

Note technique

ELEMENTS DE COMPREHENSION DES EPISODES DE
POLLUTION PARTICULAIRE DE FIN DECEMBRE
2014 - DEBUT JANVIER 2015

Olivier FAVEZ, Robin AUJAY, Eva LEOZ-GARZIANDIA
(LCSQA/INERIS)

SYNTHESE

D'importants épisodes de pollution particulaire ont impacté la métropole (en particulier la façade ouest, le bassin parisien, l'Alsace et Rhône-Alpes) en fin d'année 2014 - début d'année 2015. La présente note synthétise les résultats obtenus pour ces épisodes dans le cadre du programme CARA, notamment par analyses chimiques de filtres prélevés par les AASQA sur 13 sites du dispositif national au cours de ces épisodes. Les interprétations scientifiques proposées ici pourront être consolidées en cours d'année 2015, notamment à l'aide d'une analyse plus approfondie des mesures réalisées par aethalomètres multi-longueurs d'onde.

La variabilité spatiale et temporelle des niveaux de PM_{10} observée autour du 1^{er} janvier 2015 est principalement liée aux fluctuations des concentrations de matière organique. Cette dernière fraction constitue près des $\frac{2}{3}$ de l'ensemble des PM_{10} pour les sites de fond urbain ayant pu être étudiés et présentant un dépassement du seuil journalier de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'analyse du contenu en lévoglucosan sur l'ensemble des filtres disponibles permet de conclure à la forte influence de la source « combustion de biomasse » sur ces niveaux de matière organique.

Ces résultats sont à relier en premier lieu à l'utilisation accrue du chauffage au bois au cours des vacances et jours fériés, couplée à des conditions météorologiques défavorables à la dispersion des polluants autour du 1^{er} janvier 2015, en particulier sur la partie ouest de la France. Sur l'ensemble des sites étudiés ici, seul celui de proximité automobile de *Strasbourg Clémenceau* présente des dépassements du seuil journalier de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ ne pouvant être directement expliqués par la combustion de biomasse.

1. CONTEXTE

De fortes concentrations de PM, entraînant des dépassements de valeurs limites/cibles, sont régulièrement observées sur le territoire national, en particulier entre mi-novembre et mi-avril du fait de la conjonction entre les activités anthropiques (chauffage, transport, agriculture) et la survenue de conditions météorologiques favorables à l'accumulation et/ou à la transformation des polluants atmosphériques.¹⁻² Afin de mieux comprendre ces phénomènes, le dispositif national de surveillance de la qualité de l'air (MEDDE, LCSQA et LCSQA) s'est doté depuis 2008 d'un programme d'amélioration des connaissances (« programme CARA ») basé sur la mesure de la composition chimique des PM. Reposant initialement sur l'analyse au laboratoire de filtres prélevés par les AASQA volontaires, ce programme s'enrichit aujourd'hui de mesures en temps réel.³

Entre le 30 décembre 2014 et le 3 janvier 2015, près de la moitié des départements français ont été soumis au déclenchement d'une procédure d'information et de recommandation relative aux PM₁₀, tel que défini par l'arrêté interministériel du 26 mars 2014.⁴

La présente note synthétise les résultats du programme CARA disponibles à fin février 2015 pour l'analyse de cet épisode. Le jeu de données exploité ici pourra être consolidé en cours d'année 2015. Les éléments de compréhension présentés ci-dessous sont basés sur un travail d'interprétation scientifique nous paraissant le plus adapté à ce stade de l'étude.

2. INTRODUCTION

La Figure 1 présente l'adaptation statistique par le système PREV'AIR⁵ des concentrations journalières de PM₁₀ mesurées entre le 28 décembre 2014 et le 4 janvier 2015. Elle illustre la survenue de nombreux dépassements du seuil de 50µg/m³ aux alentours du 1^{er} janvier 2015 sur la façade ouest, au niveau du bassin parisien, en Alsace et en Rhône-Alpes.

A l'image des précédents épisodes de pollution observés en début d'hiver et contrairement à ceux de fin d'hiver - début de printemps¹⁻³, il apparaît clairement que les épisodes étudiés ici se répartissent de manière discontinue dans l'espace et dans le temps. Ce phénomène constitue un premier indicateur de leurs origines principalement locales.

Environ 120 filtres prélevés sur 13 sites du dispositif national ont été utilisés pour la présente étude. Ces filtres ont fait l'objet d'analyses systématiques de leur contenu en carbone élémentaire et carbone organique (EC/OC), en anions (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) et cations (Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺). L'ensemble de ces analyses permet de réaliser un bilan de masse des concentrations totales en PM₁₀ mesurées par TEOM-FDMS ou par radiomètre β en parallèle

¹ Caractéristiques et origines principales des épisodes de pollution hivernaux aux PM₁₀ en France. O. Favez, J.-E. Petit, B. Bessagnet, et al. *Pollution Atmosphérique*, numéro spéciale de Novembre 2012.

