



**HAL**  
open science

## Evolution des émissions expiratoires bucco-nasales

Louise Cottier, Salsabil Dannane, Christophe Dumouchel, Marie-Charlotte Renoult

► **To cite this version:**

Louise Cottier, Salsabil Dannane, Christophe Dumouchel, Marie-Charlotte Renoult. Evolution des émissions expiratoires bucco-nasales. Congrès Français sur les Aérosols, Jan 2021, Virtuel, France. <hal-03121054>

**HAL Id: hal-03121054**

**<https://hal.science/hal-03121054v1>**

Submitted on 26 Jan 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

## Contexte

- Pandémie de Covid-19 → besoin de mieux comprendre la propagation des émissions expiratoires bucco-nasales.
- Modèle historique de Wells [1] (1934) : représentation des émissions expiratoires par des gouttes, de deux tailles différentes, aux trajectoires quasi indépendantes évoluant dans l'air, environnant.
- Modèle plus récent, plus réaliste Bourouiba [2] (2020) : représentation des émissions expiratoires par un **nuage diphasique humide chaud turbulent**.
- Identification de très fines gouttes (taille inférieure au micron) désignées par le terme d'**aérosols**.

## Objectif

Réalisation d'une étude bibliographique pour constituer une base de réflexion pour de futures études.

### EJECTION

#### 2 types de conditions d'éjection

Conditions « standards » : **Respiration, Prise de parole**

- **Vitesse d'éjection faible.**
- **Quantité de liquide éjecté généralement faible** (plus importante pour les individus dits « super-émetteurs » et augmentant avec l'intensité sonore de la voix, indépendamment de la langue parlée [3]).
- **Niveau d'atomisation relativement élevé** de la phase liquide.

Conditions « extrêmes » : **Toux, Eternuement**

- **Vitesse d'éjection importante** ( $Re > 10^4$ ). [4, 5]
- **Quantité importante de liquide éjecté.**
- **Niveau d'atomisation relativement faible** de la phase liquide, en particulier pour l'éternuement.

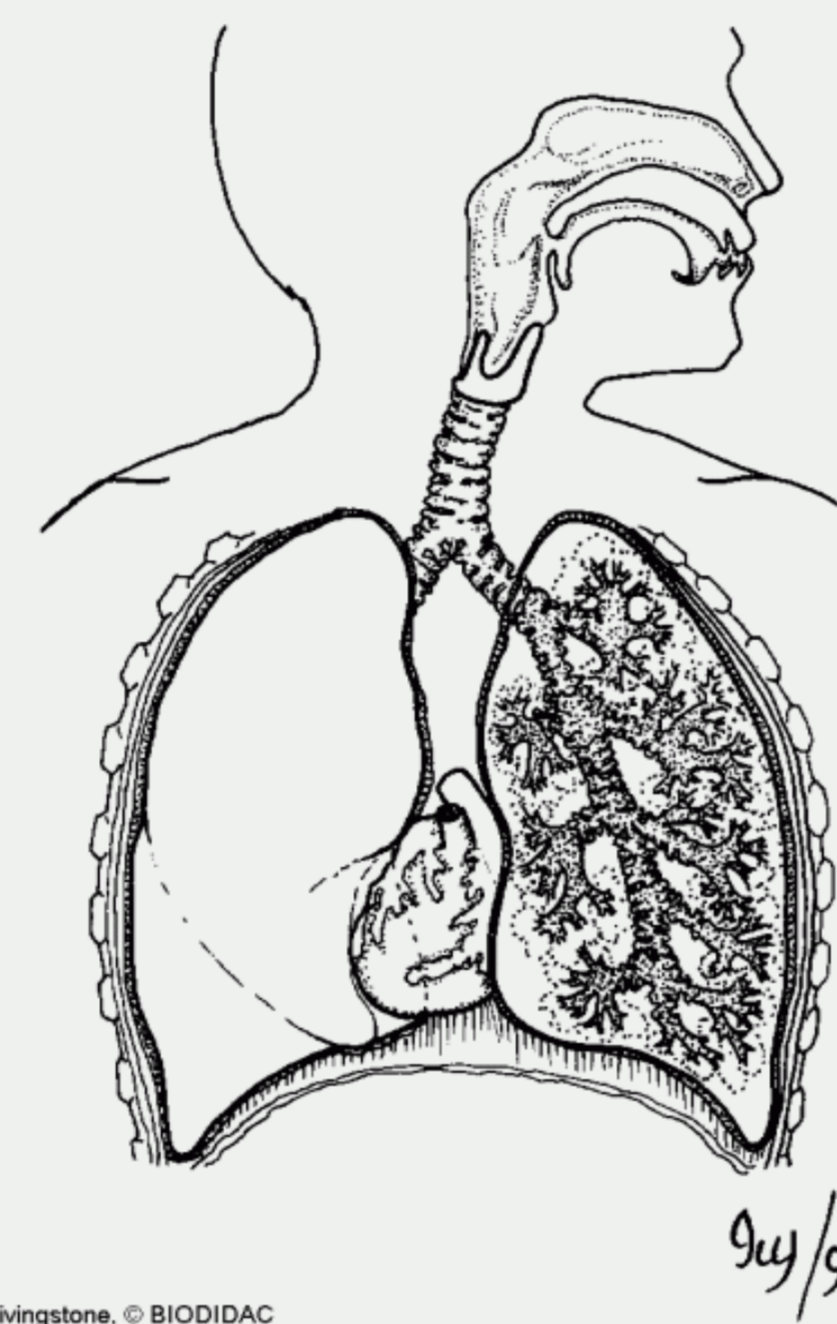
**Nature des émissions : Système diphasique** (Phase gazeuse : air)

