EVALUATION D'UN PROGRAMME DE REMPLACEMENT D'APPAREILS DE CHAUFFAGE AU BOIS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LA VALLÉE DE L'ARVE

J. Allard[1,2], F. Chevrier[2], I. Jezeck[3], G. Mocnik[3,4], G. Brulfert[5], J.L. Besombes[2] et J.L. Jaffrezo[1]

[1]Université Grenoble-Alpes, CNRS, IGE, 38400 Saint-Martin-d'Hères, France
[2]Université Savoie Mont-Blanc, LCME, F-73000, Chambéry, France
[3]Aerosol d.o.o., 1000, Ljubljana, Slovenia
[4]Jozef Stefan Institute, 1000, Ljubljana, Slovenia
[5]Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, 73000, Chambéry, France
*Courriel de l'orateur : julie.allard@elichens.com; Jean-Luc.Jaffrezo@univ-grenoble-alpes.fr

TITLE

Evaluation of a changeout program of old wood appliances on air quality in Arve valley

RESUME

Un large programme de renouvellement d'anciens appareils de chauffage au bois a été implanté dans la vallée de l'Arve afin de réduire les émissions de PM_{10}. Durant 6 hivers, la contribution de la source de combustion de la biomasse a été suivie à partir de mesures aethalomètres au niveau de 3 sites tandis qu'environ 30% des appareils non-performants estimés sur le territoire ont été renouvelés. Une méthodologie prenant en compte l'influence de la météorologie sur les concentrations a été développé afin de pouvoir évaluer la variation des concentrations de PM_{10} liées à une diminution des émissions. Une diminution des concentrations de PM_{10wb} est observée sur les 3 sites et les 6 hivers pour des jours présentant des conditions météorologiques favorables à la dispersion.

ABSTRACT

A large change-out program of old wood heating appliances has been set up in Arve valley to reduce PM_{10} emissions. Over 6 winters, the contribution of biomass burning source was monitored based aethalometer measurements at 3 sites, while near 30% of old wood-appliances estimated in the area was exchanged. A methodology taking to account the influence of meterology on concentrations has been developed to quantify the PM_{10} concentration change due to the emission reduction. A decrease of PM_{10wb} concentration has been shown at the 3 sites over the 6 winters for days with meteorological conditions favourable for particulate dispersion.

MOTS-CLÉS : aethalomètre, combustion de la biomasse, campagne de longue durée, météorologie locale
KEYWORDS: aethalomether, biomass burning, long-term monitoring, local meteorology

1. INTRODUCTION

De nombreuses études ont maintenant démontré que le chauffage au bois résidentiel contribuait de manière importante aux concentrations de particules tant pour des sites de fonds urbains ou ruraux et de part le monde. La qualité de l'air de la vallée de l'Arve est particulièrement impactée par cette source en période hivernale (70% des concentrations de PM_{10}, Bonvalot et al. 2016), période où les niveaux de concentrations de PM_{10} dépassent fréquement les limites réglementaires. En réponse à cette problématique, une opération pilote à l'échelle nationate a été implantée en 2013 afin de réduire les émissions de cette source sous la forme d'une incitation financière aux habitants pour renouveler leurs appareils de chauffage au bois non-performants. Entre 2013 et 2018, environ 30% des appareils anciens estimés sur le territoire (3252 appareils) ont été renouvelés dans le cadre de cette action. L'évaluation de l'impact de cette action sur la qualité de l'air a été menée, dans le cadre du programme de recherche DECOMBIO (Jaffrezo et al. 2018), à partir du suivi de la contribution de la source de combustion de la biomase aux PM_{10} sur 6 hivers.

Ce suivi a été réalisé par des mesures aethalomètre et l'application du modèle proposé par Sandradewi et al. (2018) permettant d'estimer en continu les concentrations de black-carbon issus de la combustion de la biomasse, BC_{wb}. En appliquant un coefficient multiplicatif à ces concentrations de BC_{wb}, les concentrations de PM_{10wb} sont ensuite déduites. Cependant, plusieurs facteurs peuvent masquer l'évolution des concentrations liées à la réduction des émissions au cours des hivers en impactant la méthode de quantification des PM_{10wb} et en influançant drastiquement le niveau des concentrations. Le plus important de ces facteurs est le phénomène de cold air pool en montagne qui conduit à des concentrations très élevées dans les vallées (Chemel et al. 2016). L'objectif de ce travail est de proposer une méthode permettant de prendre en compte les facteurs de confusions afin de quantifier l'évolution de concentrations PM_{10wb} liée à une réduction des émissions de la source de combustion de la biomasse.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2020-19718 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

