Pour citer cet article : Le Dreff - Lorimier C. *et al.* (2018), Etude de l'impact de l'usage de poêles à bois sur la teneur en particules en air intérieur selon les conditions de ventilation, Congrès Français sur les Aérosols 2018, Paris

ETUDE DE L'IMPACT DE L'USAGE DE POELES A BOIS SUR LA TENEUR EN PARTICULES EN AIR INTÉRIEUR SELON LES CONDITIONS DE VENTILATION

C. Le Dreff - Lorimier*[1], M. Nicolas[2], B. Guénégo[3], M. Dufresne[1] et F. Maupetit[2]

[1]Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 44300 Nantes, France
[2]Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 38400 Saint-Martin-d'Hères, France
[3]WIGWAM Conseil, 44000 Nantes, France
*Courriel de l'orateur : celine.ledreff@cstb.fr

TITLE

Study of the impact of the use of wood stoves on the particulate content in indoor air depending on ventilation conditions

ABSTRACT

The objective of this study is to characterize the impact, on indoor air quality, of the use of two separate wood stoves, one recent and airtight and the other old, taking into account air permeability and ventilation of the housing. The results confirm that air quality is degraded when air renewal is reduced. They also show that the de-ashing periods are not emitting particles or CO, while the refuelling periods can be sources of particles depending on the technology of the appliance.

RESUME

L'objectif de cette étude est de caractériser l'impact, sur la qualité de l'air intérieur, de l'usage de deux poêles à bois distincts, l'un récent et étanche et l'autre ancien, et ce en fonction des caractéristiques de perméabilité à l'air et de ventilation du logement. Les résultats obtenus confirment que la qualité de l'air se dégrade lorsque le renouvellement d'air est réduit. Ils montrent également que les périodes de décendrage ne sont pas émettrices de particules, ni de CO, tandis que les périodes de rechargement peuvent être sources de particules selon la technologie de l'appareil.

KEYWORDS: Wood heating, Indoor air quality, $PM_{2.5}$, Ventilation / **MOTS-CLÉS :** Chauffage au bois, Qualité de l'air intérieur, $PM_{2.5}$, Ventilation.

1. CONTEXTE & OBJECTIFS

Malgré ses nombreux avantages en tant qu'énergie renouvelable, le développement du chauffage au bois est aujourd'hui conditionné par sa capacité à répondre aux enjeux de limitation des émissions de polluants gazeux et particulaires. Or, si cette problématique est de plus en plus intégrée dans l'analyse des performances des appareils vis-à-vis de la pollution atmosphérique, les émissions générées par ce mode de chauffage à l'intérieur du logement ne sont que peu considérées. Pourtant, il est largement reconnu que les activités des occupants (parmi lesquelles leur mode de chauffage) peuvent avoir un impact direct sur la qualité de l'air qu'ils respirent et par voie de conséquence sur leur confort et leur santé.
L'objectif des campagnes d'essais menées dans le cadre du projet CAB-QAI dans lequel s'inscrit ce travail, est de caractériser l'impact, sur la qualité de l'air intérieur, de deux appareils de chauffage domestique au bois distincts, et ce en fonction des caractéristiques de perméabilité à l'air et de ventilation du logement dans lequel ils sont installés.

2. MATÉRIEL & MÉTHODES

2.1. Approche générale

Les campagnes expérimentales de cette étude se déroulent dans un environnement contrôlé, à savoir la maison expérimentale MARIA (Maison Automatisée pour des Recherches Innovantes sur l'Air) du CSTB, située à Champs-sur-Marne. Une première campagne d'essais vise à reproduire une configuration d'habitation récente, faiblement perméable à l'air et dont le renouvellement d'air se fait par Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) simple flux régulée en fonction de l'humidité (VMC HygroB). L'appareil de chauffage mis en place dans cet environnement est un poêle à bois récent et étanche, dont l'air comburant est prélevé à l'extérieur du logement (raccordement étanche). Une seconde campagne d'essais vise à reproduire une configuration d'habitation ancienne, fortement perméable à l'air et dont le renouvellement d'air se fait par ventilation naturelle. L'appareil de chauffage mis en place dans cet environnement est un poêle à bois d'ancienne génération (avant 2002) dans son état de vieillissement actuel et dont l'air comburant est prélevé directement dans la pièce où il se trouve (raccordement non-étanche). En outre, afin

