

IMPACT DE L'USAGE D'APPAREILS DOMESTIQUES DE CHAUFFAGE AU BOIS SUR LA TENEUR EN PARTICULES EN AIR INTÉRIEUR SELON LES CONDITIONS DE VENTILATION

C. Le Dreff - Lorimier*¹, M. Nicolas², T. Saal³

¹Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 44300 Nantes, France

²Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 38400 Saint-Martin-d'Hères, France

³WIGWAM Conseil, 44000 Nantes, France

*Courriel de l'orateur : celine.ledreff@cstb.fr

TITLE

Impact of the use of domestic wood heating appliances on the particulate content in indoor air depending on ventilation conditions

RESUME

L'objectif de cette étude est de caractériser l'impact, sur la qualité de l'air intérieur, de l'usage de quatre appareils domestiques de chauffage au bois distincts, 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 confirment également que l'absence de porte feuillée peut conduire à un refoulement des fumées en air intérieur pour de faibles niveaux de tirage. Il apparaît en outre que les périodes de déchargement et de rechargement peuvent être émettrices de polluants particulaires, en particulier lorsque l'appareil de chauffage ne dispose pas d'une porte feuillée.

ABSTRACT

The purpose of this study is to characterize the impact on indoor air quality of the use of four different domestic wood heating appliances, based on the air permeability and ventilation characteristics of the building. The results obtained confirm that air quality is degraded when air exchange is reduced. They also confirm that the absence of a fire door can lead to an escape of fumes in indoor air in case of low draft levels. Moreover, it appears that the periods of deashing and reloading can be emitting particulate pollutants, especially when the heating appliance does not have a fire door.

MOTS-CLÉS : chauffage au bois, qualité de l'air intérieur, PM2.5, ventilation / **KEYWORDS**: wood heating, indoor air quality, PM2.5, ventilation

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Les appareils de chauffage au bois présentent l'avantage de consommer une ressource renouvelable, mais ils peuvent également être source de polluants gazeux et particulaires (*a minima* à l'atmosphère), en particulier lorsque la combustion est mal contrôlée. Or, bien qu'il soit largement reconnu que les activités des occupants 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), les émissions générées par les appareils domestiques de chauffage au bois à l'intérieur du logement dans lequel il est installé ne sont que peu considérées à ce jour.

L'objectif des projets CAB-QAI et CAB QAI² est ainsi de caractériser l'impact, sur la qualité de l'air intérieur, de quatre appareils domestiques de chauffage au bois distincts, dans un environnement contrôlé, 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 la maison expérimentale MARIA (Maison Automatisée pour des Recherches Innovantes sur l'Air) du CSTB, située à Champs-sur-Marne.

Un premier environnement d'essais vise à reproduire une configuration d'habitation récente, faiblement perméable à l'air et dans laquelle le renouvellement d'air se fait par Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) simple flux, régulée en fonction de l'humidité (VMC HygroB). Dans cet environnement, deux appareils de chauffage distincts ont été mis en place : un poêle à bûches récent, dont l'air comburant est prélevé à l'extérieur du logement (raccordement étanche), d'une part, et un poêle étanche à granulés titulaire d'un Document Technique d'Application (DTA), dont l'air comburant est prélevé à l'extérieur du logement (raccordement étanche), d'autre part.

Un second environnement d'essais vise à reproduire une configuration d'habitation ancienne, fortement perméable à l'air et dans laquelle le renouvellement d'air se fait par ventilation naturelle. Dans cet environnement, deux appareils de chauffage distincts sont mis en place : un poêle à bûches d'ancienne génération (avant 2002), dans son état de vieillissement actuel, dont l'air comburant est prélevé directement dans la pièce où il se trouve (raccordement non-étanche), d'une part, et une cheminée traditionnelle à foyer ouvert, dont l'air comburant est prélevé directement dans la pièce où il se trouve (raccordement non-étanche), d'autre part.

En outre, afin de pouvoir comparer le comportement de chacun de ces quatre appareils dans un même environnement, une configuration d'habitation de référence est étudiée au cours de chacune des quatre 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 de niveau moyen.

