

Impact de la combustion du bois sur la qualité de l'air ambiant de quatre villes de France : évaluation de l'approche par traceurs organiques

Wood burning impact on the ambient air quality of four French cities: Evaluation of the approach by organic tracers

Nicolas PISSOT*, Jean-Luc BESOMBES*, Eva LEOZ-GARZIANDIA**, Jean-Luc JAFFREZO***

Résumé

De nos jours, l'utilisation du bois en tant que combustible est relativement répandue en France et dans le monde entier. L'augmentation du prix du pétrole et des autres sources d'énergie épuisables va certainement engendrer dans les années à venir une contribution accrue du chauffage domestique au bois. L'utilisation de cette source d'énergie renouvelable pose cependant de nombreux problèmes sur la santé humaine. En effet, la fumée émise lors de la combustion du bois contient un certain nombre de composés polluants, tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), le benzène, les fines particules (PM₁₀, PM_{2.5})... Les émissions de la combustion du bois ont donc un impact sur la qualité de l'air. Cet impact peut être évalué par l'étude de traceurs organiques spécifiques de la combustion du bois identifiables au sein de la composante organique des aérosols. Ces traceurs sont des produits provenant de la combustion de la cellulose et de l'hémicellulose tels que le lévoglucosan, mannosan, galactosan et des composés issus de la thermodégradation de la lignine tels que les méthoxyphénols. Cette méthode a été appliquée à une étude commanditée à l'INERIS par le ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT), en partenariat avec des Associations agréées de la surveillance de la qualité de l'air (AASQA). L'objectif était de caractériser l'influence de la combustion du bois sur la composante organique de l'aérosol atmosphérique en site urbain. Des prélèvements d'aérosols ont été effectués sur une période allant de novembre 2006 à avril 2007, dans quatre grandes villes de France : Grenoble, Lille, Strasbourg, et Gennevilliers. L'analyse par chromatographie gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC/MS) des traceurs organiques les plus stables, lévoglucosan, mannosan et galactosan, confirme l'influence de cette source sur la qualité de l'air des quatre villes. Sur la période d'étude, la concentration moyenne en lévoglucosan varie de 272 ng.m⁻³ pour la ville de Gennevilliers à 1 148 ng.m⁻³ pour la ville de Grenoble. La confrontation des résultats de ces traceurs avec les données usuelles de caractérisation de l'aérosol, telles que le carbone organique (OC) et le carbone élémentaire (EC), montre une participation du chauffage au bois plus importante dans les villes de Grenoble et de Strasbourg. Les résultats d'analyse du lévoglucosan obtenus sur la ville de Gennevilliers indiquent une très bonne corrélation avec les HAP particuliers et les PM₁₀. Ces résultats prouvent que la combustion du bois joue un rôle important sur la composition de la matière organique de l'aérosol atmosphérique et sur la pollution particulaire en milieu urbain. En revanche, les méthoxyphénols ont été peu détectés sur les divers échantillons analysés.

Mots clés

Lévoglucosan. Combustion de la biomasse. Combustion du bois. Aérosols atmosphériques. Qualité de l'air. Traceurs organiques. HAP.

* Laboratoire de chimie moléculaire et environnement (LCME) – Polytech'Savoie – Université de Savoie – 73376 le Bourget-du-Lac – France – E-mail : Nicolas.Pissot@univ-savoie.fr ; Jean-Luc.Besombes@univ-savoie.fr

** Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) – Parc Technologique Alata – B.P. 2 – 60550 Verneuil-en-Halatte – France – E-mail : Eva.LEOZ@ineris.fr

*** Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement (LGGE) – CNRS – Université Joseph Fournier – 54, rue Molière – 38402 Saint-Martin-D'Hères – France – E-mail : jaffrezo@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Abstract

Nowadays, promoted as a renewable energy, biomass burning becomes more and more widespread all over the world. In urban and rural areas biomass, mainly wood, is burned for heating, cooking, and waste disposal purposes. This biofuel seems to be an alternative to the rarefaction of the fossil fuel and, moreover it decreases the emission of carbon dioxide causing global warming. However, wood smoke contains various air pollutants such as fine particulate matter (PM₁₀, PM_{2.5}), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), benzene, dioxins... and in consequence has an impact on the air quality. In order to estimate the contribution of wood burning on the atmospheric organic aerosol of urban areas, the French ministry of environment (MEEDDAT), called upon this study during the winter 2006/2007, in the French cities of Grenoble, Lille, Strasbourg and Gennevilliers. For this work, different species have been looked after. The global characterization of the atmospheric aerosols has been made taking in account the PM₁₀, the organic carbon (OC), and the elementary carbon (EC). Measurement of biomass burning tracers (levoglucosan, mannosan, and galactosan) has been undertaken, as well as methoxyphenols, which are more specific wood smoke tracers. The analyses of organic tracers by gas chromatography coupled with a mass spectrometer detector (GC/MS) show average concentrations of levoglucosan in the range of 272 ng.m⁻³ for Gennevilliers to 1 148 ng.m⁻³ for Grenoble. Mannosan and galactosan have also been measured in all cities but in lower quantities. The methoxyphenols have been detected only in rare occasions and at the limit of detection of the analytical method. PM₁₀ measurements range from 20.6 µg.m⁻³ for Gennevilliers to 35.8 µg.m⁻³ for Grenoble. At the same time, OC values range from 3.61 µg.m⁻³ to 11.15 µg.m⁻³. Moreover high correlations have been observed between levoglucosan and OC, respectively 0.80 and 0.86 for Grenoble and Strasbourg. In addition, with respectively 10.98 ng.m⁻³ and 8.20 ng.m⁻³, Grenoble and Strasbourg present the highest particulate PAHs average concentrations of the four cities. All these results seem to indicate that Grenoble and Strasbourg are more impacted by the biomass burning than the two other cities. And more particularly in Grenoble where the organic aerosol fraction is very huge, this last phenomenon is typically characteristic of the biomass burning. To conclude, this study shows and confirms the usefulness of levoglucosan as biomass burning tracer and the difficulty to use methoxyphenols as woodsmoke tracers in ambient areas.

