

Caractérisation des particules générées par la combustion d'encens



X. Ji

Nos travaux de recherche ont eu pour objectif de caractériser des niveaux de concentration en particules ultrafines (PUF) – de taille de l'ordre du nanomètre – dans l'air intérieur d'une maison modèle en activant différentes sources. Les 13 sources identifiées ont été mises en œuvre dans la maison et les variations temporelles et spatiales des concentrations en PUF émises ont été mesurées dans différentes pièces. Une partie de ces travaux de recherche a été menée en partenariat avec le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), l'INSERM U955, l'École des Hautes Études en Santé Publique (EHESP), le Laboratoire d'étude des Particules Inhalées (LEPI) et l'Institut

de Recherches sur la Catalyse et l'Environnement (IRCE) dans le cadre du projet NANOP (financement APR Afssset).

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les campagnes de mesure de particules ultrafines ont eu lieu dans la Maison Automatisée pour la Recherche Innovante de l'Air ou Maison « MARIA » (figure 1) qui représente un environnement domestique réel contrôlé. Elle est construite sur le site du CSTB qui est entouré d'une zone de banlieue (77). Il n'y a pas de hauts bâtiments résidentiels, ni de circulation dense dans les environs. De grandeur réelle, MARIA est une maison individuelle de trois niveaux comportant cinq pièces et une cuisine

pour un volume total de 319 m³. Le salon, la cuisine et les toilettes sont au rez-de-chaussée, et quatre chambres, une douche et une salle de bain se situent au premier étage. Le garage (40 m³) se trouve dans le sous-sol (192 m³). Dans le cadre de ce travail, 4 pièces ont été instrumentées : cuisine, salon, toilettes (rez-de-chaussée) et une chambre (à l'étage).

Deux campagnes de mesure ont été réalisées : été 2007 et hiver 2008. Au cours de chacune de ces campagnes, deux phases se distinguaient :

- phase 1 : caractérisation indépendante des sources (concentration de particules en nombre, en masse, en surface spécifique...);
- phase 2 : mise en œuvre successive des sources selon les activités d'une journée type week-end (la définition chronométrée de la journée type a été élaborée par le groupe de travail pour s'approcher au plus près d'une journée réelle).

L'ensemble des appareils utilisés ainsi que leurs caractéristiques techniques et leurs emplacements sont présentés dans le tableau 1.