2. METHODOLOGIE

La méthodologie générale est représentée par la Figure 1. Un aethalomètre AE33 (Magee Scientific) et un préleveur DA-80 ont été installés au niveau de 3 sites le long de la vallée. Ces 3 sites ont été choisi pour représenter différents bassins atmosphériques existants le long de la vallée en raison de verroux topographiques et de différences de sources d'émissions. Ces 3 sites correspondent à des stations de qualité de l'air de fond urbain. Des prélèvements journaliers sur filtre quartz ont été effectués 1 jour sur 3 durant la 1ère année du programme (115 filtres/site) afin d'obtenir un ratio PM_{10wb}/BC_{wb} spécifique à chaque site à partir des concentrations PM_{10wb} modélisées par PMF (Positiv Matrix Factorisation, détails décrits dans Jaffrezo et al. 2018). Les concentrations de PM_{10wb} sont par la suite quantifiées par l'application de ce ratio aux concentrations de BC_{wb} estimées par le modèle Aethalomètre. Afin d'évaluer la validité de cette méthode de quantification sur les 6 hivers du programme, des prélevements sur filtre ont été réalisés les hivers suivants (≈ 50 filtres/site) avec l'analyse des fractions carbonée et ionique et de traceurs organiques liées à la source de combustion de la biomasse (monosaccharydes anhydres, méthoxyphénols, HAPs, nitrocatéchols). Ces analyses permettent de suivre la composition chimique des PM_{10} au cours des hiver et de confronter les mesures AE33, eBC et BC_{wb} avec l'EC, mesure thermo-optique du BC, et le lévoglucosan, traceur principal de la combustion de la biomasse, réalisés sur filtres.

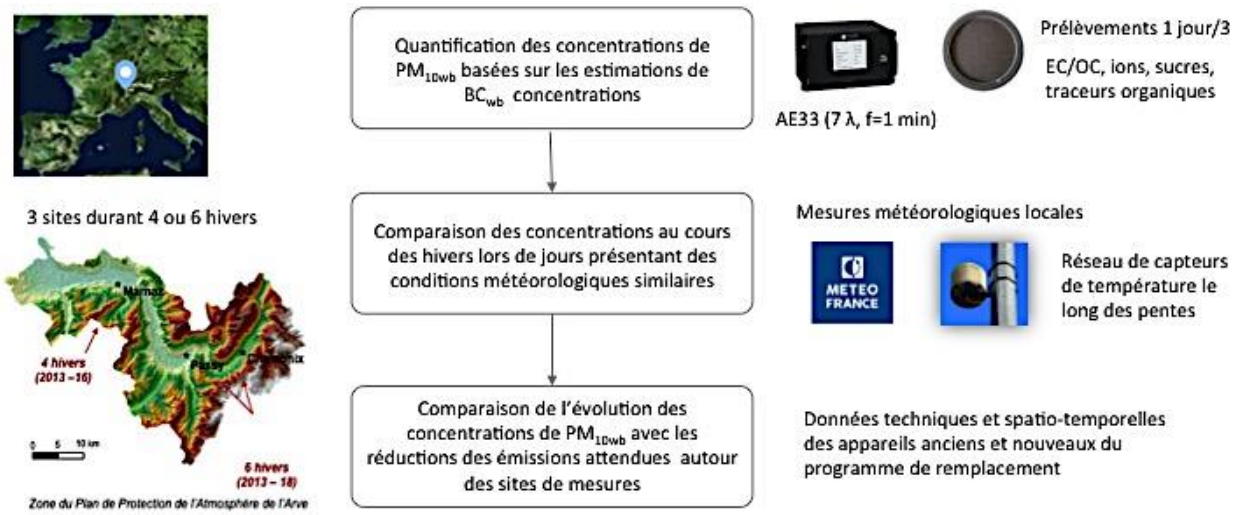

Figure 1. Schéma de la méthode appliquée pour évaluer la variation des concentrations de PM_{10wb} liées à la réduction des émissions due aux renouvellements des appareils de chauffage au bois.

L'influence des conditions météorologiques sur les concentrations a été prise en compte en comparant les concentrations journalières des PM_{10wb} entre les hivers pour des jours présentant des conditions météorologiques anologues. Pour cela, une classification automatique par type de temps a été développée à partir des variables météorologiques dont un impact sur les concentrations a été montré dans des études précédentes (Allard et al. 2018). Les mesures de certaines variables (température, taux de précipitation, vitesse du vent, pression, épaisseur de neige) sont issues des stations locales du réseau Météo-France. La stabilité atmosphérique, liée à la hauteur de la couche limite atmosphérique, est quant-elle, suivie par un système non conventionnel de capteurs de température installés le long des pentes (Allard et al. 2019).

