



**HAL**  
open science

## Filtration de particules de suies - influence de l'humidité

Charlotte Godoy, Augustin Charvet, Dominique Thomas

► **To cite this version:**

Charlotte Godoy, Augustin Charvet, Dominique Thomas. Filtration de particules de suies - influence de l'humidité. CFA 2019 - 32ème Congrès français sur les aérosols, ASFERA - Association française d'études et de recherches sur les aérosols, Jan 2019, Paris, France. 10.25576/ASFERA-CFA2019-16674 . hal-02497526

**HAL Id: hal-02497526**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02497526v1>**

Submitted on 3 Mar 2020

**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.

## Filtration de particules de suies – influence de l’humidité

C. Godoy<sup>1</sup>, A. Charvet<sup>1</sup>, D. Thomas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Réactions et Génie des Procédés, Université de Lorraine, 54000 Nancy, France

\*Courriel de l’oratrice : charlotte.godoy@univ-lorraine.fr

### TITLE

**Soot particles filtration – humidity influence**

### RESUME

L'épuration de l'air contaminé par les particules générées par de nombreux procédés industriels fait le plus souvent appel à la filtration au moyen de médias filtrants. Si les performances des médias filtrants sont relativement bien documentées en conditions standards (humidité et température ambiante), peu d'études s'intéressent à l'interaction entre l'humidité et le dépôt de particules collectées. L'étude proposée vise à établir les performances d'un média fibreux vis à vis d'aérosols composés de particules solides nanostructurées (suies) et l'influence de l'humidité sur sa perte de charge.

### ABSTRACT

One of the most frequently use methods to purify air contaminated by particles in many industrial processes is filter media. Although the performance of filter media is relatively well documented under standard conditions (humidity and ambient temperature), few studies are interested in the interaction between moisture and the deposition of particles collected. The proposed study aims to establish the performance of a fibrous media regarding the aerosols composed of nanostructured solid particles (soot) and the influence of moisture on its pressure drop.

**MOTS-CLES** : Filtration, suies, humidité / **KEYWORDS**: Filtration, soot particles, humidity

### 1. INTRODUCTION

Parmi les procédés d'épuration particulaire, la filtration au travers des médias fibreux reste la technologie la plus usitée. De nombreux articles dans la littérature recensent les performances de tels systèmes de filtration vis à vis de différents aérosols mais essentiellement en air sec. Pourtant certains scénarios accidentels (incendie par exemple) ou atmosphères locales (embruns marins, air tropical) peuvent générer une forte humidité de l'air voire des gouttelettes d'eau. Il est ainsi nécessaire de comprendre le comportement des filtres en termes de perte de charge en cas de forte humidité. Il existe quelques études traitant des performances des filtres en fonction de l'humidité relative de l'air (Joubert 2009; Gupta et al. 1993; Montgomery et al. 2015) ou de son influence sur le dépôt de particules (Ribeyre, 2015) mais les explications sur les comportements observés restent encore très parcellaires et aucune n'a été menée avec un aérosol biphasique (solide/liquide).

### 2. DESCRIPTION DU BANC DE FILTRATION ET PROTOCOLE OPERATOIRE

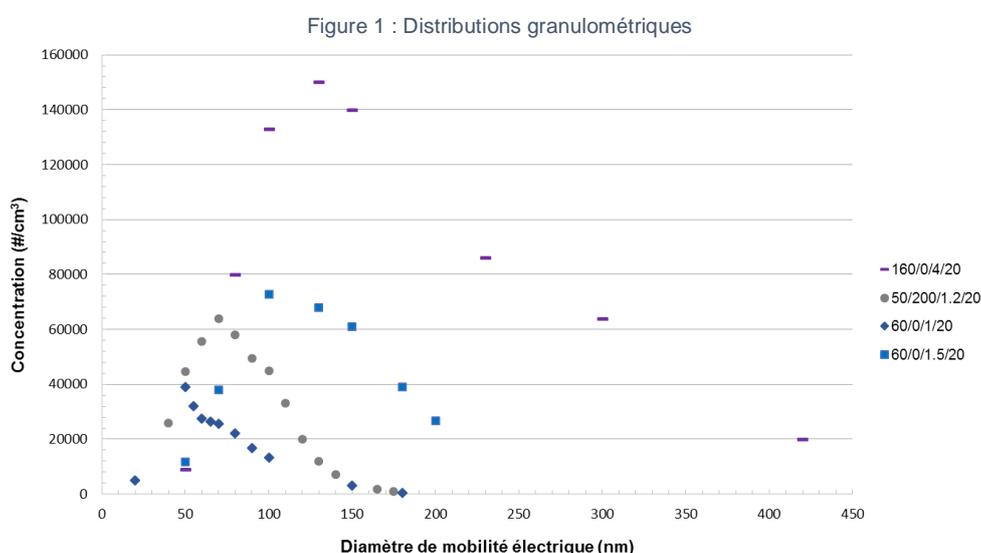
Un banc d'essais a été spécifiquement développé pour étudier l'influence de l'humidité sur des filtres pré-colmatés par des suies. Le média filtrant utilisé est un filtre THE (D 309 de Bernard Dumas) de surface filtrante 113 cm<sup>2</sup>. Le banc est équipé de deux générateurs : l'un permettant de générer des particules de suies, l'autre permettant d'humidifier l'air. Un traçage électrique par cordons chauffants permet de maintenir autant que possible une température constante sur l'ensemble du banc. La température et l'humidité relative sont contrôlées en continu.