Au cours de chacune de ces campagnes d'essais, la qualité de l'air à l'intérieur du salon de la maison expérimentale (où l'appareil de chauffage est installé) est étudiée 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 allure réduite et/ou en fin de journée (avant extinction), mais également au cours des phases d'allumage, de mise en régime, de décentrage de l'appareil, et le cas échéant au cours des phases de rechargement en bois bûche ou de chargement en granulés.

L'impact de chacun des quatre appareils de chauffage testés sur la teneur en particules en air intérieur est ainsi étudié par comparaison des niveaux relevés, pour les différentes conditions d'essais appliquées.

2.2. Instrumentation mise en œuvre

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

- 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 (PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ et PM_{0.1}, en nombre). Les particules de diamètre aérodynamique comprises entre 0,1 μm et 1 μm (PM_{0.1-1} en nombre) et celles de diamètre aérodynamique comprises entre 1 μm et 2,5 μm (PM_{1-2.5} 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 comprises entre 0,3 μm et 20 μm (PM_{0.3-20} en nombre) ;
- Un compteur électrique de particules par diffusion, modèle DiSCmini (Matter Aerosol / TESTO), pour la mesure en continu des particules de diamètre aérodynamique comprises entre 0,01 μm et 0,7 μm (PM_{0.01-0.7} en nombre).

Ces équipements sont positionnés face à l'appareil de chauffage (à environ deux mètres de l'appareil de chauffage) et à une distance d'au moins un mètre des fenêtres. Ils sont situés à hauteur du nez d'un individu adulte de taille moyenne en position assise.

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.

Tableau 1. Caractéristiques des appareils de chauffage testés

	Poêle à granulés	Poêle à bûches récent	Poêle à bûches ancien	Foyer ouvert
Année de mise en service	2017	2015	1998	2018
Classification Flamme Verte	7*	7*	-	-
Post-combustion intégrée	Non	Oui	Non	Non
Puissance	6,4 kW	6 kW	8 kW	-
Rendement	91 %	77 %	-	-
Température des fumées	131 °C	312 °C	350 °C	-
Débit de fuite à 10 Pa	0,5 m ³ .h ⁻¹	1,7 Nm ³ .h ⁻¹	-	-
Raccordement de l'appareil	Étanche	Étanche	Non-étanche	Non-étanche
Conduit d'amenée d'air	Oui	Oui	Non	Non
Prélèvement de l'air comburant	A l'extérieur	A l'extérieur	Dans le salon	Dans le salon

Tableau 2. Caractéristiques des scénarios de perméabilité / ventilation testés

		Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3
		Scénario 1 Standard	Scénario 1 Dégradé	Scénario 2 Standard	Scénario 2 Dégradé	
Type de logement représenté		Classique		Récent		Ancien
Etanchéité à l'air du bâti, Q4-Pa-Surf ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2$) ¹		1,93	2,52	1,31		4,2
Système de ventilation		VMC Simple Flux Auto-réglable		VMC Simple Flux HygroB		Ventilation naturelle
Débits de ventilation ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	Etage – Salle de bain	12,2		14,8	< 7,0	- ²
	Rez de jardin – Cuisine	49,6		32,0	12,5	- 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.

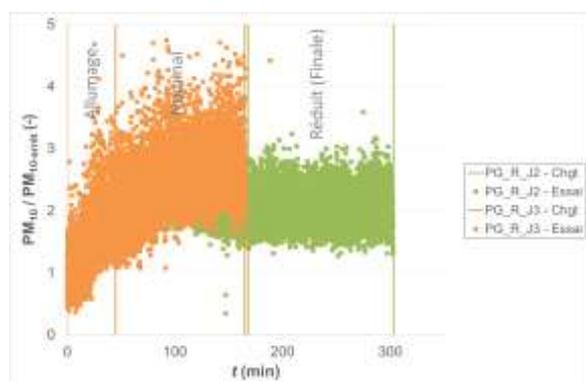
² En ventilation naturelle, les flux d'air étant diffus, les débits de ventilation ne sont pas déterminés.