² Episodes de pollution particulaire en France : quelles leçons tirer des récents épisodes ? L. rouïl, B. Bessagnet, O. Favez, E. Leoz-Garziandia, F. Meleux. *Pollution Atmosphérique*, 2015, sous presse.

³ Description du programme CARA du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air. O. Favez, E. Leoz-Garziandia. Note LCSQA 2014. <http://www.lcsqa.org/rapport/2014/ineris/description-programme-cara-dispositif-national-surveillance-qualite-air>.

⁴ Arrêté du 26 mars 2014 relatif au déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant. <http://legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2014/3/26/DEVR1400449A/jo/texte>

⁵ www2.prevoir.org

des prélèvements sur filtres. L'analyse de traceurs organiques ainsi que l'exploitation des mesures automatiques par Aethalomètres multi-longueurs d'onde permet l'investigation des principales sources d'émission, en particulier la combustion de biomasse.

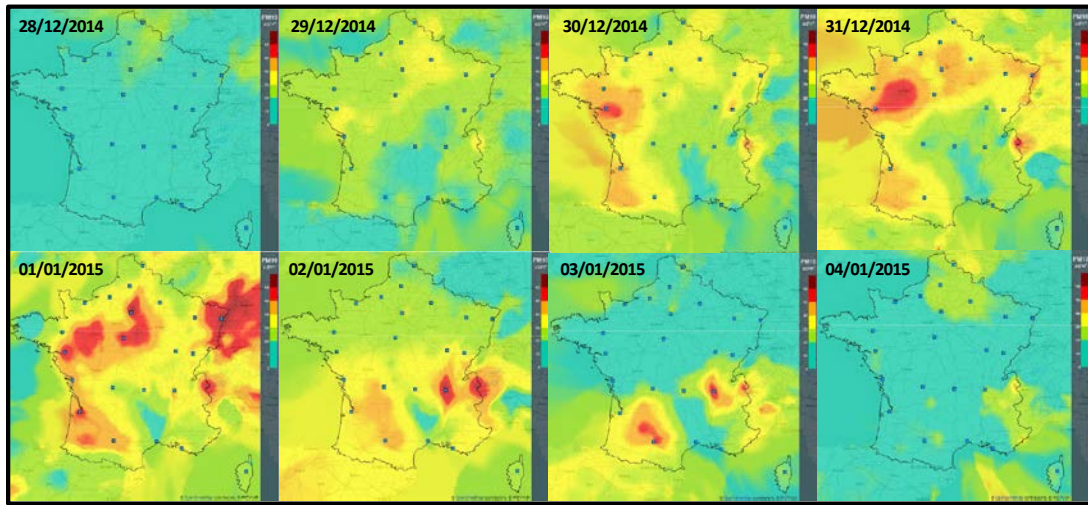


Figure 1: Cartes analysées PREV'AIR des concentrations journalières de PM₁₀ entre le 28 décembre 2014 et le 4 janvier 2015. Les carrés bleus indiquent, à titre informatif, la position géographique des sièges sociaux des AASQA.

3. COMPOSITION CHIMIQUE

La Figure 2 présente les résultats de bilan de masse des PM₁₀ obtenus pour différents sites de fond urbain du programme CARA entre le 28 décembre 2014 et le 4 janvier 2015.