Phase liquide :

- **Mélange de salive et de mucus** dont les fractions relatives dépendent des organes de provenance (et donc du mode d'éjection). [4]
- **Propriétés viscoélastiques** liées à la nature macromoléculaire de certains constituants (acides gras, protéines). [4, 6]
- **Variation de composition d'un individu à l'autre** suivant ses caractéristiques physiologiques (sexe, âge, poids, indice corporel, état de santé, etc). [6]

**Température des émissions**

- Pas rapportée dans les études expérimentales consultées.
- Prise égale à la température de la bouche du sujet dans les études numériques (32°C dans [5] et 34°C dans [7]).



Livingstone, © BIODIDAC

1

### ATOMISATION

Multiple processus d'atomisation de la phase liquide, en particulier dans le cas de l'éternuement : perturbation d'une nappe de liquide à la sortie de la bouche, fragmentation en réseau de ligaments, formation de gouttes. [2, 4]

### TRANSPORT

Dispersion, élongation et rotation du nuage d'émissions soumis à un certain niveau de turbulence initial, à un cisaillement et à la gravité. [2, 8, 7, 5]

### EVAPORATION

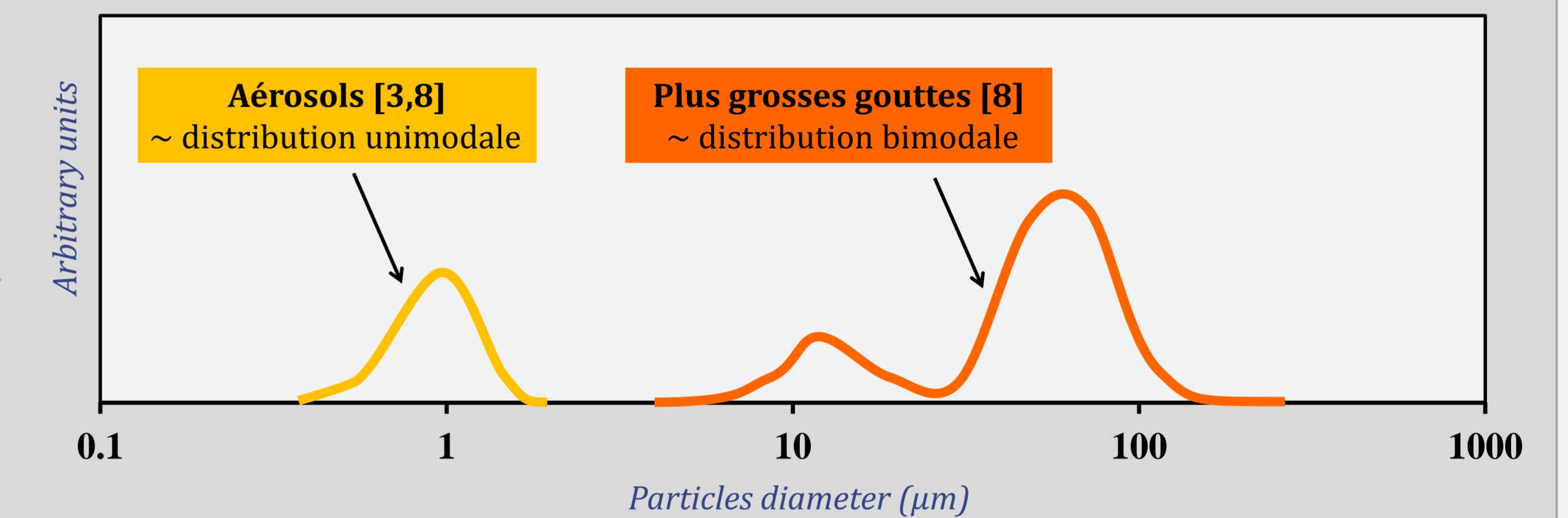
Evaporation d'une partie de la phase liquide, souvent déjà atomisée, donnant lieu à une réduction de diamètre des grosses gouttes et à une modification de la cinétique du nuage d'émissions. [7]

2

### SPRAY FINAL

Distribution de taille : 2 types de particules liquides

Graphique qualitatif de distribution de tailles de gouttes



- **Vive disparité des résultats**, qui semble provenir d'un manque de moyens statistiques, de la multiplicité des méthodes de mesure, et de la distance de mesure à l'éjection, et de la non-reproductibilité des événements. [3, 8]

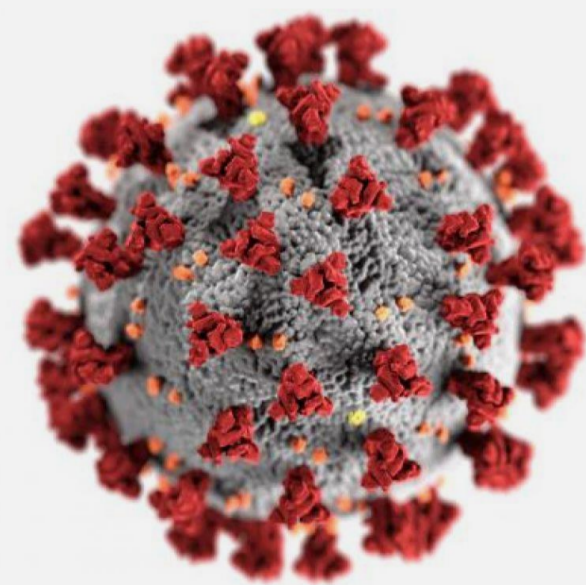
**Distance de propagation**

- Prédiction du modèle de nuage multiphasique turbulent : **plusieurs mètres**. [2]
- Visualisations d'une toux en utilisant de la farine comme traceur : **supérieure à 2 mètres**. [5]
- Visualisations à imagerie rapide d'éternuements : **estimée à 7 mètres**. [2, 4]

**Durée de vie des aérosols**

- Détection de particules de virus SARS-Cov-2 dans des systèmes de ventilation d'infrastructures hospitalières : **estimée à des heures**. [2]

