



HAL
open science

Quantification spatiale du dépôt de suies dans un local lors d'un incendie

Amel Kort, F-X. Ouf, T. Gelain, J. Malet, Riadh Lakhmi, Philippe Breuil,
Jean-Paul Viricelle

► **To cite this version:**

Amel Kort, F-X. Ouf, T. Gelain, J. Malet, Riadh Lakhmi, et al.. Quantification spatiale du dépôt de suies dans un local lors d'un incendie. 32ème Congrès Français sur les Arérosols - CFA 2019, ASFERA - Association Française d'Etudes et de Recherches sur les Aérosols, Jan 2019, Paris, France. 10.25576/ASFERA-CFA2019-16672 . hal-02006611

HAL Id: hal-02006611

<https://hal.science/hal-02006611>

Submitted on 5 Feb 2019

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.

QUANTIFICATION SPATIALE DU DÉPÔT DE SUIES DANS UN LOCAL LORS D'UN INCENDIE

A. Kort^{*1,2}, F-X. Ouf¹, T. Gelain¹, J. Malet¹, R. Lakhmi², P. Breuil², J-P. Viricelle²

¹Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PSN-RES, SCA, Gif-sur-Yvette, 91192, France
²Ecole Nationale Supérieure des Mines, SPIN-EMSE, CNRS : UMR5307, LGF, 42023 Saint Etienne, France

*amel.kort@irsn.fr

TITLE

Spatial quantification of soot deposition in a room during a fire

RESUME

Au cours d'un incendie dans une Installation Nucléaire de Base (INB), les principales conséquences en termes d'aérosols sont la mise en suspension de particules radioactives et la production de suies. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une thèse portant sur l'étude du dépôt des suies afin de prédire les quantités d'aérosols participant au colmatage des filtres à Très Haute Efficacité (THE). L'objectif final est de développer un dispositif multi-capteurs pour la quantification, en continu, des masses de suies déposées sur les parois d'une INB en situation d'incendie. Cette communication présente les résultats de quantification des suies déposées lors d'essais de feux menés à échelle réelle.

ABSTRACT

During a fire in a basic nuclear facility, the main consequences in terms of aerosol are the production of suspended radioactive particles and of a large amount of soot. This work is part of a PhD dealing with the study of soot deposition on walls in a room during a fire, which is essential for the prediction of aerosol quantities that can clog high efficiency particulate air filters. For this purpose, a multi-sensor device will be developed for real time measurement of aerosol deposition, in a room during a fire. The aim of this paper is to determine the orders of magnitude of the soot deposited mass in a room during a real scale fire.

MOTS-CLÉS: suies, dépôt, capteur résistif, incendie / **KEYWORDS:** soot, deposition, resistive sensor, fire

1. INTRODUCTION

Dans le cadre d'un projet commun de recherche avec Orano sur des feux de mélanges solvants/acide nitrique contaminés par du plutonium, la thèse dans laquelle s'inscrit ce travail vise à quantifier, en temps réel, les masses de suies déposées sur les parois du local incendié grâce à un dispositif métrologique multi-capteurs, afin de valider les modèles de dépôts correspondants.

À ce jour, il n'existe pas dans la littérature de capteurs actifs qui permettent de déterminer, en temps réel, la quantité de suies déposées, par unité de surface, sur les parois au cours d'un incendie.

À cause de la complexité des phénomènes incendie rencontrés dans une INB, les données expérimentales dans la littérature, en terme de masse de suies déposées, sont limitées à des études dans des conditions contrôlées à petite échelle (Riahi, 2012), ou reposant sur des moyens métrologiques limités (Decoster, 2017). Ces données sont cependant indispensables pour juger de la pertinence des modèles de dépôt d'aérosols existants et implémentés dans des codes de calcul tels que ANSYS CFX® (Nerisson et al., 2011), dans les codes de simulation dédiés à l'incendie tels que FDS (Floyd et al., 2014) ou comme données d'entrée des modèles de colmatage des filtres THE présents sur les réseaux de ventilation des INB (Bourrous et al., 2016).

