Transmission aéroportée de virus : une évaluation quantitative des temps de suspension et d'infectivité des aérosols porteurs de virus en fonction des paramètres environnementaux

Kevin Roger[1], Tania Merhi [1], Omer Atasi[1], Clémence Coetsier[1] and Benjamin Lalanne[1]

Affiliation 1 : *Laboratoire de Génie Chimique de Toulouse UMR 5503, CNRS, INPT, UPS*

La transmission par voie aérienne se produit par le transport des virus par des gouttelettes après l'expulsion d'un aérosol par un hôte infecté. L'efficacité de la transmission résulte de la combinaison du temps de suspension des gouttelettes dans l'air, contrôlé par le couplage entre l'évaporation de l'eau et la sédimentation des gouttelettes, avec la survie du virus dans la gouttelette qui sèche (Fig. 1). En outre, les gouttelettes sont constituées d'un fluide respiratoire et présentent donc une composition complexe composée d'eau et de solutés non volatils.

Ici, nous quantifions l'impact de cette composition complexe sur les différents phénomènes qui sous-tendent la transmission. Les solutés entraînent un comportement thermodynamique non idéal, qui fixe une taille de gouttelette d'équilibre indépendante de l'humidité relative. En revanche, les solutés n'entravent pas significativement le transport en raison de leur faible concentration initiale. Des temps de suspension réalistes sont calculés et augmentent avec une humidité relative croissante ou une température décroissante. En découplant les étapes de séchage et de suspension, nous observons que les virus enveloppés modèles peuvent rester infectieux pendant des heures dans des gouttelettes séchées. Cependant, leur infectivité diminue avec l'augmentation de l'humidité relative ou de la température après quelques dizaines de minutes.

L'examen des distributions de taille des gouttelettes expulsées à la lumière de ces résultats permet de distinguer deux aérosols. Le premier aérosol contient des gouttelettes de taille 0-40 microns, ce qui correspond à la majorité en nombre de gouttelettes et reste en suspension pendant des heures. Son efficacité de transmission est réglée en diminuant l'infectivité par l'augmentation de l'humidité et de la température. Le second aérosol, composé de gouttelettes de 40 à 100 microns, ne reste en suspension que quelques minutes, mais représente un volume et donc une charge virale beaucoup plus élevés. Son efficacité de transmission est réglée en diminuant le temps de suspension par une augmentation de l'humidité et une diminution de la température.

Dans l'ensemble, nous avons développé une méthodologie générale, quantitative et transdisciplinaire pour aborder le problème multi-échelle de la transmission par voie aérienne. Les connaissances qui en résultent permettront de concevoir de manière rationnelle des stratégies d'atténuation pour l'avenir.

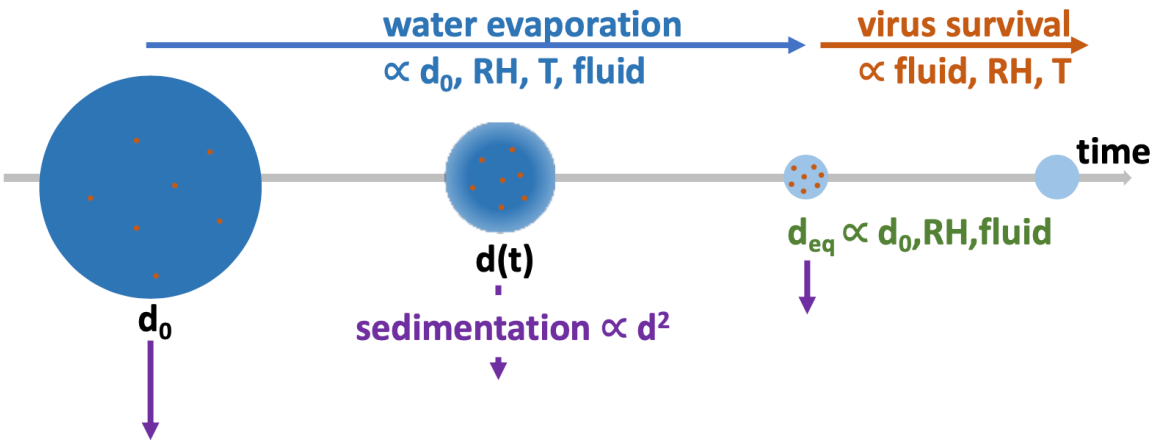

Figure 1 : Phénomènes impliqués dans la transmission par voie aérienne. L'évaporation des gouttelettes est une étape clé de la transmission par voie aérienne et dépend de la taille initiale des gouttelettes, des conditions environnementales telles que la température et l'humidité relative, mais aussi de la composition du fluide. La présence de solutés non volatils dans les gouttelettes de fluide respiratoire fixe notamment une taille d'équilibre et peut également avoir un impact sur la cinétique de séchage. La sédimentation des gouttelettes, qui détermine le temps de suspension des aérosols, est donc directement impactée par l'évaporation de ce fluide complexe. De plus, l'environnement des virus change pendant le séchage, ce qui peut avoir un impact sur leur survie.

Références bibliographiques

T. Merhi, O. Atasi, C. Coetsier, B. Lalanne and K. Roger*, Assessing suspension and infectivity times of virus-loaded, submitted to *PNAS*