Les suies sont générées à l'aide d'un miniCAST réglé sur différents points de fonctionnement afin de faire varier les caractéristiques de l'aérosol (Tableau 1).

Tableau 1: Données expérimentales issues des résultats de (Bescond et al. 2014; Yon, Bescond, et Ouf 2015) pour quatre points opératoires du miniCAST

	CAST (propane (mL/min) / Azote (mL/min) / Oxygène de l'air (L/min) / Air de dilution (L/min))			
	160/0/4/20 (1)	60/0/1,5/20 (2)	60/0/1/20 (3)	50/200/1,2/20 (4)
Richesse	0,95	0,95	1,43	0,99
$D_f$		1,73	1,79	1,74
$k_f$		1,94	1,95	1,94
$\rho_{pp}$ (kg/m <sup>3</sup> )		1543	1321	1227
$D_p$ (nm)		18,1	32,5	26,5
OC/TC (%)		16,2	87	22

La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente la distribution granulométrique déterminée au SMPS de l'aérosol généré selon les différents points de fonctionnement. La perte de charge entre l'amont et l'aval du filtre, ainsi que l'humidité relative et la température sont mesurées en continu.



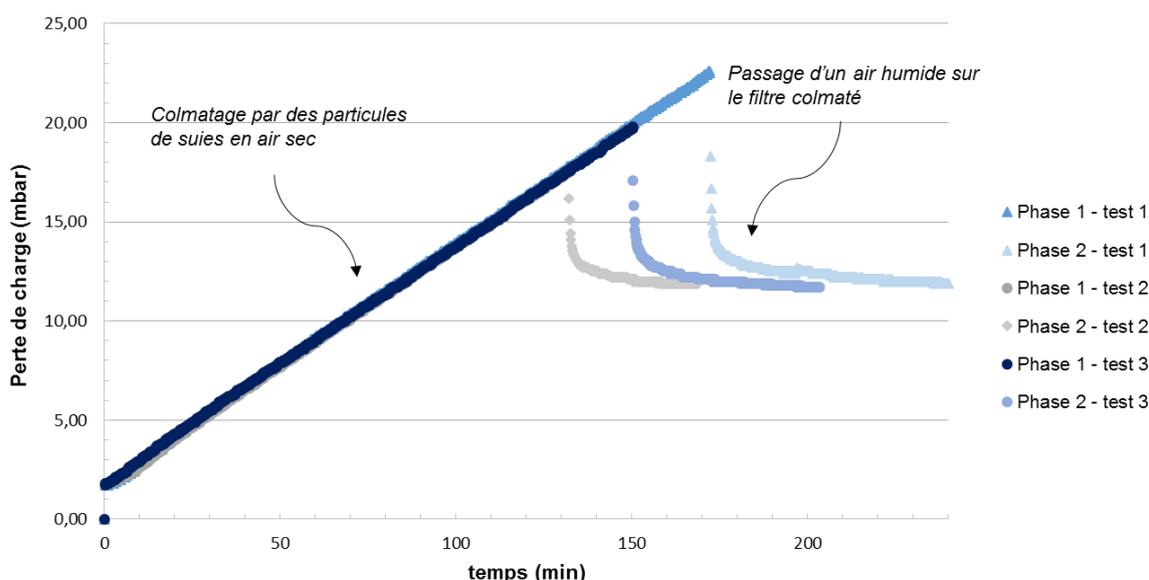
Dans un premier temps, le filtre est colmaté par les particules de suies en air sec à un débit donné jusqu'à atteindre une perte de charge finale fixée (phase 1). Dans un second temps, de l'air humide avec une humidité relative fixée traverse le filtre colmaté au même débit de colmatage (phase 2).