Keywords

Levoglucosan. Biomass burning. Wood burning. Atmospheric aerosols. Air quality. Organic tracers. PAHs.

1. Introduction

L'utilisation du bois en tant que combustible contribue à diminuer les émissions de gaz carbonique et semble être, *a priori*, une solution à la problématique de l'effet de serre. Cependant, certaines particules émises lors de la combustion du bois sont toxiques pour l'homme [1]. En effet, ces combustions émettent beaucoup de fines particules, PM₁₀ et PM_{2,5} (particules ayant un diamètre aérodynamique respectivement inférieur ou égal à 10 et 2,5 µm), pouvant provoquer des problèmes respiratoires chez l'être humain [2]. De plus, les émissions de la combustion du bois produisent également des HAP, molécules formées principalement lors d'une combustion incomplète ou de la pyrolyse de matériaux organiques, comme la biomasse, le gaz, l'essence et les ordures ménagères [3] ; ces substances chimiques ont souvent des propriétés cancérogènes [4-5]. De nos jours, les agences de protection de l'environnement des États-Unis (US EPA) et d'Europe (EEA) considèrent les HAP comme des polluants prioritaires [6-7].

Quantifier l'influence d'une source particulière sur la qualité de l'air nécessite de disposer de données mesurables spécifiques à cette source. De nombreuses études ont été axées sur la détermination de composés chimiques spécifiques de source, plus communément appelés traceurs. La combustion de la biomasse engendre un aérosol atmosphérique caractérisé par une fraction organique importante, avec des taux d'émission de carbone organique (OC) très supé-

rieurs à ceux de combustibles fossiles [8-9]. Les composés organiques polaires tels que les déshydro-monosaccharides (lévoglucosan, mannosan, galactosan), issus de la dégradation de la cellulose et de l'hémicellulose, mais également des méthoxyphénols (composés de type guaiacol et syringol) provenant de la pyrolyse de la lignine, sont très largement utilisés [10-11] pour ce genre d'étude. Parmi tous les traceurs de combustion de la biomasse, le lévoglucosan (1,6-anhydro-β-D-glucopyranose) est considéré comme le traceur le plus intéressant car il est le plus stable dans l'atmosphère, et le plus émis. Il a déjà été identifié comme pouvant être un composé abondant dans les aérosols de certains milieux urbains. De plus ce composé montre une grande stabilité dans l'atmosphère (environ 10 jours) puisque de faibles concentrations en lévoglucosan ont été détectées en milieu océanique [12]. Depuis quelques années le lévoglucosan est utilisé dans de nombreux pays pour identifier la contribution des feux de biomasse aux concentrations ambiantes en particules [13-14]. La détermination de ce composé au sein d'échantillons atmosphériques devient donc indispensable à l'étude de l'impact de la combustion du bois sur la qualité de l'air. En Europe, la principale source de combustion de la biomasse en hiver est la combustion du bois utilisé pour le chauffage résidentiel [15]. Le lévoglucosan s'avère dans ce cas là être un très bon indicateur de la combustion du bois. En revanche, en été, la combustion de la biomasse est plus particulièrement marquée par la combustion de déchets agricoles et

les feux de forêts occasionnels. Il est donc plus délicat de prédire la contribution de la combustion du bois uniquement par l'intermédiaire de ce traceur durant cette saison. Il est donc nécessaire d'utiliser, en plus du lévoglucosan, d'autres traceurs plus spécifiques de la combustion du bois tel que les méthoxyphénols.

La France est actuellement le premier pays consommateur de bois énergie en Europe. Le chauffage au bois représente donc un véritable enjeu énergétique, environnemental et de santé publique [16]. Conscient de ce problème, le MEEDDAT a décidé de réaliser et de financer ce projet en partenariat avec l'INERIS. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la combustion du bois sur la qualité de l'air ambiant en milieu urbain et s'appuie sur une démarche originale en France basée sur l'analyse de traceurs organiques. L'analyse de composés de type déshydromonosaccharides et méthoxyphénols a été réalisée sur des échantillons collectés de novembre 2006 à avril 2007 dans quatre grandes villes françaises : Grenoble, Gennevilliers, Lille et Strasbourg.

2. Partie expérimentale

2.1. Prélèvements

Les différents prélèvements ont été effectués dans l'air ambiant de sites urbains par les AASQA suivantes : ATMO Rhône-Alpes (Grenoble), AIRPARIF (Paris, site de Gennevilliers), ATMO Nord-Pas-de-Calais (Lille, site de Marcq-en-Barœul) et ASPA (Strasbourg, site de Geispolsheim). Les aérosols atmosphériques ont été collectés sur des filtres en fibre de quartz, à l'aide de préleveurs à haut débit DA-80 (30 m³.h⁻¹) sur une période de 24 h. Les filtres ont été conservés au congélateur à -20 °C jusqu'à leur analyse. Des blancs terrains ont été réalisés et analysés au même titre que les autres prélèvements. Les valeurs obtenues à partir des blancs ont été soustraites aux autres échantillons les plus proches temporellement.

2.2. Extraction et analyse des traceurs de combustion

L'extraction des traceurs de combustion du bois a été effectuée par la technique du Soxhlet (Soxhlet automatique Büchi B-811), avec 200 ml d'un mélange acétone/dichlorométhane (70:30, v/v), et 15 cycles d'extraction. Les extraits obtenus ont ensuite été concentrés à l'aide de l'évaporateur TurboVap II Workstation (Zimark) et filtrés sur des membranes filtrantes Anotop 10 (0,02 µm).

