également été mise au point.

Dans un second temps, le gain sur l'exposition apporté par l'épurateur a été déterminé. Pour ce faire, le module a été installé dans la CTA d'un environnement de test réaliste configuré en salle de réunion. Les performances tant intrinsèques que sur l'exposition du système à tester ont été déterminées au travers d'une approche

relative consistant en la comparaison de la flore microbiologique cultivable obtenue avec le système d'irradiation à l'arrêt et en fonctionnement.

Le présent article focalise sur le gain sur l'exposition apporté par la mise en oeuvre du système dans un environnement de test réaliste, son efficacité intrinsèque, déterminée au préalable, sur un aérosol bactérien (*Bacillus atrophaeus* sous forme sporulée) étant supérieure à 99% pour un débit de circulation d'air de 1000 m³/h.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Choix du matériel biologique

Le bioaérosol viral utilisé est produit à partir de suspensions de bactériophage Phi6, agent identifié comme un substitut pour l'étude des virus à ARN enveloppé [2], tel SRAS-coronavirus de 2003 et SRAS-CoV-2, De plus, ce virus à ARN double brin de la famille des *Cystoviridae* a été exploré en tant que modèle d'aérosol viral. [3].

Parasites obligatoires, les virus ne peuvent se reproduire et traduire leur information génétique de façon autonome. De fait, la multiplication du phage Phi6 (DSM 21518) a été réalisée à l'aide de la souche bactérienne hôte, *Pseudomonas syringae* (DSM 21482) selon un protocole élaboré au laboratoire.

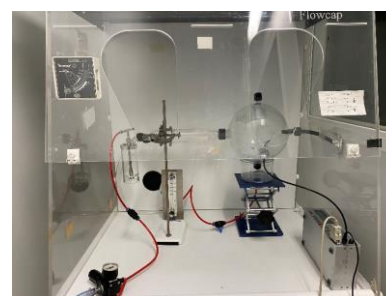
2.2. Environnement réaliste de test

Ce banc est constitué d'une enceinte de 96m³ maintenue à pression atmosphérique et ventilée par une centrale de traitement d'air dédiée, dont les débit d'air sont réglables et au sein de laquelle est installé le module à évaluer. Les essais ont été réalisés dans la configuration Ventilation « Double flux avec recirculation » avec des débits cibles de 500 et 1000 m³/h et un apport d'air neuf minimal, de l'ordre de 100 m³/h.

L'enceinte a été aménagée en une salle de réunion occupée par 2 personnes simulées par des mannequins instrumentés : un individu Source et un individu Exposé (Photographie 1).

La vitesse d'éjection de l'air par le mannequin Source a été fixée à 3.74m/s (1.06m³/h), valeur conforme aux données concernant la parole. [4,5].

Le débit d'inhalation du mannequin Exposé est de 20 L/min, conformément aux exigences de la norme NF EN 481 relative au mesurage de l'exposition aux particules en suspension dans l'air dans les atmosphères des lieux de travail.



Photographie 1 : A gauche : Aménagement du volume d'essai ASTERIA avec positionnement des mannequins instrumentés – A droite de haut en bas : chaîne de production du bioaérosol viral connecté au mannequin Source et dispositif de collecte connecté au mannequin Exposé

2.3. Méthodologie d'évaluation

La stratégie adoptée pour déterminer l'efficacité du dispositif à évaluer en termes de gain sur l'exposition a consisté à comparer la dose infectieuse inhalée par le mannequin « Exposé », selon deux conditions :

dispositif d'irradiation UV-C à l'arrêt (OFF) versus en fonctionnement (ON). Les biocollectes sont réalisées en milieu liquide avec des SKC biosampler® sur la durée de l'essai.

Les prélèvements sont traités en laboratoire : cascade de dilution et ensemencement sur milieu gélosé avant incubation 24h à 25°C.

Pour chaque condition, la dose infectieuse inhalée est calculée à partir du dénombrement des plages de lyses et en intégrant la durée d'inhalation et le débit d'aspiration. Elle est exprimée en UFP (Unité Formant Plaque).

En parallèle des biocollectes au niveau du mannequin Exposé, des prélèvements environnementaux ont été réalisés dans les gaines de soufflage et de reprise d'air, en simultané de la production de l'aérosol viral.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Au regard des charges virales environnementales mesurées dans les gaines de part et d'autre du dispositif de traitement de l'air, il apparaît que sa mise en route réduit la charge virale de plus de 99% pour les deux débits de ventilation : 500 m³/h et 1000 m³/h.

Ce dernier résultat à 1000m³/h conforte celui obtenu en veine aéraulique ONE PASS, pour laquelle une efficacité de plus de 99% avait été observée vis à vis d'un aérosol bactérien constitué de spores de *Bacillus atrophaeus*.