Les résultats présentés dans cette communication visent donc à déterminer l'ordre de grandeur du dépôt grâce à des analyses ex-situ, l'effet de la nature des surfaces sur le dépôt et les caractéristiques du dépôt afin de définir les spécifications du capteur temps réel en cours de développement, ainsi que les zones privilégiées de dépôt pour fixer le nombre et les positions des capteurs dans le local lors des prochains essais incendie. Ces résultats concernent des essais de feux menés à échelle réelle dans l'installation nommée DIVA (Dispositif Incendie, Ventilation et Aérocontamination, IRSN Cadarache), dans le cadre du projet OCDE PRISME (Audouin et al., 2013).

2. INSTALLATION ET ÉQUIPEMENTS

Deux méthodes de quantification des masses de suies déposées sur les parois d'un local lors d'un incendie ont été choisies et seront mises en œuvre au cours de la thèse :

1. Une approche temps réel qui consiste en l'utilisation d'un dispositif multi-capteurs reposant entre autres sur des capteurs résistifs (Grondin et al., 2015 ; Mensch et al., 2018). Le choix s'est porté sur cette technologie de capteurs car ils sont robustes, aisément régénérables, et peuvent délivrer une réponse en temps réel. De plus, ils peuvent fonctionner à haute température et sont très sensibles en conditions non-isothermes. L'avantage de cette approche est l'acquisition des données en temps réel, mais elle nécessite à ce jour une calibration préalable.
2. Une approche ex-situ qui consiste à réaliser des analyses a posteriori sur les suies récupérées à l'aide de prélèvements directs sur les parois par aspiration, ou grâce à des cibles posées sur les surfaces de dépôt. Cependant, sur les cibles, le dépôt n'est pas représentatif de celui sur les parois. La stratégie de quantification adoptée repose donc sur les prélèvements par aspiration et est présentée ci-dessous. Cette approche est certes ex-situ, mais elle permet de situer les ordres de grandeur du dépôt et de fixer les spécifications du capteur.

Parmi ces deux méthodes, c'est les résultats associés à la seconde uniquement qui font l'objet du présent article.

2.1. Dispositif expérimental d'essai incendie

Les prélèvements de suies déposées ont été réalisés lors de deux essais incendie, A1 et A2 explicités ci-après, conduits dans l'installation DIVA de l'IRSN.

Le dispositif expérimental DIVA est une installation à échelle réelle, représentative d'une INB. Il se compose de trois locaux de tailles identiques en enfilade ($L \times l \times h = 6 \times 5 \times 4 \text{ m}^3$) qui communiquent par des portes. Chacun de ces locaux, « Local 1 », « Local 2 » et « Local 3 », donne sur un couloir latéral commun, de 15,6 m de long et de 2,5 m de large. Un quatrième local « Local 4 », situé au-dessus du local 3, permet de traiter la propagation du feu et des fumées vers les étages supérieurs à travers une trémie. La configuration de l'essai A2 consiste en un foyer localisé dans le local 3 mécaniquement ventilé.

L'essai A2 a mis en jeu un bac d'huile lubrifiante DTE Medium d'une surface supérieure égale à 1 m^2 . La masse du combustible est égale à 87 kg et l'essai a duré environ une heure et demi.

L'essai A1 a mis en jeu la même huile mais avec une surface supérieure du bac de $0,4 \text{ m}^2$, associée à une masse de combustible égale à 35 kg et d'une durée d'environ une heure.

Pour les deux essais, tous les locaux sauf le couloir étaient mis en jeu, le foyer était placé dans le coin Nord – Ouest du local 3, les bouches de soufflage et d'extraction étaient placées en partie haute du local 3.

Le taux de renouvellement était égal à 20 h^{-1} , d'où un débit d'extraction égal à $2400 \text{ m}^3/\text{h}$ et un débit d'admission d'air égal à $2400 \text{ m}^3/\text{h}$.

2.2. Quantification ex-situ du dépôt

Les prélèvements par aspiration ont été réalisés après chaque essai incendie. Ces prélèvements permettent de récupérer des quantités de suies représentatives de celles déposées directement sur les surfaces de natures différentes (béton, isolant, verre, métal) constitutives des parois du local 3 de DIVA.

Le dispositif expérimental (cf. figure 1) permettant l'aspiration des suies comporte un porte-filtre circulaire, un filtre en quartz d'un diamètre interne de 47 mm (Membranes Tissu Quartz 2500 QAT - UP) et une pompe de prélèvement.