Dans le but d'obtenir une meilleure sensibilité de détection lors de l'analyse par GC/MS, l'échantillon concentré précédemment subit une réaction chimique de silylation au bis(triméthylsilyl)-trifluoroacétamide (BSTFA) contenant 1 % de triméthylchlorosilane (TMCS). Cette réaction permet de substituer les hydrogènes labiles des différents composés recherchés par le groupement triméthylsilyl (TMS) et ainsi

d'obtenir des composés plus volatils et moins polaires. Les échantillons sont donc analysés en chromatographie en phase gazeuse (Agilent Serie 6890) couplée à un spectromètre de masse (Agilent Serie 5973 MSD). Les composés sont séparés sur une colonne de type Varian CP-Sil 5CB Low Bleed/MS (50 m de longueur, 320 µm de diamètre, et 0,4 µm d'épaisseur de film), en utilisant comme gaz vecteur de l'hélium. Le programme de température utilisé pour la séparation en chromatographie est le suivant : un palier initial de température 60 °C pendant 1 min. suivi d'une évolution de la température de 5 °C.min⁻¹ jusqu'à 200 °C, puis de 10 °C.min⁻¹ jusqu'à 280 °C. La température est alors maintenue constante pendant 10 min. L'identification et la quantification des composés sont réalisées par confrontation à la fois des temps de rétention et des spectres de masse obtenus sur les échantillons avec ceux de solutions étalons. Le 1,3,5-triméthylbenzène (1,3,5-TMB) et le cyclohexanol (procurés chez Sigma Aldrich et dilués dans de l'acétone pour obtenir les concentrations désirées) ont servi respectivement d'étalon interne pour la quantification et de vérificateur pour la réaction de silylation.

2.3. Analyse de l'OC et EC

Une fraction de 1,5 cm² de chaque filtre étudié a été analysée au LGGE de Grenoble grâce à la méthode de transmission thermo-optique, par l'intermédiaire de l'analyseur Sunset Lab. L'analyse de l'OC a été effectuée en utilisant des températures allant jusqu'à 870 °C dans 100 % d'hélium, et jusqu'à 900 °C pour l'analyse de l'EC dans 98 % d'hélium et 2 % de dioxygène. Un temps de séparation automatique a permis de faire la distinction entre l'EC et l'OC pyrolysé.

2.4. Analyse des HAP et PM₁₀

Les AASQA de chacune des villes de cette étude effectuent quotidiennement le prélèvement et l'analyse des principaux polluants indicateurs de la qualité de l'air tels que les HAP et les PM₁₀. L'ensemble de ces données a été mis à disposition par les AASQA pour cette étude. Pour les HAP, les composés analysés sont le benzo(a)anthracène, le chrysène, le benzo(j)fluoranthène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, l'indeno(1,2,3-c,d)pyrène, et le benzo(g,h,i)perylène.

3. Résultats et discussions

3.1. Étude des concentrations en traceurs de combustion du bois

Quatre-vingt-douze échantillons ont été collectés entre le 8 novembre 2006 et le 10 avril 2007 sur des périodes d'échantillonnage légèrement différentes suivant les villes. L'ensemble de ces échantillons a été analysé afin de déterminer les niveaux de concentration en traceurs de combustion de biomasse sur

chacun des sites urbains (Tableau 1). Toutefois, les comparaisons présentées dans cet article sont faites sur la base des données obtenues sur la même période de prélèvement s'étendant du 24 décembre 2006 au 15 mars 2007. Les concentrations moyennes en composés de type déshydromonosaccharides obtenues sur les différents sites sont présentées sur la Figure 1. Pour les trois composés étudiés, les concentrations moyennes les plus importantes sont obtenues pour les villes de Grenoble (1 148 ng.m⁻³) et de Strasbourg (382 ng.m⁻³). La valeur moyenne la plus faible (272 ng.m⁻³) est observée pour la ville de Gennevilliers mais avec des valeurs maximales pouvant atteindre 1 224 ng.m⁻³ proches de celles rencontrées à Strasbourg. Toutefois, dans le cas de ce site, l'étude a été réalisée sur une période plus longue, avec des échantillonnages commençant dès le mois de novembre, et caractérisée par des températures exceptionnellement douces et des niveaux de concentrations en

lévoglucosan faibles. Enfin, la plus faible variabilité des concentrations en lévoglucosan est observée à Lille. Les concentrations en lévoglucosan, le traceur le plus abondant, observées sur les quatre villes sont dans l'ordre de grandeur de celles observées dans de grands sites urbains et rapportées dans la littérature ; elles s'étendent de 1 à 2 469 ng.m⁻³ [17-18]. De plus, pour les différentes villes, les concentrations moyennes en mannosan et galactosan sont bien inférieures à celles du lévoglucosan (Figure 1) ; environ dix fois moins pour le mannosan et vingt fois moins pour le galactosan. Leurs concentrations se situent dans la gamme de 1 à 269 ng.m⁻³. Ceci impliquant certainement une émission moindre des traceurs mannosan et galactosan lors de la pyrolyse de la lignine. Ces différences de concentrations avec le lévoglucosan sont à relier directement aux taux d'émission rapportés dans la littérature et beaucoup plus faibles pour ces deux composés [19-20].

Tableau 1.

Présentation du nombre d'échantillons analysés, de la période de prélèvement et de la température moyenne selon les différentes villes étudiées.

Summarize of the number of samples analyzed, sampling periods and average temperatures in the four cities of the study.