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2018-12568

de pouvoir comparer le comportement de chacun de ces deux appareils dans un même environnement, une configuration d'habitation de référence est étudiée au cours de chacune des deux campagnes d'essais. Celle-ci vise à reproduire des conditions de ventilation classiques de type VMC simple flux auto-réglable (VMC Auto), avec une perméabilité à l'air moyenne.

Au cours de chacune de ces campagnes d'essais, la qualité de l'air à l'intérieur du salon de la maison expérimentale (où le poêle à bois est installé) est évaluée pour différentes conditions d'usages de l'appareil : lorsque celui-ci est à l'arrêt, lors de son fonctionnement en allure nominale et lors de son fonctionnement en fin de journée (avant extinction), mais également au cours des phases d'allumage, de mise en régime, de rechargement et de décendrage de l'appareil.

Les polluants analysés en continu dans le salon sont le monoxyde de carbone (CO), les différentes fractions particulaires usuelles (PM_{10}, $PM_{2.5}$, PM_1 et $PM_{0.1}$, en nombre), ainsi que les particules de diamètre compris entre 0,3 µm et 20 µm ($PM_{0.3\text{-}20}$ en nombre) et les particules de diamètre compris entre 0,01 µm et 0,7 µm ($PM_{0.01\text{-}0.7}$ en nombre).

L'impact de chacun des deux appareils de chauffage testés sur la qualité de l'air intérieur est ainsi évalué par comparaison des niveaux de pollution relevés, pour les différentes conditions d'essais appliquées.

2.2. Instrumentation mise en œuvre

Afin de quantifier les polluants gazeux et particulaires présents en air intérieur dans le salon, les équipements suivants sont mis en place :

- Un analyseur par cellules électrochimiques, modèle Q-Track (TSI), pour la mesure en continu du monoxyde de carbone (CO) ;
- Un impacteur électrique à basse pression (ELPI – Electrical Low Pressure Impactor), modèle ELPI (DEKATI), pour la mesure en continu des particules de diamètre aérodynamique compris entre 0,03 µm et 10 µm, avec répartition granulométrique de ces particules. Les résultats obtenus via cet analyseur sont présentés sous forme de fractions particulaires usuelles, représentant les particules de diamètre aérodynamique inférieures respectivement à 10 µm, 2,5 µm, 1 µm et 0,1 µm (PM_{10}, $PM_{2.5}$, PM_1 et $PM_{0.1}$, en nombre). Les particules de diamètre aéraulique compris entre 0,1 µm et 1 µm ($PM_{0.1\text{-}1}$ en nombre) et celles de diamètre aéraulique compris entre 1 µm et 2.5 µm ($PM_{1\text{-}2.5}$ en nombre) sont également caractérisées par cet analyseur ;
- Un compteur optique de particules par diffraction de la lumière, modèle G1.108 (GRIMM), pour la mesure en continu des particules de diamètre optique compris entre 0,3 µm et 20 µm ($PM_{0.3\text{-}20}$ en nombre) ;
- Un compteur électrique de particules par diffusion, modèle DiSCmini (Matter Aerosol / TESTO), pour la mesure en continu des particules de diamètre aérodynamique compris entre 0,01 µm et 0,7 µm ($PM_{0.01\text{-}0.7}$ en nombre).