Les surfaces prélevées sont égales à $9 \times 9 \text{ cm}^2$ quelle que soit la position. Elles ont été imposées en plaçant un masque en acier, directement sur la paroi.

Les résultats obtenus sont analysés grâce à une technique thermo-optique (Karanasiou et al., 2015) reposant sur la détermination, à l'aide d'un détecteur à ionisation de flamme FID, de la quantité de carbone composant l'échantillon sous forme organique et élémentaire (analyseur OC/EC Sunset Lab).

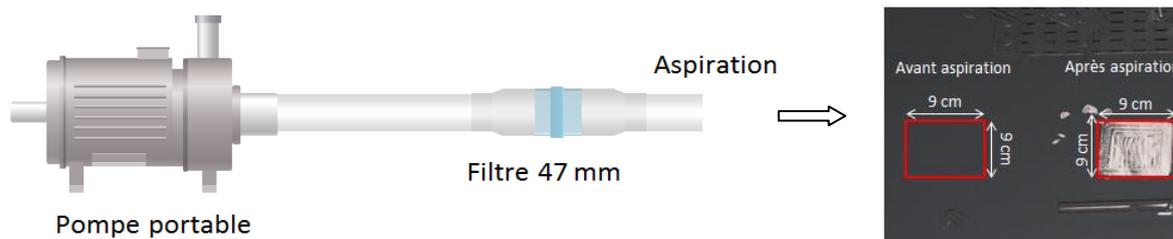


Figure 1. Schéma d'aspiration des suies sur les différentes parois

3. RÉSULTATS DE DÉPÔT

Les mesures de dépôt ont été effectuées à différents emplacements du local 3 (cf. figure 2), lors des essais de feux A2 et A1 décrits précédemment. Sur chaque filtre de 47 mm de diamètre, 3 analyses thermo-optiques ont été effectuées. L'incertitude élargie a ensuite été calculée à partir des écart-types et des incertitudes de mesures expérimentales. Les moyennes des masses déposées par cm^2 lors de l'essai A2 (en bleu) et A1 (en rouge) ainsi que leurs incertitudes élargies sont résumées dans la figure 2.

Pour les deux essais, le dépôt apparaît plus important au plafond que sur les parois latérales.

Au sol, on remarque un dépôt homogène de l'ordre de 1 mg/cm^2 . Sur la paroi Sud - Est, un facteur 2 a été observé entre les quantités déposées en partie haute et en partie basse. Cependant en partie haute, les mêmes ordres de grandeur ont été observés sur la paroi Nord - Est et Sud - Est.