Ville	Nombre d'échantillons analysés	Période de prélèvement	Température moyenne (°C)
Grenoble	13	20/12/06 - 26/03/07	8,0
Lille	14	29/12/06 - 26/04/07	9,8
Strasbourg	17	09/12/06 - 11/03/07	6,5
Gennevilliers	48	08/11/06 - 10/04/07	12,9

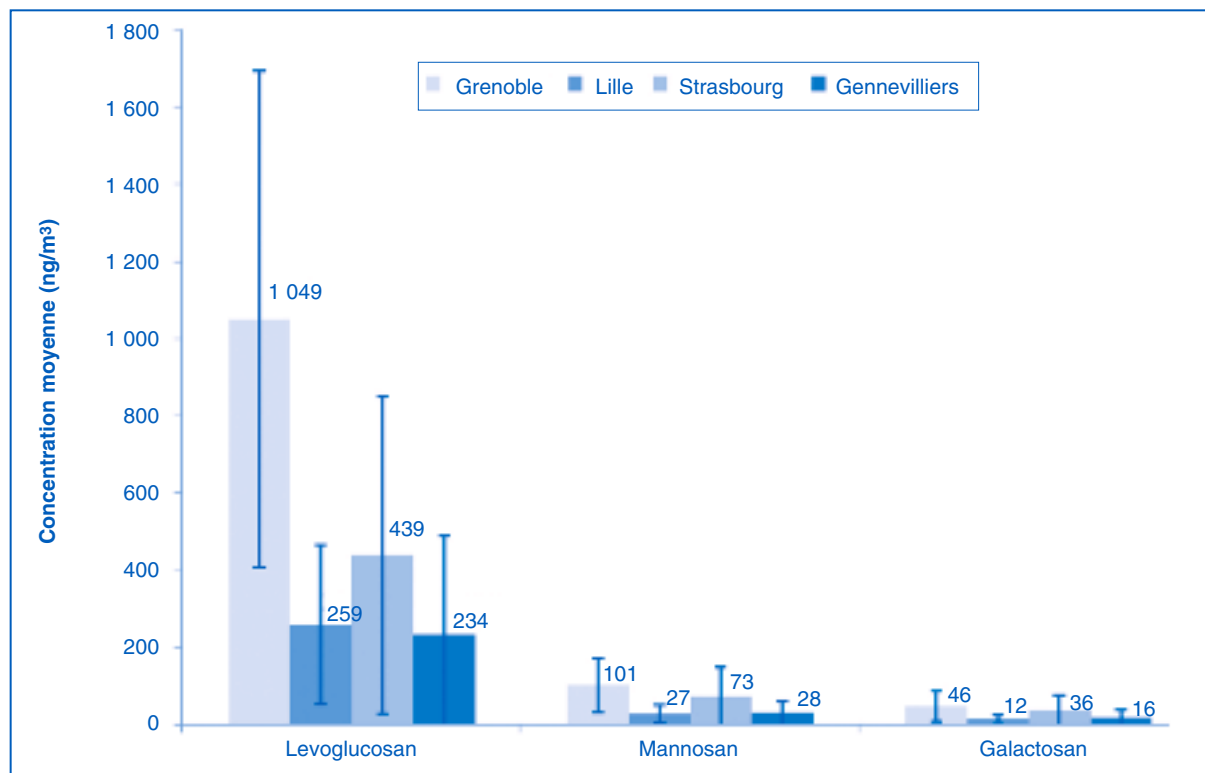


Figure 1.

Profil des concentrations moyennes des déshydromonosaccharides relevé dans 4 villes françaises du 24 décembre 2006 au 15 mars 2007.
Profile of dehydromonosaccharides average concentrations in the four cities between December 24, 2006 and March 15, 2007.

L'identification des méthoxyphénols n'a pu être faite que sur quelques échantillons, notamment sur ceux provenant du site de Gennevilliers, mais à des niveaux correspondant aux limites de détection de la méthode analytique utilisée. Les méthoxyphénols sont connus comme pouvant évoluer chimiquement très rapidement dans l'atmosphère [18] et des travaux récents ont montré qu'ils constituaient des indicateurs de la combustion du bois plutôt appropriés dans le cadre de sites d'observation fortement impactés par cette source en raison notamment de la proximité et de l'intensité des émissions [21]. Ainsi, la difficulté d'identification et de quantification de ces composés sur les différents sites concernés par cette étude semble

montrer qu'ils ne sont pas sous l'influence directe des émissions dues à la combustion de biomasse.

L'évolution temporelle de la concentration en lévoglucosan sur les villes de Gennevilliers et Strasbourg (Figure 2) montre des variabilités importantes des concentrations sans qu'aucun lien avec la température ne puisse être observé. En ce qui concerne les villes de Grenoble et Lille (Figure 3), les variabilités des concentrations sont beaucoup moins fortes. Bien que les concentrations les plus importantes soient observées durant les périodes les plus froides (5,5 °C à Grenoble et de 0 à 3 °C à Lille), aucune corrélation ne peut être mise en évidence entre la concentration en lévoglucosan et la température ambiante.