La combustion de l'encens a été choisie comme première étude de cas afin

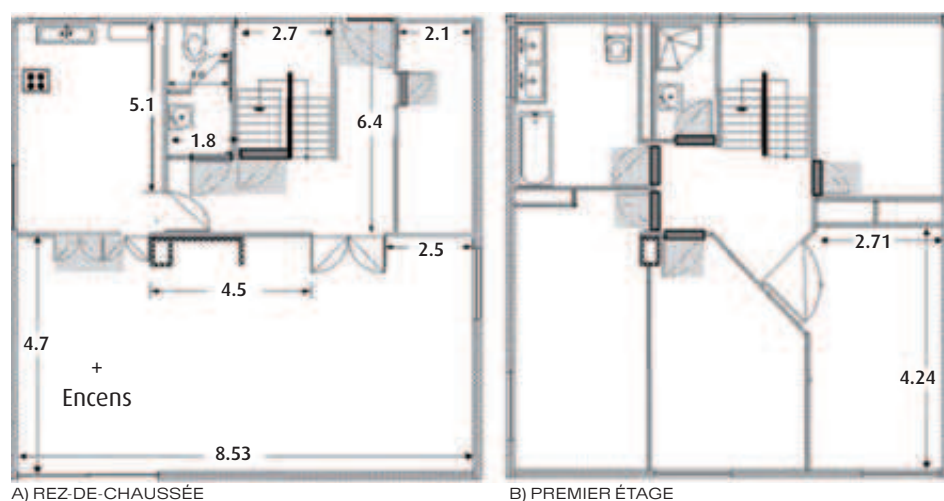


FIGURE 1
PLAN DE LA MAISON MARIA

Paramètre	Matériel	Quantité	Gammes (nm)	Saturation*	Pas de temps (min)	Localisation
Concentration en nombre	P-Trak	1	20-1000	1.10 ⁵ pt/cm ³	1	Cuisine
	CNC 3007	2	10-1000	5.10 ⁵ pt/cm ³	1	Chambre, WC
	CNC-eau	2	5-3000	1.10 ⁷ pt/cm ³	1	Près de la source, extérieur
Distribution en taille	SMPS	1	10-500	1.10 ⁷ pt/cm ³	5	Séjour
	ELPI 4.0	1	7-10000	2.10 ⁷ pt/cm ³	1	Près de la source
	OPC Grimm	6	300-20000	2.10 ³ pt/cm ³	1	Cuisine, chambre, séjour, WC, extérieur
Surface spécifique	Aerotrak® 9000	1	10-1000	1.10 ⁴ µm ² /cm ³	1	Près de la source
Concentration massique	TEOM 50 °C	1	PM _{2,5}	5.10 ⁶ µg/m ³	1	Près de la source
	TEOM-FDMS	1	PM _{2,5}	5.10 ⁶ µg/m ³	15	Extérieur
NO/NO ₂	TEI (AC 32 M)	2	-	-	5	Séjour, extérieur
Analyse chimique	AMS (Spectrométrie de masses)	1	70-1000	580 µg/m ³	1	Couloir de RDC
T°/CO ₂ /humidité	Q-Trak	5	-	-	10	Cuisine, chambre, séjour, WC, extérieur

TABLEAU 1
CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES APPAREILS DE MESURE AINSI QUE LEUR EMPLACEMENT LORS DES ESSAIS

*pt/cm³ : particules par centimètre cube

d'établir un référentiel pour la mise en œuvre et le traitement des données pour l'ensemble des sources étudiées. Ce choix a été motivé par la littérature abondante concernant la combustion de l'encens, nous permettant ainsi de comparer et de valider nos résultats [3], [6], [7], [8]. Pour chaque source, les essais ont été répétés au moins 4 fois. Les mesures d'émission de PUF liées à la combustion de l'encens ont été répétées 3 fois durant l'été 2007 et une fois en hiver 2008 dans le séjour de la maison MARIA.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'ensemble des résultats pour les différentes sources ainsi que les outils d'estimation de l'exposition aux PUF sont présentés dans le rapport de thèse (Ji 2010). Les travaux réalisés sur la combustion de l'encens ont fait l'objet d'une publication (Ji, Le Bihan *et al.* 2010) et les résultats de caractérisation de l'émission des PUF sont présentés ci-après.

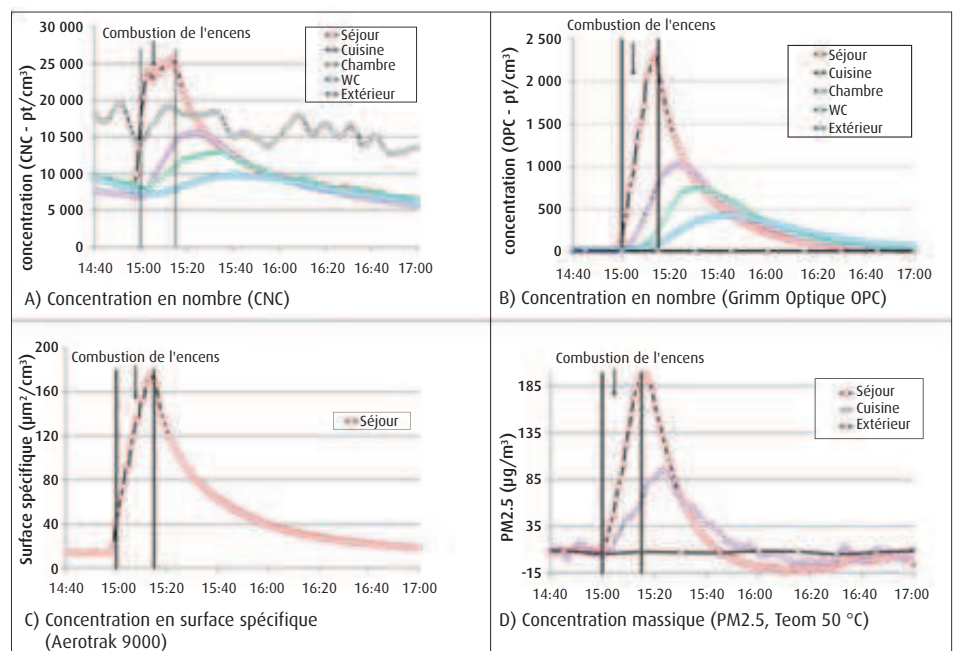
La variation spatiale et temporelle de la combustion de l'encens est présentée sur la figure 2. Afin de