## TAILLE DU VIRUS SARS-Cov-2



(Image du Centre pour le Contrôle et la Prévention des Maladies)

Diamètre estimé entre 50 et 200 nm. [9]

## INFLUENCES DU MILIEU ENVIRONNANT

**Existence d'un flux d'air** (études par simulations numériques)

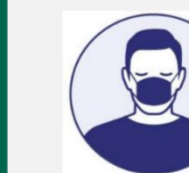
- Vent unidirectionnel dirigé dans le sens de la toux. [7]  
**Réduction globale du diamètre des gouttes et propagation plus lointaine du nuage d'émissions avec l'augmentation d'intensité d'un tel vent.**
- Flux d'air issu d'un climatiseur dans une salle contenant deux sujets, l'un toussant de manière consécutive, l'autre inhalant de manière continue. [5]  
**Influence significative de la position du climatiseur sur l'orientation et la dispersion du nuage d'émissions.**

**Humidité et Température du milieu ambiant**

- Influences non étudiées dans les articles consultés mais supposées **non négligeables sur le processus d'évaporation** de certaines gouttes. [7]

## MESURES DE PREVENTION DE PROPAGATION DU VIRUS

**Port d'un masque : 2 rôles**



- **Filtre** au travers duquel ne passe presque que les aérosols. Ne laisserait passer en moyenne qu'environ 3% de la quantité de liquide éjecté lors d'une toux. [5]
- **Barrière physique** qui limite la propagation du nuage d'émission en réduisant sa quantité de mouvement à la sortie de la bouche. [2]

**Distanciation physique entre les individus**



- 1 mètre : **non suffisant**. [2, 4, 5]

## Conclusions

- Multiples mécanismes rencontrés : atomisation, transport, évaporation, qui interagissent et dont le rôle importance est plus ou moins important selon le mode expiratoire considéré.
- Nécessité de prendre en compte les propriétés viscoélastiques de la phase liquide.
- Identification d'aérosols et de plus grosses gouttes. Grande disparité dans les résultats, semblant indiquer des lacunes provenant des méthodes de mesures et des moyens statistiques.
- Influence non négligeable du milieu ambiant sur la propagation des émissions et l'évaporation de la phase liquide.
- Appréciation des mesures de prévention de propagation du virus à partir des résultats.

## Perspectives

- Etude des instabilités et des processus d'atomisation de la phase liquide se produisant lors de la toux.
- Modélisation expérimentale du mécanisme d'expulsion des émissions produites lors d'une toux.
- Mesures expérimentales des tailles de gouttes émises lors de la toux.

## Références

- [1] Wells, W. F. (1934) On air-borne Infection: Study II. Droplets and droplet nuclei, Am. J. Epidemiol. 20, 611-618.
- [2] Bourouiba, L. (2020) Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions, JAMA Insights 323, 1837-1838.
- [3] Asadi, S. *et al* (2019) Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness, Sci. Rep. 9, 2348.
- [4] Scharfman, B.E. *et al* (2016) Visualization of sneeze ejecta: Steps of fluid fragmentation leading to respiratory droplets, Exp Fluids 57, 24.
- [5] Zhu, S. *et al* (2006) Study on transport characteristics of saliva droplets produced by coughing in a calm indoor environment, Build. Environ. 41, 1691-1702.
- [6] Zussman, E. *et al* (2007) Age- and Flow-dependency of Salivary Viscoelasticity, J. Dent. Res. 86, 281-285.
- [7] Dbouk, T. *et al* (2020) On coughing and airborne droplet transmission to humans, Phys. Fluids 32, 053310.
- [8] Xie, X. *et al* (2009) Exhaled droplets due to talking and coughing, J. R. Soc. Interface 6, 703-714.
- [9] Chen, N. *et al* (2020) Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study, The Lancet, 395, 507-513.

**NB : Plus de détails dans l'article associé (même titre et mêmes auteurs).**