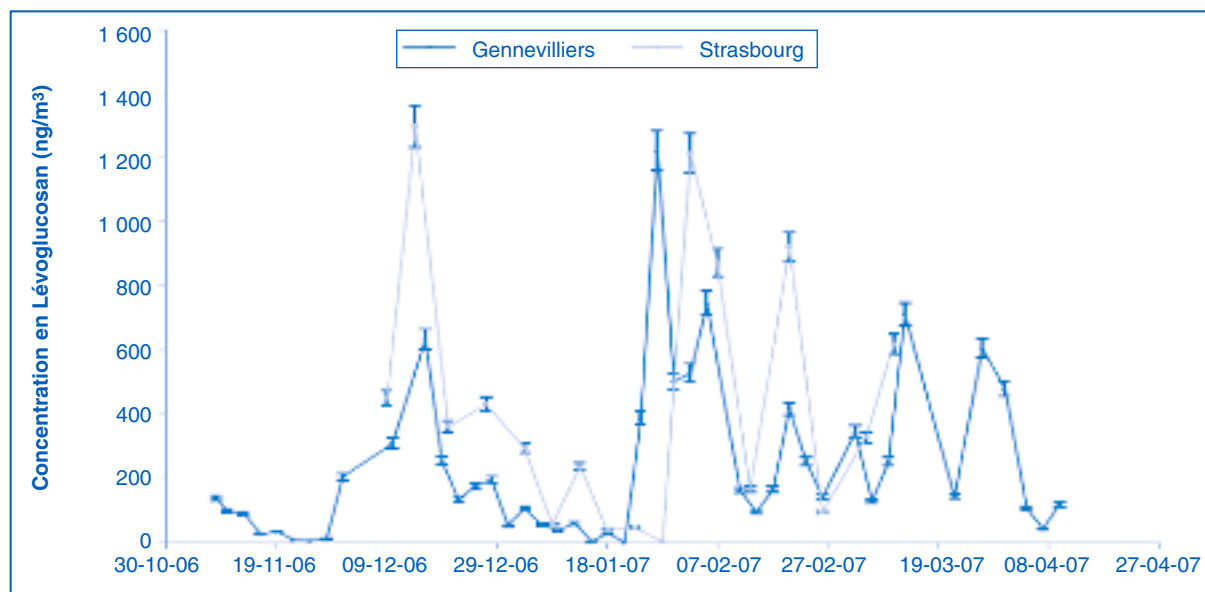


Figure 2.

Évolution temporelle de la concentration en lévoglucosan à Gennevilliers et Strasbourg pendant la durée de l'étude.
Temporal evolution of levoglucosan concentration in Gennevilliers and Strasbourg during the study time.

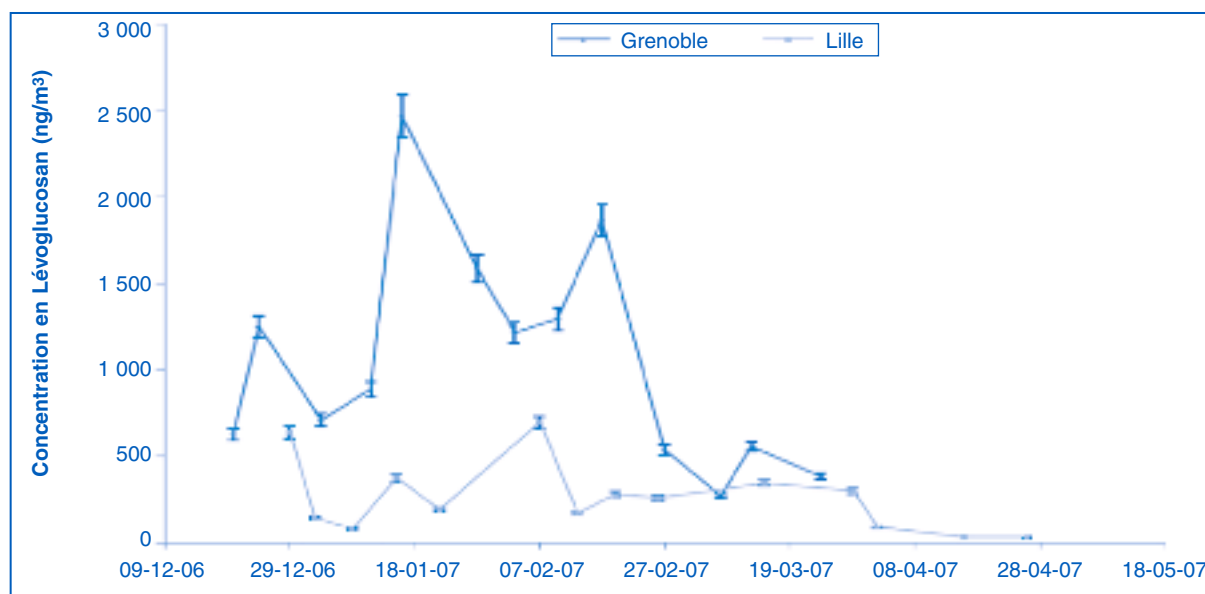


Figure 3.

Évolution temporelle de la concentration en lévoglucosan à Grenoble et Lille pendant la durée de l'étude.
Temporal evolution of levoglucosan concentration in Grenoble and Lille during the study time.

3.2. Comparaison du lévoglucosan avec les PM₁₀, l'OC et l'EC

La caractérisation globale des aérosols a été réalisée par les mesures de PM₁₀, du carbone organique (OC) et du carbone élémentaire (EC). Les concentrations moyennes obtenues sur les différents sites d'étude sont rapportées sur la Figure 4. Les concentrations les plus importantes en PM₁₀ sont rencontrées sur les sites de Grenoble et de Lille avec respectivement des valeurs moyennes de 35 µg.m⁻³ et de 40,3 µg.m⁻³. Avec une concentration moyenne de l'ordre de 10 µg.m⁻³, les valeurs d'OC enregistrées à Grenoble montrent une part organique des PM₁₀ plus importante qu'à Lille et supérieure à celle qui peut être rencontrée dans d'autres sites urbains de taille similaire. Les sources de carbone organique mesuré dans

les PM sont multiples, depuis des émissions directes biogéniques jusqu'à la formation *via* des espèces gazeuses primaires en passant par les combustions telles que diesel ou chauffage au bois. Mais la formation de matière organique secondaire est peu favorisée en période froide en raison de la faiblesse des réactions photochimiques. D'autre part, les concentrations moyennes en carbone élémentaire pour les quatre villes étudiées sont très significativement plus élevées à Grenoble que dans les trois autres villes, avec cependant une grande variabilité des mesures. Ces concentrations restent toutefois dans des gammes moyennes pour des milieux urbains européens [22-24]. Les sources d'émission du carbone élémentaire sont essentiellement les combustions, avec des fractions significatives dues aux émissions diesel et aux combustions de bois.