limiter une forte oscillation des valeurs, notamment observée pour les mesures à proximité de la source, les données sont présentées sous la forme d'une moyenne glissante sur cinq minutes. Les résultats montrent que les particules émises lors de la combustion d'encens se retrouvent rapidement dans l'air intérieur de la maison. Les concentrations en nombre, en surface spécifique et en masse (respectivement les graphiques de la figure 2 A, B, C et D) ont augmenté immédiatement à proximité de l'encens et la concentration

FIGURE 2

VARIATION SPATIALE ET TEMPORELLE DES DIFFÉRENTS PARAMÈTRES (moyenne glissante de 5 minutes. *pt/cm³ : particules par centimètre cube)

- A) Concentration en nombre des particules mesurée par les compteurs de noyau de condensation (CNC. gamme de particules mesurées : diamètre entre 5 et 3 000 nanomètres)
- B) Concentration en nombre des particules mesurée par les compteurs optiques de particules Grimm (OPC Grimm. gamme de particules mesurées : diamètre entre 0.3 et 20 micromètres)
- C) Concentration en surface spécifique des particules mesurée par l'Aerotrak 9000 (gamme de particules mesurée : diamètre entre 10 et 1 000 nanomètres)
- D) Concentration massique des particules PM 2.5 mesurée par Teom 50 °C.



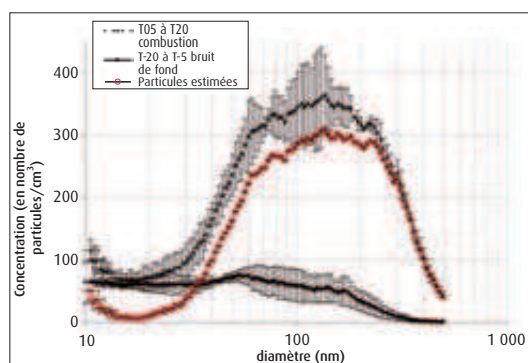


FIGURE 3

DISTRIBUTION EN TAILLE DES PARTICULES ÉMISES PENDANT LA COMBUSTION D'ENCENS

- T05 à T20 : période de 5 minutes à 20 minutes après l'allumage de l'encens, période de croissance des particules
- T20 à T-5 : période de - 20 minutes à - 5 minutes avant la mise en œuvre de la source (encens), période du bruit de fond

RÉFÉRENCES

- [1] Chang Y. C., Lee H. W., *et al.* (2007). The formation of incense smoke. *Journal of Aerosol Science* 38(1): 39-51.
- [2] Gehin E., Ramalho O., *et al.* (2008). Size distribution and emission rate measurement of fine and ultrafine particle from indoor human activities. *Atmospheric Environment* 42(35): 8341-8352.
- [3] Jetter J. J., Guo Z. S., *et al.* (2002). Characterization of emissions from burning incense. *Science of the Total Environment* 295(1-3): 51-67.
- [4] Ji X. (2010). Évaluation des expositions humaines aux particules ultrafines dans l'environnement domestique. Créteil, Université Paris-Est Créteil : 149.
- [5] Ji X., Le Bihan O. *et al.* (2010). Characterization of particles emitted by incense burning in an experimental house. *Indoor Air* 20(2): 147-158.
- [6] Lee S. C., Wang B. (2004). Characteristics of emissions of air pollutants from burning of incense in a large environmental chamber. *Atmospheric Environment* 38(7): 941-951.
- [7] Lung S. C. C., Guo K. J. *et al.* (2004). Participants' exposure to PM 2.5 and gaseous/particulate polycyclic aromatic hydrocarbons during the Ma-tsu Goddess parade. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 14(7): 536-543.
- [8] See S. W., Balasubramanian R. *et al.* (2007). Physical characteristics of nanoparticles emitted from incense smoke. *Science and Technology of Advanced Materials* 8(1-2): 25-32.