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. Pour les appareils à bûches (poêles et foyer ouvert), le combustible utilisé est formé de bûches de charme, fendues, dont l'humidité moyenne est de 14,5 %. Pour le poêle à granulés, le combustible utilisé au cours de ces projets est formé de granulés certifiés DIN Plus à 6,1 % d'humidité.

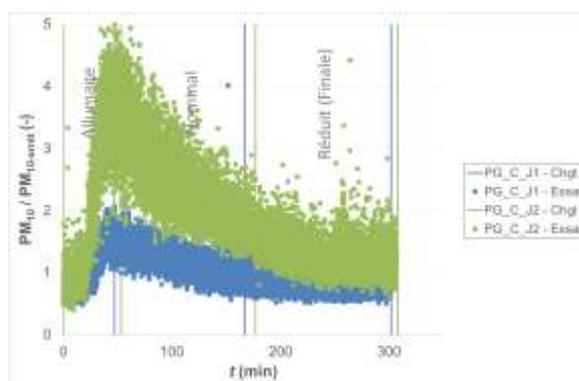
3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Le facteur d'augmentation de la concentration en PM₁₀ est défini, pour chaque journée d'essais, comme le ratio entre la valeur de la concentration en PM₁₀ en nombre obtenue au cours du fonctionnement de l'appareil de chauffage testé et la valeur moyenne obtenue lorsque l'appareil est à l'arrêt.

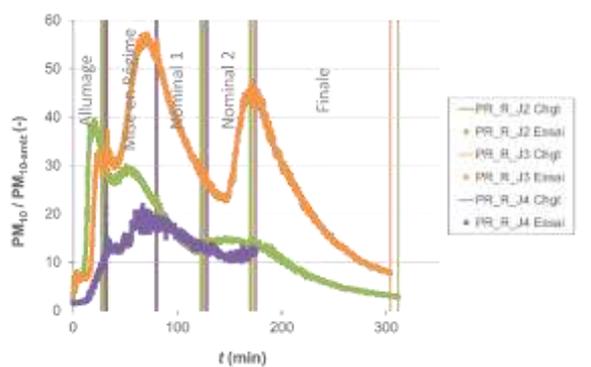
Les courbes de la Figure 1 représentent ce facteur d'augmentation au cours du fonctionnement des différents appareils de chauffage testés, pour chaque condition de perméabilité / ventilation considérée.



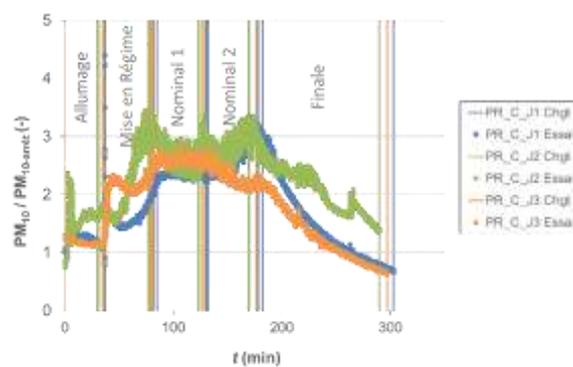
(a) Poêle à granulés – Logement récent



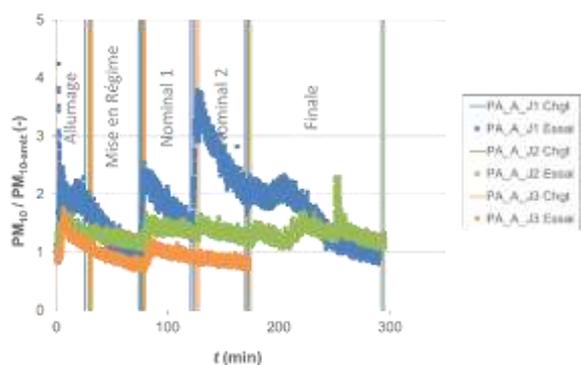
(b) Poêle à granulés – Logement classique