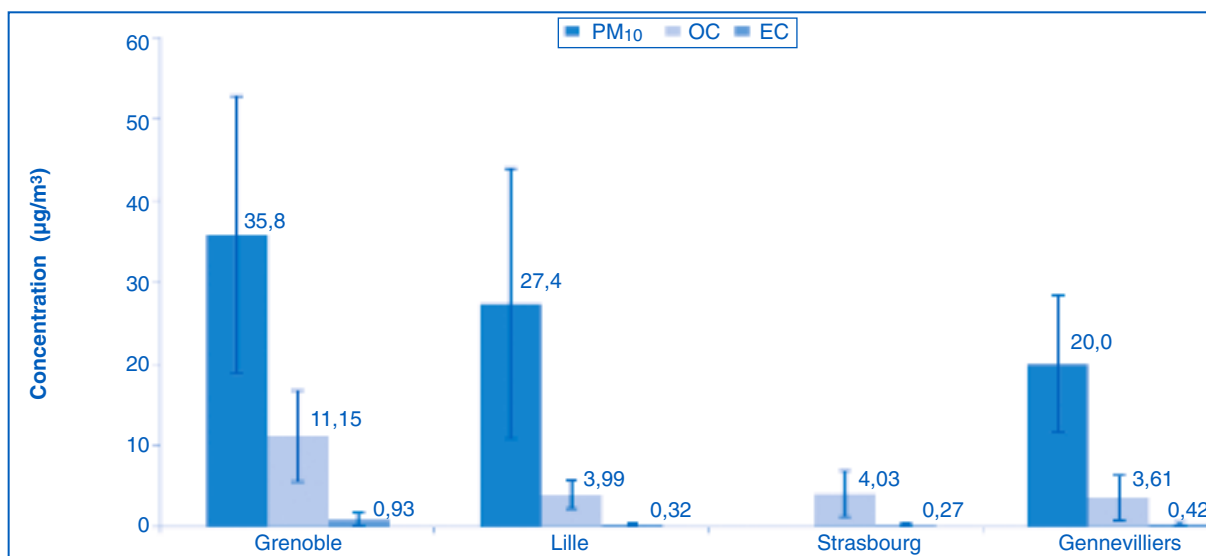


Figure 4.

Profil des concentrations moyennes en PM₁₀, OC et EC sur les quatre villes entre le 24 décembre 2006 et le 15 mars 2007.
Profile of PM₁₀, OC, and EC average concentrations in the four cities between December 24, 2006 and March 15, 2007.

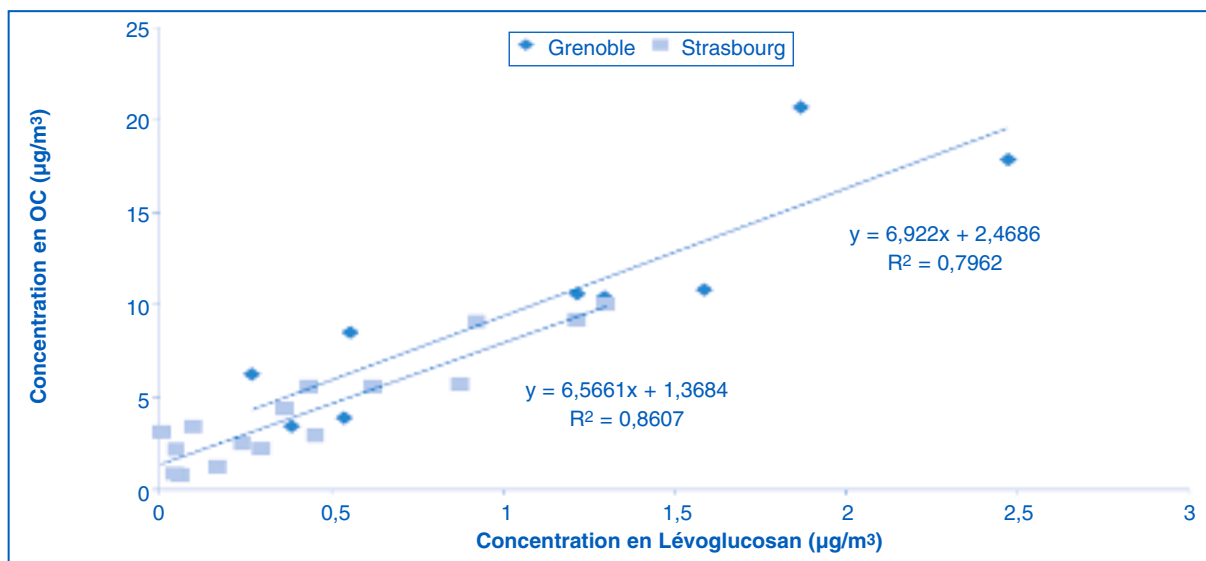


Figure 5.

Corrélation du lévoglucosan avec l'OC à Grenoble et Strasbourg.
Correlation between levoglucosan and OC in Grenoble and Strasbourg.

D'autre part, pour les deux sites présentant les concentrations les plus importantes en lévoglucosan, des corrélations assez étroites sont observées entre les concentrations en OC et celles de ce traceur organique. Les coefficients de corrélation sont en effet de 0,80 et de 0,86 respectivement à Grenoble et Strasbourg (Figure 5). Ces observations illustrent l'influence importante de la combustion de biomasse sur la matière organique particulaire dans ces deux villes durant la période d'étude. De plus, les contributions importantes de la matière carbonée aux concentrations des PM₁₀ observées sur le site de Grenoble montrent l'impact de cette source d'émission sur la pollution particulaire dans cette ville.

À Lille et Gennevilliers, les aérosols présentent une fraction carbonée moins importante. Des résultats complémentaires, non présentés ici, mettent en évidence une composante ionique plus importante avec notamment des concentrations en ions nitrates, sulfates et chlorures plus élevées qu'à Strasbourg ou Grenoble [25]. Les principales sources de pollution en particules semblent donc plus d'origine industrielle et crustale sur Lille et Gennevilliers. La combustion du bois présente une contribution moins importante sur la pollution particulaire dans ces deux villes.