Ces équipements sont positionnés face à l'appareil de chauffage (à environ deux mètres de la porte foyère) et à une distance d'au moins un mètre des fenêtres, comme le montrent les deux clichés de la Figure 1. Ils sont situés à hauteur du nez d'un individu adulte de taille moyenne en position assise.

Figure 1. Instrumentation mise en place dans le salon

2.3. Appareils de chauffage & Conditions de perméabilité / ventilation testés

Les caractéristiques des appareils de chauffage testés, telles qu'annoncées par les fabricants, sont décrites dans le Tableau 1. Les caractéristiques des différents scénarios de perméabilité / ventilation sont, quant à elles, détaillées dans le Tableau 2.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2018-12568

Tableau 1. Caractéristiques des appareils de chauffage testés

	Poêle à bois récent et étanche	**Poêle à bois ancien**
Année de mise en service	2015	1998
Classification Flamme Verte	7*	-
Technologie de post-combustion intégrée	Oui	Non
Puissance	6 kW	8 kW
Rendement	77 %	-
Température des fumées	312 °C	350 °C
Etanchéité de l'appareil – Débit de fuite à 10 Pa	1,7 $Nm^3.h^{-1}$	-
Raccordement de l'appareil	Etanche	Non-étanche
Mise en place d'un conduit d'amenée d'air	Oui	Non
Zone de prélèvement de l'air comburant	A l'extérieur	Dans le salon

Tableau 2. Caractéristiques des scénarios de perméabilité / ventilation testés

		Scénario 1	**Scénario 2**	**Scénario 3**
Type de logement représenté		Classique	Récent	Ancien
Etanchéité à l'air du bâti (Q4 Pa-Surf) [1]		1,92 à 1,97 $m^3.h^{-1}.m^{-2}$	1,31 $m^3.h^{-1}.m^{-2}$	4,2 $m^3.h^{-1}.m^{-2}$
Système de ventilation		VMC Simple Flux Auto-réglable	VMC Simple Flux HygroB	Ventilation naturelle
Débits de ventilation	**Etage – Salle de bain**	11,3 à 12,6 $m^3.h^{-1}$	< 7,0 $m^3.h^{-1}$	- [2]
	Rez de jardin – Cuisine	46,0 à 53,0 $m^3.h^{-1}$	12,5 $m^3.h^{-1}$	- [2]

[1] L'étanchéité à l'air du bâti est caractérisée par le facteur Q4 Pa-Surf, c'est-à-dire l'Indice de perméabilité à l'air sous 4 Pa, qui se définit comme le débit de fuite du bâti à 4 Pa divisé par la surface de paroi froide du logement.
[2] En ventilation naturelle, les flux d'air étant diffus, il n'est pas possible de mesurer de débits de ventilation.

Une attention particulière est portée au choix du combustible et à la reproductibilité des conditions d'allumage d'une journée d'essais à l'autre. Deux lots de bois aux caractéristiques similaires sont utilisés, le premier pour la campagne d'essais avec le poêle récent et étanche et le second pour celle avec le poêle ancien. Dans les deux cas, il s'agit de bûches de charme de 25 cm de longueur, fendues, dont l'humidité moyenne est comprise entre 13,3 % et 14,0 % et le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) moyen sur échantillon sec est compris entre 18 363 et 18 397 $kJ.kg^{-1}$.