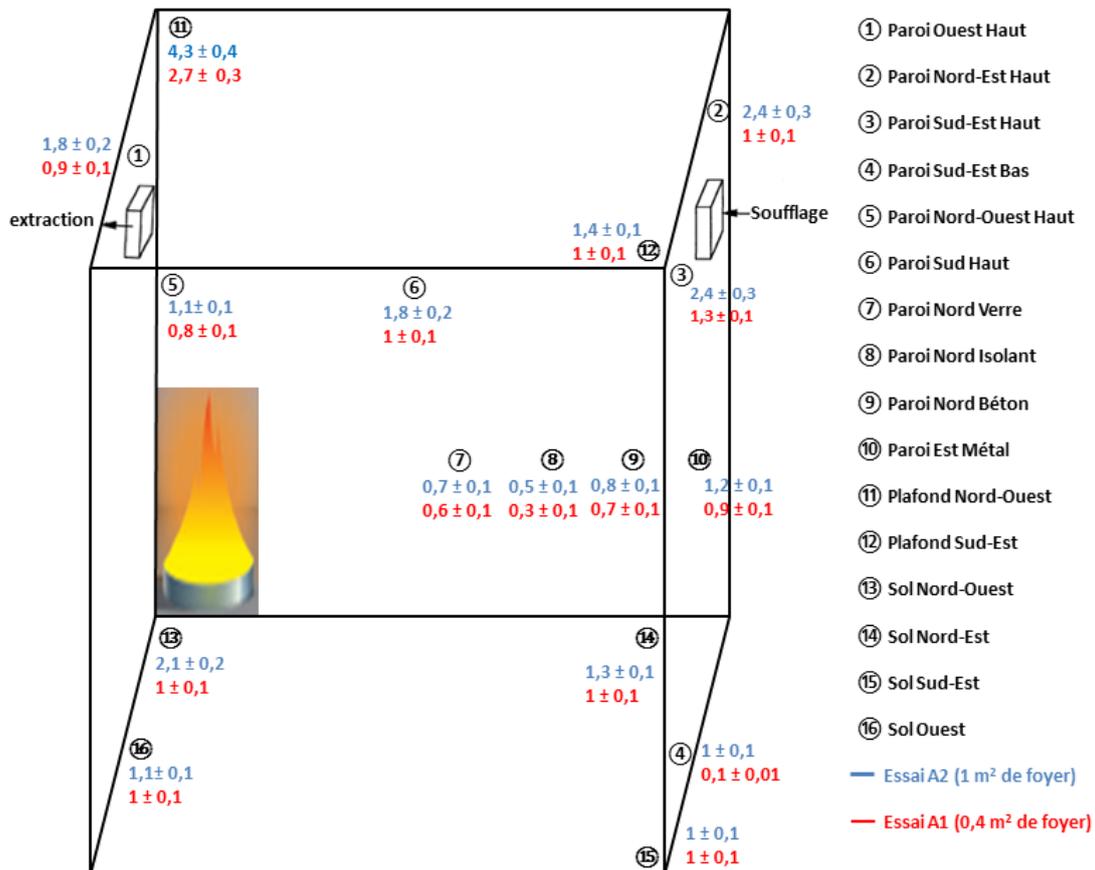


Figure 2 : Dépôts de suies en mg/cm^2 sur les différentes parois du local 3 lors de l'essai A2 (en bleu) et A1 (en rouge)

La masse moyenne déposée sur les différentes surfaces a été in-fine déterminée et les valeurs obtenues sont synthétisées sur la figure 3.

La même tendance d'évolution des ordres de grandeur sur les différentes parois est obtenue pour les essais A1 et A2.

La figure 3 met en évidence l'effet de la nature du matériau sur le dépôt. À hauteur égale, la masse déposée sur l'isolant est inférieure à celle déposée sur le verre. La plus grande quantité de suies a été déposée sur la porte en métal.

À la fin des deux essais, la totalité de la masse du combustible a été consommée (soit 87 kg pour l'essai A2 et 35 kg pour l'essai A1). Afin de calculer la masse de suies produite, on considère un taux de production de suies de 10 % pour l'huile Medium DTE. Enfin, la masse totale de suies déposées dans le local est égale à la somme des produits des masses moyennes déposées par unité de surface (cf. figure 3), par la surface totale de paroi. Pendant l'essai A2, 2,1 kg de suies ont été déposés dans l'ensemble du local 3. Cette quantité représente 25% de la quantité totale produite. Tandis que lors de l'essai A1, 1,4 kg de suies ont été déposés, soit 40% de la masse de suies totale produite.

À l'issue de ces deux essais à échelle réelle, on conclut que l'ordre de grandeur du dépôt des suies varie de $0,1$ à $2,5 \text{ mg/cm}^2$ par heure, donc de $1,7$ à $42 \text{ } \mu\text{g/cm}^2$ par min. La surface de l'élément sensible du capteur étant de $3,5 \times 3,5 \text{ mm}^2$, la dynamique de dépôt de ce dernier, calculée à partir des résultats expérimentaux est de l'ordre de $0,2$ - $5 \text{ } \mu\text{g/min}$, compatible avec celle du capteur résistif de (Grondin et al., 2015).