3.3. Comparaison du lévoglucosan avec les HAP particulaires

Les sites de prélèvement utilisés pour cette étude étaient instrumentés pour l'étude des HAP dans le cadre de la mise en place de la nouvelle réglementation sur la surveillance de ces composés. Les concentrations totales moyennes des HAP particulaires déterminées sur la même période de prélèvement que les traceurs de la combustion de biomasse sont présentées sur la Figure 6. Les taux d'HAP observés s'étendent de 2,76 ng.m⁻³ sur le site de Gennevilliers

à 10,98 ng.m⁻³ sur le site de Grenoble. Ces valeurs sont dans l'ordre de grandeur des concentrations habituellement rencontrées dans des sites urbains [26]. D'autre part, les plus importantes valeurs des concentrations moyennes en HAP sont observées sur les mêmes villes présentant les taux de traceurs de combustion de biomasse les plus élevés. Les HAP sont émis par tous processus de combustion de la matière organique. La combustion du bois se caractérise par des facteurs d'émission de ces polluants particulièrement importants [27]. Ceci peut induire des apports importants d'HAP dans les atmosphères de sites fortement influencées par cette source de combustion.

Toutefois, sur la plupart des villes étudiées, les échantillons d'HAP n'ont pas été collectés le même jour que les échantillons de traceurs de combustions de bois. Il apparaît donc difficile à ce stade de l'étude d'étudier les corrélations pouvant exister entre ces deux familles de composés.

4. Conclusion

Cette première étude, basée sur l'utilisation de traceurs organiques de combustion, a permis d'évaluer l'impact de la combustion du bois sur la qualité de l'air ambiant des villes de Grenoble, Gennevilliers, Lille et Strasbourg pendant l'hiver 2006/2007. Le suivi des concentrations en lévoglucosan et des paramètres globaux des aérosols (OC, EC, PM₁₀) montre des contributions de cette source différentes suivant les villes. Grenoble et Strasbourg apparaissent comme les plus impactées par cette source d'émission. Dans ces villes, et notamment à Grenoble, la matière organique constitue une composante importante dans la composition chimique des aérosols en accord

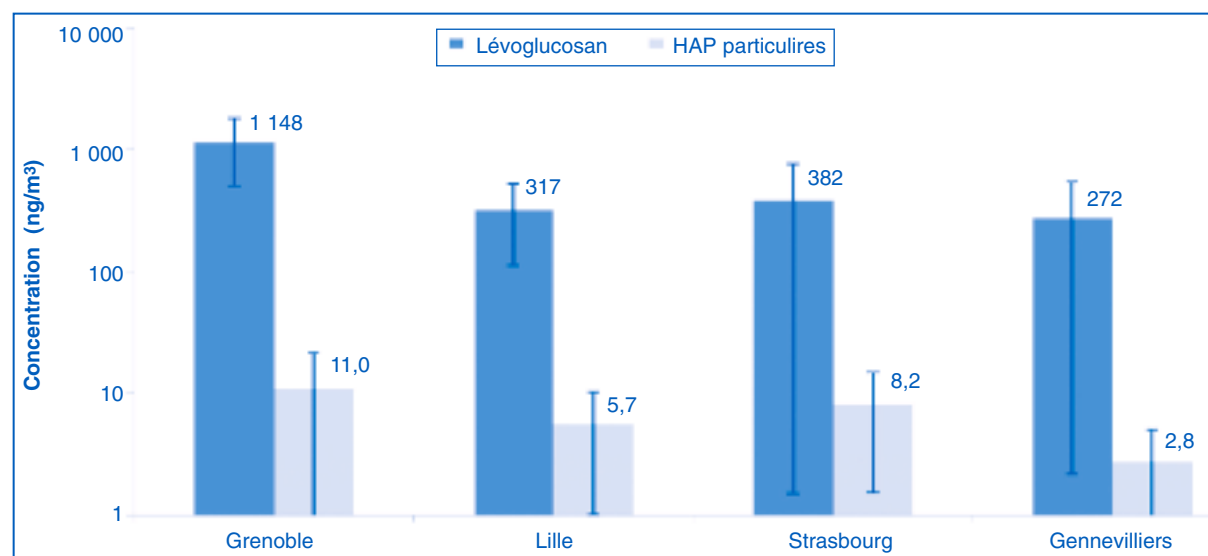


Figure 6.
Concentrations moyennes en lévoglucosan et HAP particulaires sur les quatre villes de l'étude entre le 24 décembre 2006 et le 15 mars 2007.

Average concentrations of levoglucosan and particulate PAHs in the four cities of the study between December 24, 2006 and March 15, 2007.

avec les forts taux d'émission de ce type de composés, notamment par les processus de combustion de la biomasse. D'autre part, s'il apparaît une tendance commune entre les concentrations moyennes en HAP particuliers et en lévoglucosan définies durant la même période, il apparaît nécessaire de poursuivre des études parallèles de ces composés afin d'évaluer la part de la combustion du bois sur la concentration ambiante de cette famille de polluant.

Enfin, cette étude a permis également de mieux préciser la pertinence de certains composés utilisés comme traceurs de la combustion de la biomasse. En accord avec les résultats de la littérature, l'analyse du lévoglucosan permet de montrer l'influence de cette source et pourrait constituer un des outils de décision

dans la mise en place de politiques de réduction des émissions. À l'inverse, les méthoxyphénols présentent une réactivité importante limitant leur utilisation à des atmosphères directement impactées par ce type d'émission.

Remerciements

Nous remercions l'ensemble des Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air qui se sont portées volontaires pour participer activement à cette étude. Nous remercions également le ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire pour le financement de ce projet.