en nombre dépend de la distance du point de prélèvement à la source (figure 2 A, B, et D). Dans le séjour, la concentration en nombre maximale du CNC est de 25 500 pt/cm³ ; ce niveau est environ 3 fois plus élevé que la concentration de fond (figure 2 A). Dans les autres pièces, on observe une tendance similaire à un degré moindre. En termes de concentration massique (PM 2.5), la concentration maximale est de 197 µg/m³ dans le séjour et de 97 µg/m³ dans la cuisine. La concentration massique moyenne à l'extérieur était égale à 7,4 µg/m³ pendant la combustion (figure 2 D). La surface spécifique maximale à proximité de l'encens en combustion atteint 177 µm²/cm³.

Les résultats de l'étude sur la détermination de la distribution en taille des particules issues de la combustion de l'encens sont présentés dans la figure 3. Ils sont basés sur les observations en SMPS réalisées au cours de la campagne d'été 2007.

Le diamètre médian lors de la concentration maximale de particules issues de la fumée de l'encens est de 136 nm. Indépendamment des différentes méthodes d'échantillonnage, ces résultats sont en accord avec ceux des études précédentes ([1], [2], [8]).

La composition chimique des particules de la combustion de l'encens a été étudiée sur site par spectrométrie de masse en temps réel (c-to-f AMS). Les résultats montrent que la fraction organique

est prédominante dans la masse des aérosols détectés. D'autres composants mineurs comme le K⁺, le NO³ et Cl⁻ ont également été identifiés.

CONCLUSION

Les résultats présentés sur les émissions de particules lors de la combustion de l'encens montrent que :

- la combustion d'encens génère des particules fines et ultrafines et que celles-ci impactent la qualité de l'air dans l'ensemble de la maison ;
- la concentration en nombre dépend de l'éloignement du point de mesure par rapport à la source ;
- à 5 mètres de la source, au moment où la concentration en particules est maximale, la distribution en taille des particules culmine à 136 nm.

PERSPECTIVES

Grâce à la base de données constituée lors de ce projet, un travail a été engagé sur l'analyse de l'exposition des personnes aux particules ultrafines. Quatre axes d'évaluation des expositions humaines ont ainsi été développés : hiérarchisation des sources, indicateur d'exposition, scénario d'exposition, estimation de l'exposition. Ces travaux se poursuivent notamment sur la composition chimique des particules émises et sur l'intégration dans des modèles d'expologie pour savoir où et quand les populations sont exposées.

ABSTRACT

The potential health effects of fine and ultrafine particles are of increasing concern. A better understanding of particle characteristics and dispersion behavior is needed. This study aims at characterizing spatial and temporal variations in fine and ultrafine particle dispersion after emission from a model source in an experimental house. Particles emitted by an incense stick burning for 15 minutes were characterized. Number concentration, specific surface area and mass were measured. Partial chemical analysis of particles was also realized. Near the burning incense stick, the maximum concentration was 25500 particles/cm³; the indoor PM 2.5 concentration reached 197 µg/m³, and the specific surface area concentration was 177 µm²/cm³. Time of Flight Aerosol Mass Spectrometer measurements indicated that the organic fraction was predominant in the aerosol mass detected, and other minor components identified were K⁺, NO³, and Cl⁻). The combustion of an incense stick in the living room was associated with significant modifications of the concentrations of particles measured in the different rooms of the house. This demonstration of pollution by particle dispersion by incense may have significant implications in terms of assessment of indoor exposure to such particles.