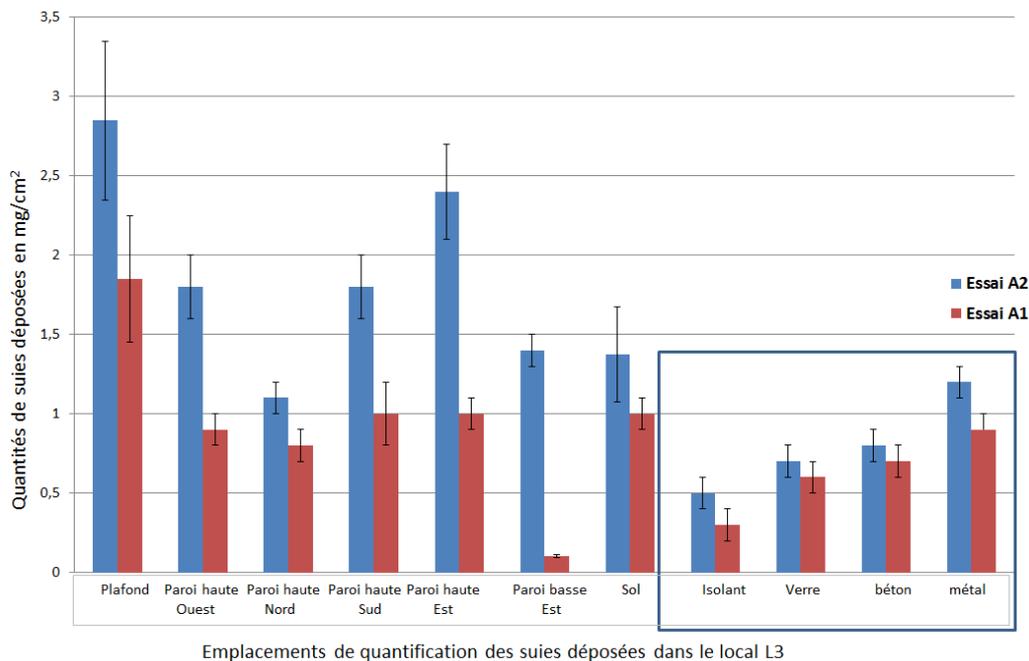


Figure 3 : Masses des suies déposées dans le local 3 en fonction des positions lors des essais A2 et A1

4. CONCLUSION

Les essais de feux en grandeur réelle ont permis de mettre en évidence un effet des différents paramètres d'incendie sur les quantités de suies déposées. La nature du combustible, la surface du foyer, la localisation et la nature de la surface des parois ont un effet sur les mécanismes de dépôt et ainsi les quantités déposées. Les quantités déposées sont comprises entre 0,1 et 2,5 mg/cm² avec une zone privilégiée de dépôt sur le plafond au-dessus du foyer. À partir de ces conclusions, les spécifications du capteur résistif ont été fixées. De plus, les simulations numériques en cours, avec le code de calcul ANSYS© CFX, permettront de confirmer ou non les disparités observées.

REMERCIEMENTS

Ces essais ont pu être réalisés grâce à la précieuse collaboration avec le SA2I/LEF.

RÉFÉRENCES

- Audouin, L., Rigollet, L., Prétel, H., Saux, W. Le, & Röwekamp, M. (2013). *Fire Safety Journal*, 62, 80–101. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.07.008>.
- Bourrous, S., Bouilloux, L., Ouf, F. X., Lemaitre, P., Nerisson, P., Thomas, D., & Appert-Collin, J. C. (2016). *Powder Technology*, 289, 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.11.020>.
- Decoster, L. (2017). Thèse de doctorat de l'université d'Aix-Marseille.
- Floyd, J., Overholt, K., & Ezekoye, O. (2014). *Fire Safety Science-Proceedings of the eleventh international symposium*, 376-388. <https://doi.org/10.3801/IAFSS.FSS.11-376>.
- Gronin, D., Breuil, P., Viricelle, J. P., & Vernoux, P. (2015). *Procedia Engineering*. 120, 1237-1240. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.838>.
- Karanasiou, A., Minguillón, M. C., Viana, M., Alastuey, A., & Putaud, J. (2015). *Atmospheric Measurement techniques Discussions*, 8, 9649-9712. <https://doi.org/10.5194/amtd-8-9649-2015>.
- Mensch, A., & Cleary, T. (2018). *National Institute of Standards and Technology Technical Note 1985*, 43. <https://doi.org/10.6028/NIST.TN.1985>.
- Nerisson, P., Simonin, O., Ricciardi, L., Douce, A., & Fazileabasse, J. (2011). *Computers and Fluids*. 40, 79-91. <https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2010.08.013>.
- Riahi, S. (2012). PhD thesis of the Faculty of The School of Engineering and Applied Science of The George Washington University.
- Thomas, D., Ouf, F. X., Gensdarmes, F., Bourrous, S., & Bouilloux, L. (2014). *Separation and Purification Technology*. 138, 144-152. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.09.032>.