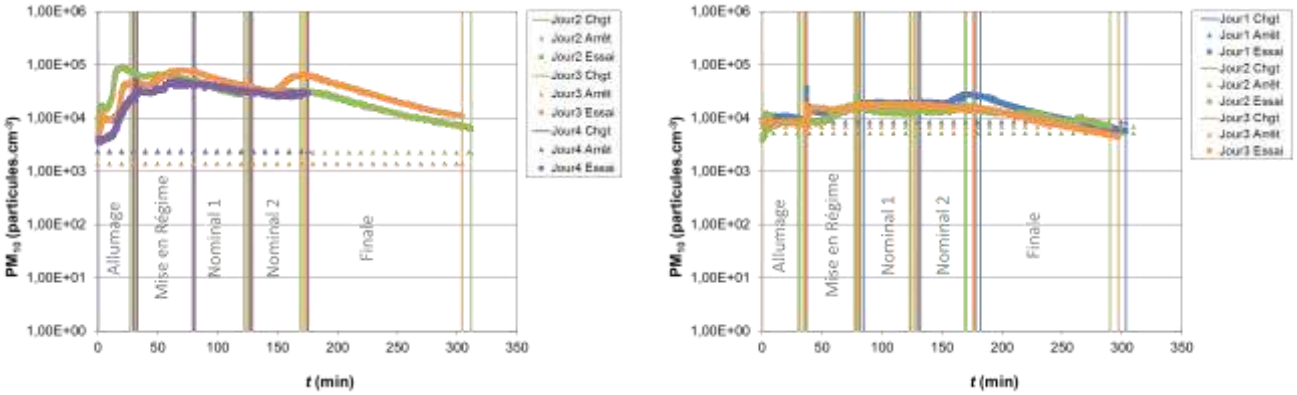
3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Les courbes de la Figure 2 présentent les concentrations en PM_{10} relevées, dans le salon, respectivement pour un poêle récent et étanche dans un environnement représentatif d'un logement récent (scénario 2 de perméabilité / ventilation), pour un poêle récent et étanche dans un logement classique (scénario 1), pour un poêle à bois ancien dans un logement ancien (scénario 3) et pour un poêle à bois ancien dans un logement classique (scénario 1).
Ces courbes présentent conjointement les mesures effectuées en continu lors du fonctionnement du poêle et la valeur moyenne mesurée lorsque le poêle est à l'arrêt. En outre, les changements d'allure de fonctionnement de l'appareil lors de chaque journée d'essais sont repérés par des lignes verticales (Chgt).

Comme le montrent ces courbes, les concentrations relevées en PM10 (mais aussi en $PM_{2.5}$, PM_1 et $PM_{0.1}$, $PM_{0.3\text{-}20}$ et $PM_{0.01\text{-}0.7}$, en nombre) sont systématiquement plus élevées lorsque le poêle à bois est en fonctionnement, comparé à lorsqu'il est à l'arrêt, et ce quel que soit le scénario de perméabilité / ventilation considéré ou le type d'appareil de chauffage.
Pour le poêle à bois récent et étanche, les concentrations relevées sont systématiquement plus élevées lorsqu'il est utilisé dans un environnement représentatif d'un logement récent, comparé à un logement classique. Ceci est à mettre en relation avec les débits de ventilation notablement plus faibles mesurés avec la VMC HygroB, comparé aux débits mesurés avec la VMC Auto-réglable (Tableau 2). Parallèlement, pour le poêle à bois ancien, la concentration en particules se révèle plus faible lorsqu'il est utilisé dans un environnement représentatif d'un logement ancien, donc plus perméable, comparé à un environnement représentatif d'un logement classique.
Pour le poêle à bois récent et étanche, à quelques exceptions près, il n'apparaît pas d'impact notable des périodes de rechargement sur les concentrations en particules. De même, les mesures effectuées lors du décendrage sont systématiquement inférieures aux mesures effectuées avec poêle en fonctionnement (et généralement comparables aux mesures effectuées avec poêle à l'arrêt). Pour le poêle à bois ancien, par