Enfin, les réductions des émissions liées aux renouvellements des appareils ont été estimées à partir des données techniques et spatio-temporelles (coordonnées GPS et information sur le 1er hiver d'utilisation du nouvel appareil) concernant les appareils renouvelés du programme. Plusieurs scénarios de calcul ont été appliqués selon les facteurs d'émissions et l'hypothèse de consommation avec le nouvel appareil employés. Pour comparer la variation inter-hivernale des émissions et des concentrations de PM_{10wb}, les émissions estimées dans un rayon de 1km autour des stations ont été considérées. A cette échelle, les estimations des émissions de PM_{10} liés aux appareils de chauffage avec de la biomasse en dehors de ceux renseignés par le programme présentent une très forte incertitude.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2020-19718 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

3. RESULTATS

Sur les 6 hivers (2013 à 2018), les concentrations journalières entre les mesures AE33 et les mesures sur filtres (eBC vs EC et BC_{wb} vs Levoglucosan) ont été trouvés très corrélés (R^2 compris entre 0.60 et 0.94 selon le site et l'hiver) et aucun changement significatif du profil chimique des PM n'a été observé. La méthode de quantification des concentrations de PM_{10wb} a ainsi été considérée comme valide sur les 6 hivers. Aucune tendance significative des concentrations de PM_{10wb} et de leur contribution aux PM_{10} n'est observée entre les hivers (n≈105 mesures/hiver). Des diminutions des concentrations de PM_{10wb} et des traceurs de la combustion de la biomasse sont cependant détectées entre les hivers pour des jours de conditions météorologiques similaires.

Pour des conditions météorologiques favorables à la dispersion, une diminution des PM_{10wb} de 4 et 5% par hiver est observé sur les sites de Passy et Chamonix sur les 6 hivers (Pente de Sen, test de Mann-Kendall, p-value< 0.04, n compris entre 14 et 36 mesures par hiver). Une diminution est également observée sur le site de Marnaz durant les 4 hivers de mesures réalisées. Sur le site de Passy, l'évolution des émissions de PM_{10wb} estimée dans un rayon de 1 km autour du site de mesure a été trouvé du même ordre de grandeur que celles des concentrations de PM_{10wb} sur les 6 hivers pour les jours avec des conditions favorables de dispersion (diminution moyenne de 25 % entre les hivers 13 et 18). Ainsi, la méthodologie appliquée prenant en compte l'influence de la météorologie, permet d'observer empiriquement l'impact d'une action de réduction des émissions liées à la combustion de la biomasse.

Ce travail a été soutenu par l'ADEME dans le cadre du programme DECOMBIO (n°1362C0028) et de la thèse de J. Allard (2018).

Allard, J., Chevrier, F., Laurent, J-P., Coulaud, C., Paci, A., Jezek, I., Mocnik, G., Brulfert, G., Besombes, J-L., Jaffrezo, J-L. (2019) La Météorologie 106.

Allard, J., Chevrier, F., Jezek, I., Mocnik, G., Brulfert, G., Besombes, J-L., Jaffrezo, J-L. (2018) Proc. 11th Int. Conf. on Air Quality, Barcelone.

Bonvalot, L., Tuna, T., Fagault, Y., Jaffrezo, J-l., Jacob, V., Chevrier, F., Bard,E. (2016) Atmos. Chem. Phys., 16, 13753-13772

Chemel, C., Arduini, G., Staquet, C., Largeron, Y., Legain, D., Tzanos, D., Paci, A. (2016) Atmos. Environ. 128, 208-215

Jaffrezo, J-L., Besombes,J-L., Marchand, N., Mocnik, G., Brulfert, G., Chevrier, F., Bertrand, A., Jezek, I., Allard, J. (2018) Déconvolution de la contribution de la combustion de la biomasse aux particules dans la vallée de l'Arve. Rapport ADEME.

Sandradewi, J., Prévöt, A.S.H., Alfarra, M.R., Szidat, S., Wehri, M.N., Ruff, M., Weimer, S., Lanz, V.A., Weingartner, E., Perron, N., Caseiro, A., Kasper-Giebl, A., Puxbaum, H., Wacker, L., Baltensperger, U. (2008) Atmos. Chem. Phys. 8, 8091-8118