Concernant l'exposition, pour le débit de circulation de l'air fixé à **500 m³/h**, la comparaison des doses inhalées mesurées avec et sans irradiation révèle un abattement de l'ordre de 25%.

Pour le débit de circulation de l'air fixé à **1000 m³/h**, la comparaison des doses inhalées mesurées avec et sans irradiation au niveau de la CTA révèle un abattement de l'ordre de 50%.

Ces résultats démontrent un effet du taux de renouvellement de l'air de l'enceinte. La différence de gain sur l'exposition entre les deux débits testés est sans doute liée à une fraction du bioaérosol mobilisée par le circuit aéraulique plus importante à 1000 m³/h qu'à 500 m³/h. La dilution par l'air traité (système ON) de la charge virale aéroportée dans l'enceinte d'essais est donc plus importante à fort débit.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Pour qualifier les performances épuratoires d'un système de traitement de l'air basé sur l'irradiation UV-C un banc de production de bioaérosols a été développé et caractérisé. La démarche expérimentale adoptée est constituée de deux phases.

La première phase a consisté à déterminer l'efficacité d'inactivation du principe de fonctionnement du module UV-C installé au sein d'une veine aéraulique dans laquelle est généré un bioaérosol de spores de *Bacillus atrophaeus*. La métrologie déployée pour cette évaluation est basée sur la norme ISO 15714 de 2019, Les essais menés système éteint ou en fonctionnement ont permis de statuer sur son efficacité intrinsèque, révélant un abattement moyen du bioaérosol de spores de *Bacillus atrophaeus* supérieur à 99% pour un débit de circulation de l'air de 1000 m³/h)

Au regard de ces résultats, le module UV-C a été installé au sein de la CTA du volume expérimental échelle 1 du CSTB : ASTERIA.

La deuxième phase d'évaluation, objet de la présente communication, visait à définir le gain sur l'exposition apporté par le dispositif en fonctionnement en conditions réalistes dans une enceinte expérimentale vis-à-vis d'un bioaérosol viral pour deux débits de circulation d'air (500 et 1000 m³/h).

Un aérosol de bactériophage Phi6 a été produit et émis dans l'enceinte expérimentale par un mannequin Source, le gain sur l'exposition a été appréhendé par des biocollectes réalisées au niveau d'un mannequin Exposé et ce avec le système UV-C en fonctionnement ou à l'arrêt. Ces essais ont révélé un abattement de la dose inhalées de l'ordre de 25% pour le débit à 500m³/h et de l'ordre de 50% pour le débit à 1000m³/h.

L'exploitation des prélèvements environnementaux réalisés au niveau des bouches de soufflage et de reprise d'air de l'enceinte, c'est-à-dire de part et d'autre du système, a révélé un taux d'abattement supérieur à 99% pour les deux débits testés. Ce résultat, cohérent avec celui obtenu lors de l'évaluation intrinsèque atteste donc du fonctionnement du dispositif lors de son installation dans la CTA de l'enceinte.

Les essais ont mis en évidence un effet du dispositif sur la dose inhalée. Néanmoins pour apprécier le gain sanitaire vis à vis de la transmission des viroses respiratoires par voie aérosol, ces résultats doivent être mis en regard de la dose infectieuse contaminante de l'agent viral.

En perspective, différentes évolutions peuvent être envisagées :

- décliner la méthodologie d'évaluation pour l'appliquer à d'autres systèmes et modules d'épuration de l'air,
- tester d'autres scénarios d'aménagement, de ventilation et d'implantation des systèmes de traitement de l'air.

5. REMERCIEMENTS

Le CSTB remercie M Philippe PETIT, de la société MLER, pour son accompagnement dans la caractérisation aéraulique du volume d'essai.

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Tellier, R., Li, Y., Cowling, B. J., & Tang, J. W. (2019). Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary. *BMC infectious diseases*, 19(1), 1-9.
- [2]. Ford, B. E. (2015). *Pseudomonas bacteriophage Φ6 as a model for virus emergence*. City University of New York.
- [3]. Verreault, D., Moineau, S., & Duchaine, C. (2008). Methods for sampling of airborne viruses. *Microbiology and molecular biology reviews*, 72(3), 413-444.
- [4]. Chao, C. Y. H., Wan, M. P., Morawska, L., Johnson, G. R., Ristovski, Z. D., Hargreaves, M., ... & Katoshevski, D. (2009). Characterization of expiration air jets and droplet size distributions immediately at the mouth opening. *Journal of aerosol science*, 40(2), 122-133.
- [5]. Kwon, S. B., Park, J., Jang, J., Cho, Y., Park, D. S., Kim, C., ... & Jang, A. (2012). Study on the initial velocity distribution of exhaled air from coughing and speaking. *Chemosphere*, 87(11), 1260-1264.