Références

1. Naeher LP, Brauer M, Lipsett M *et al.* Woodsmoke health effects: a review. *Inhalation Toxicology* 2007 ; 19 : 67-106.
2. Curtis L, Rea W, Smith-Williams P, Fenyves E, Pan Y. Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environment International* 2006 ; 32 : 815-30.
3. Besombes JL, Maître A, Patissier O *et al.* Particulate PAHs observed in the surrounding of a municipal incinerator. *Atmospheric Environment* 2001 ; 35 : 6093-104.
4. IARC: Polynuclear aromatic compounds – Part 1: Chemical, environmental and experimental datas. In: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. *International Agency for Research on Cancer* 1983 ; 3.
5. IARC: Overall evaluations of carcinogenicity and updating of IARC monographs. In: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. *International Agency for Research on Cancer* 1987 ; 1.
6. Pillot D, Gueguan H, Paturel L *et al.* Émissions unitaires de métaux et de polluants non réglementés des voitures particulières équipées ou non de filtre à particules. *Rapport LTE* 2006 ; 1-107.
7. US-EPA. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). *United States Environmental Protection Agency* 2008 : 1-3.
8. Oros DR, Simoneit BRT. Identification and emission factors of molecular tracers in organic aerosols from biomass burning – Part 1: Temperate climate conifers. *Applied Geochemistry* 2001 ; 16 : 1513-44.
9. Oros DR, Abas MRB, Omar NYMJ, Rahman NA, Simoneit BRT. Identification and emission factor of molecular tracers in organic aerosols from biomass burning – Part 2: Deciduous trees. *Applied Geochemistry* 2001 ; 16 : 1545-65.
10. Simoneit BRT. Biomass burning – A review of organic tracers for smoke from incomplete combustion. *Applied Geochemistry* 2002 ; 17 : 129-62.
11. Simpson CD, Paulsen M, Dills LJ, Liu S, Kalman DA. Determination of methoxyphenols in ambient atmospheric particulate matter: tracers for wood combustion. *Environmental Science and Technology* 2005 ; 39 : 631-7.
12. Nolte CG, Schauer JJ, Cass CR, Simoneit BRT. Highly polar organic compounds presents in wood smoke and in the ambient atmosphere. *Environmental Science and Technology* 2001 ; 35 : 1912-9.
13. Simoneit BRT, Elias VO. Organic tracers from biomass burning in atmospheric particulate matter over the ocean. *Marine Chemistry* 2000 ; 69 : 301-12.
14. Fraser MP, Lakshmanam K. Using levoglucosan as a molecular marker for the long-range transport of biomass combustion aerosols. *Environmental Science and Technology* 2000 ; 34 : 4560-4.
15. Puxbaum H, Caseiro A, Sanchez-Ochoa A *et al.* Levoglucosan levels at background sites in Europe for assessing the impact of biomass combustion on the European aerosol background. *Journal of Geophysical Research* 2007 ; 112 : 1-11.
16. Leithead A, Li SM, Hoff R, Cheng Y, Brook J. Levoglucosan and dehydroabietic acid: evidence of biomass burning impact on aerosols in the lower Fraser Valley. *Atmospheric Environment* 2006 ; 40 : 2721-34.
17. Robert L. Caractérisation des émissions issues de la combustion du bois dans deux appareils indépendants. *Pollution Atmosphérique* 2006 ; 189 : 65-77.

18. Hawthorne SB, Miller DJ, Langenfeld JJ, Krieger MS. PM₁₀ high-volume collection and quantitation of semi- and nonvolatile phenols, methoxylated phenols, alkanes, and polycyclic aromatic hydrocarbons from winter urban air and their relationship to wood smoke emissions. *Environmental Science and Technology* 1992 ; 26 : 2251-62.
19. Fine PM, Cass GR, Simoneit BRT. Chemical Characterization of Fine Particle Emissions from Fireplace Combustion of Woods Grown in the Northeastern United States. *Environmental Science and Technology* 2001 ; 35 : 2665-75.
20. Fine PM, Cass GR, Simoneit BRT. Chemical Characterization of Fine Particle Emissions from Fireplace Combustion of Woods Grown in the Southern United States. *Environmental Science and Technology* 2002 ; 36 : 1442-51.
21. Marchand N. Étude la composante organique de l'aérosol atmosphérique : cas de deux vallées alpines (Chamonix et Maurienne) et développement analytique. *Ouvrage de Thèse* 2003 ; 286 p.
22. Horvath H, Kasahara M, Pesava P. The size distribution and composition of atmospheric aerosol at rural and nearby urban location. *Journal of Aerosol Science* 1996 ; 27 : 417-35.
23. Viidanoja J, Sillanpää M, Laakia VM *et al.* Organic and black carbon in PM_{2.5} and PM₁₀: 1 year of data from an urban site in Helsinki, Finland. *Atmospheric Environment* 2002 ; 36 : 3183-93.
24. Kuhlbusch TAJ, Hertlein AM, Schütz LW. Sources determination monitoring, and transport of carbonaceous aerosols in Mainz, Germany. *Atmospheric Environment* 1998 ; 32 : 1097-110.
25. Piot C. Analyse de composés particuliers atmosphériques : étude des impacts atmosphériques dus à la combustion du bois dans les échantillons prélevés dans quatre grandes villes françaises. Rapport de stage Master Science de la terre et de l'univers, Université Joseph Fournier, Grenoble 2007.
26. Leoz-Garziandia E, Bocquet N, Marliere M, Lacroix G. Hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant (HAP). Rapport Laboratoire central sur la surveillance de la qualité de l'air, INERIS DRC/AIRE – 00-23448 – ELe – n° 570 : 50 p.
27. Hays MD, Smith ND, Kinsey J, Dong Y, Kariher P. Polycyclic aromatic hydrocarbon size distributions in aerosols from appliances of residential wood combustion as determined by direct thermal desorption-GC/MS. *Aerosol Science* 2003 ; 34 : 1061-84.