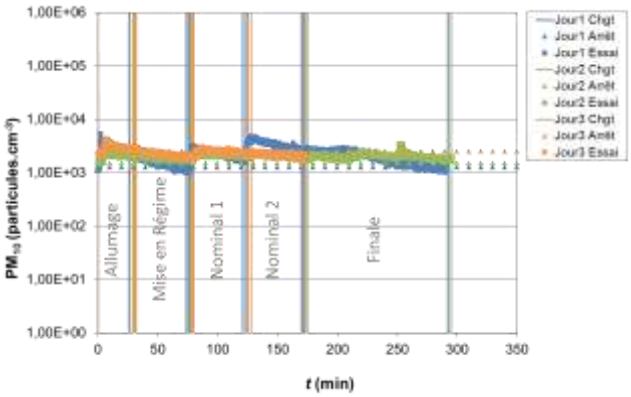
DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2018-12568

contre, que ce soit pour les PM_{10} ou pour les $PM_{0.01-0.7}$, des pics de particules (plus précisément de particules ultra-fines et submicroniques) sont observables juste après rechargement du poêle (si ce n'est sur toutes les périodes de rechargement, du moins sur une très large majorité d'entre elles), mettant ainsi en évidence le fait que l'action d'ouverture de la porte foyère conduit à un rejet de fumées (et donc de particules) dans la pièce où se situe le poêle. Cela laisse supposer que la technologie de l'appareil a un impact notable sur ce dégagement de fumées. Il est d'ailleurs probable que l'apparition ou non de ce dégagement de fumées à l'ouverture de la porte foyère ne soit pas à mettre en relation avec l'âge de l'appareil (récent ou ancien), ni avec son niveau d'étanchéité, mais plus vraisemblablement avec la conception même du foyer, comme l'indiquent également les fabricants avec qui nous avons échangés à ce sujet. Parallèlement, pour le poêle ancien, tout comme pour le poêle récent et étanche, les mesures effectuées lors du décendrage sont systématiquement inférieures aux mesures effectuées avec poêle en fonctionnement (et généralement comparables aux mesures effectuées avec poêle à l'arrêt).

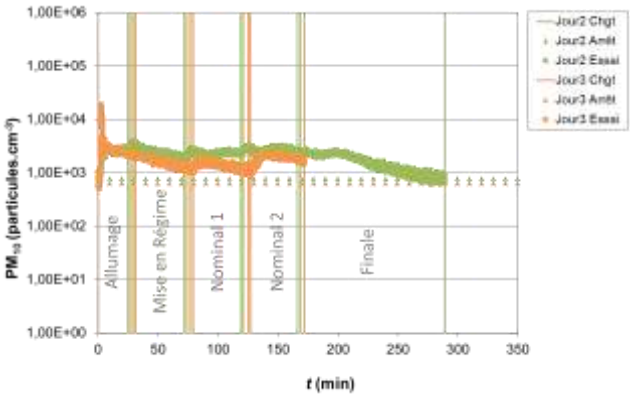


(a) Poêle récent et étanche – Logement récent

(b) Poêle récent et étanche – Logement classique



(c) Poêle ancien – Logement ancien



(d) Poêle ancien – Logement classique

Figure 2. Evolution de la concentration en PM_{10} selon le type de poêle à bois mis en place, les conditions de perméabilité / ventilation et les conditions d'usage

Les concentrations en CO s'avèrent plus élevées avec le poêle ancien qu'avec le poêle récent et étanche. Ceci laisse supposer que l'âge de l'appareil et/ou son niveau d'étanchéité peuvent avoir un impact sur les teneurs en air intérieur pour ce polluant. Par contre, de même que pour les particules, le décendrage n'est apparemment pas à l'origine d'un dégagement de CO.

4. CONCLUSIONS

Les résultats obtenus confirment que la qualité de l'air se dégrade lorsque le renouvellement d'air est réduit, avec une augmentation de la teneur en particules (pour des conditions de fonctionnement de l'appareil similaire) lorsque les débits de ventilation et la perméabilité sont réduits. Il apparaît également que les périodes de décendrage ne sont pas émettrices de particules, ni de CO, tandis que les périodes de rechargement peuvent être sources de particules selon la technologie de l'appareil.

Ce travail a été soutenu par l'ADEME, dans le cadre de l'appel à projets CORTEA, sous la convention n° 1562C0026.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2018-12568