### 3. INFLUENCE DE L'HUMIDITE SUR UN DEPOT DE PARTICULES DE SUIES FORME EN AIR SEC : RESULTATS ET ANALYSE

A titre d'exemple, la figure 2 présente les évolutions de la perte de charge de trois essais réalisés dans les conditions suivantes :

- débit de filtration et de perméation : 15 L/min
- point de fonctionnement du générateur miniCAST : 50/200/1,2/20
- perte de charge finale de colmatage d'environ 20 mbar
- perméation d'air humide à une humidité relative proche de 90%

Figure 2 : Évolution de la perte de charge en fonction du temps (débit de 15L/min – point miniCAST : 50/200/1,2/20)



Lors du colmatage du filtre par les particules de suies, l'évolution de la perte de charge est linéaire ce qui est caractéristique d'une filtration en surface et donc de la formation d'un gâteau. Il est à noter la bonne reproductibilité des essais mettant ainsi en évidence une structure du dépôt similaire pour chaque essai. Lors du passage de l'air humide à travers le filtre pré-colmaté, une diminution brutale de la perte de charge est observée avant d'atteindre une phase stationnaire.

La modification de la structure du dépôt en interaction avec la vapeur d'eau est l'hypothèse privilégiée pour expliquer ce comportement. Les phénomènes d'adsorption et/ou de condensation capillaire seraient responsables de la création de passages préférentiels liés à des variations locales de la résistance à l'écoulement et donc de la brutale chute de perte de charge.

Des essais complémentaires et une caractérisation plus fine des dépôts doivent être poursuivis pour confirmer cette hypothèse. Par exemple, une détermination des isothermes de sorption des échantillons étudiés est nécessaire pour connaître la quantité d'eau sorbée par les particules ou encore des observations MEB ou TEM du filtre colmaté avant et après passage de l'air humide.

#### 4. CONCLUSIONS et PERSPECTIVES

En conclusion, un banc d'essai a été développé et un protocole opératoire a été mis en place afin d'investiguer l'influence de l'humidité sur des dépôts des particules de suies. La diminution significative de la perte de charge lors des essais de perméation en air humide montre qu'il y aurait effectivement une influence de l'air humide sur le dépôt de particules de suies. L'hypothèse privilégiée pour expliquer les résultats obtenus est la formation de passages préférentiels due aux phénomènes d'adsorption et/ou de condensation capillaire. Des essais complémentaires seront à mener pour essayer de confirmer cette hypothèse avant de poursuivre sur l'étude du colmatage de filtres THE à fibres en présence d'un aérosol biphasique (suies, gouttelettes en suspension dans un air humide saturé).

#### 5. REFERENCES

Bescond, A., J. Yon, F. X. Ouf, D. Ferry, D. Delhaye, D. Gaffié, A. Coppalle, et C. Rozé. 2014. « Automated Determination of Aggregate Primary Particle Size Distribution by TEM Image Analysis: Application to Soot ». *Aerosol Science and Technology* 48 (8): 831-41. <https://doi.org/10.1080/02786826.2014.932896>.

Gupta, Ajay, Vincent J. Novick, Partim Biswas, et Paul R. Monson. 1993. « Effect of Humidity and Particle Hygroscopicity on the Mass Loading Capacity of High Efficiency Particulate Air (HEPA) Filters ». *Aerosol Science and Technology* 19 (1): 94-107. <https://doi.org/10.1080/02786829308959624>.

Joubert, Aurélie. 2009. *Performances des filtres plissés à Très Haute Efficacité en fonction de l'humidité relative de l'air*. Vandoeuvre-les-Nancy, INPL. <http://www.theses.fr/2009INPL081N>.

Montgomery, James F., Sheldon I. Green, et Steven N. Rogak. 2015. « Impact of Relative Humidity on HVAC Filters Loaded with Hygroscopic and Non-Hygroscopic Particles ». *Aerosol Science and Technology* 49 (5): 322-31. <https://doi.org/10.1080/02786826.2015.1026433>.

Yon, J., A. Bescond, et F. -X. Ouf. 2015. « A simple semi-empirical model for effective density measurements of fractal aggregates ». *Journal of Aerosol Science* 87 (septembre): 28-37. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2015.05.003>.

## 6. REMERCIEMENT

Ce travail est issu du programme de recherche LIMA entre l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) et le Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (LRGP).