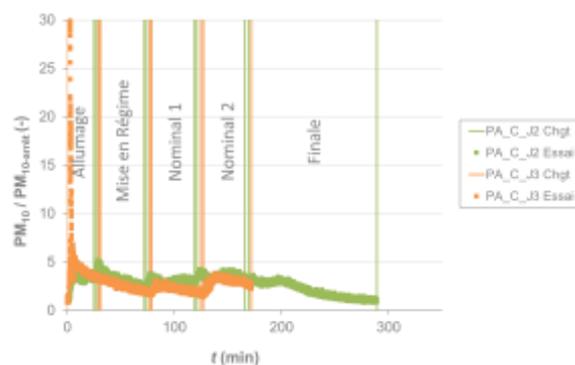
(c) Poêle à bûches récent – Logement récent avec Scénario 2 Dégradé



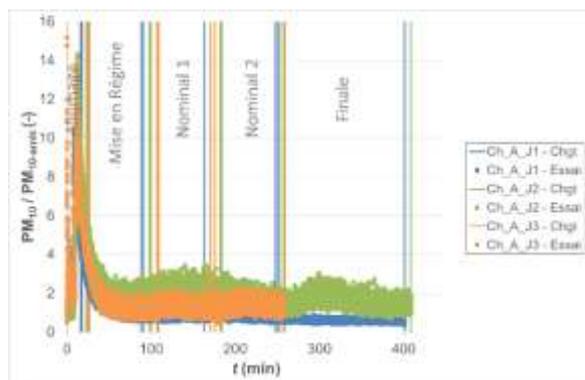
(d) Poêle à bûches récent – Logement classique



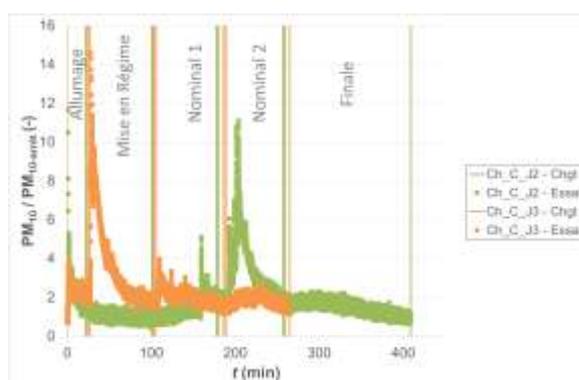
(e) Poêle à bûches ancien – Logement ancien



(f) Poêle à bûches ancien – Logement classique



(g) Foyer ouvert – Logement ancien



(h) Foyer ouvert – Logement classique, avec Scénario 1 Dégradé

Figure 1. Evolution de la concentration en PM₁₀ selon le type d'appareil de chauffage au bois mis en place, les conditions de perméabilité / ventilation et les conditions d'usage

Comme le montrent ces courbes, le facteur d'augmentation de la concentration en PM₁₀ reste globalement inférieur ou égal à 5 indépendamment du mode de fonctionnement de l'appareil de chauffage, ce qui met en évidence une exposition limitée aux polluants particulaires (mesurés en nombre) lors de l'usage courant et adapté d'un appareil de chauffage au bois. En effet, cela indique que les teneurs en polluants mesurées lorsque l'appareil est en fonctionnement sont généralement seulement légèrement supérieures à celles mesurées lorsque l'appareil est à l'arrêt.

Deux cas font exception à cette tendance générale :

- lorsque le renouvellement d'air est insuffisant (du fait par exemple d'une bonne étanchéité à l'air du logement et de débits de ventilation faibles) ;
- dans le cas de l'utilisation d'un foyer ouvert, au cours de la phase d'allumage et éventuellement des phases de rechargement.

4. CONCLUSIONS

Les résultats obtenus confirment que la qualité de l'air se dégrade lorsque le renouvellement d'air est réduit. Ils confirment également que l'absence de porte foyer peut conduire à un refoulement des fumées en air intérieur pour de faibles niveaux de tirage. Il apparaît en outre que les périodes de déchargement et de rechargement peuvent être émettrices de polluants particulaires, en particulier lorsque l'appareil de chauffage ne dispose pas d'une porte foyer.

Ce travail a été soutenu par l'ADEME, dans le cadre de l'appel à projets CORTEA, sous la convention n° 1562C0026 (projet CAB-QAI) et la convention n° 1662C0001 (projet CAB-QAI²).