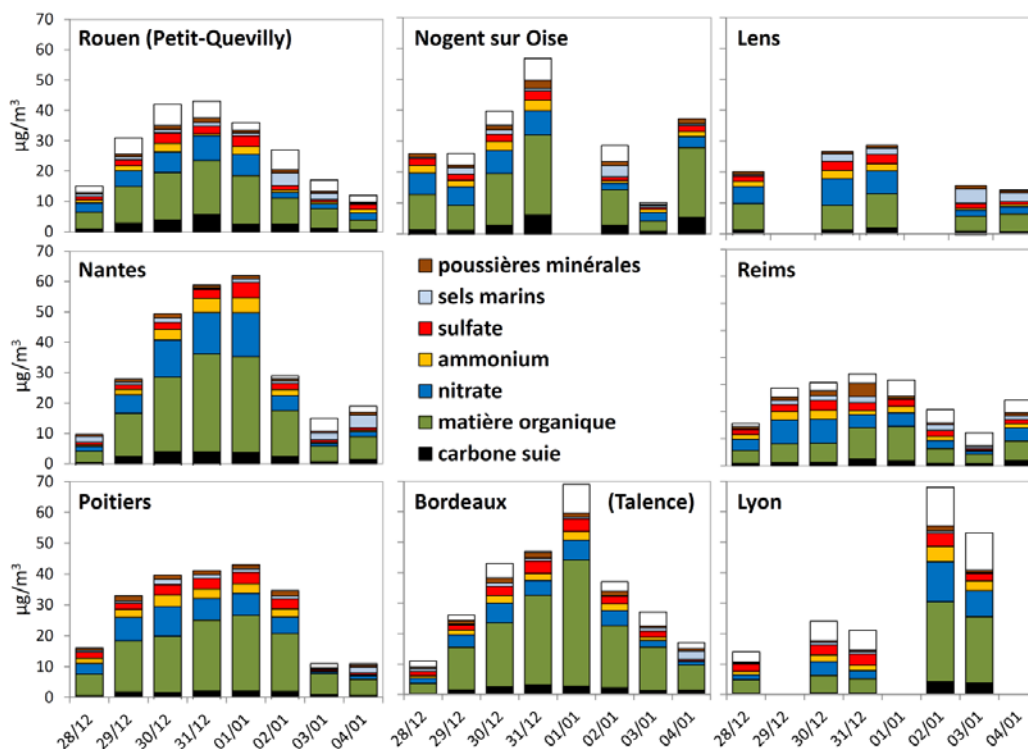


Figure 2: Répartition des espèces chimiques majeures au sein des PM₁₀ sur 8 sites urbains de fond du programme CARA entre le 28 décembre 2014 et le 4 janvier 2015.

La variabilité spatiale et temporelle des niveaux de PM₁₀ observée sur les différents sites est principalement liée aux fluctuations des concentrations de matière organique. Cette dernière fraction constitue près des ⅓ de l'ensemble des PM₁₀ pour les sites / jours présentant un dépassement du seuil de 50µg/m³. L'importance de ces concentrations de matière organique à cette période de l'année (peu propice à la survenue d'épisodes photochimiques intenses) suggère une forte influence des sources de combustion sur les niveaux de PM₁₀ mesurés. Comme détaillé ci-dessous, l'analyse du contenu en lévoglucosan sur l'ensemble des filtres disponibles permet de conclure à la forte influence de la source « combustion de biomasse » sur la survenue de ces épisodes de pollution particulaire.

4. INFLUENCES DE LA SOURCE « COMBUSTION DE BIOMASSE »

Le lévoglucosan est classiquement utilisé comme traceur spécifique des particules issues de la combustion de biomasse. Les résultats obtenus pour les épisodes de fin décembre 2014 - début janvier 2015 indiquent une très forte corrélation entre cette espèce et les concentrations de matière organique totale (Figure 3).

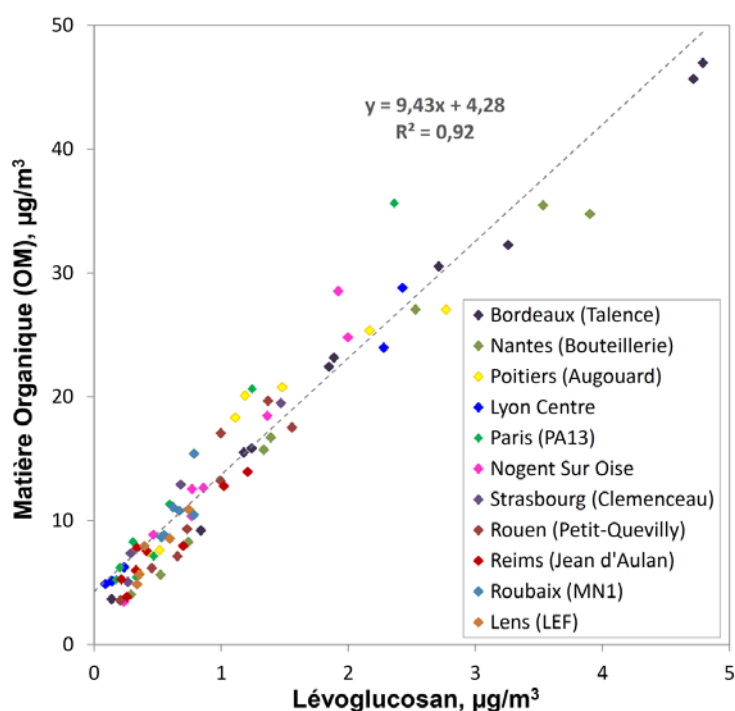


Figure 3 : Corrélation entre lévoglucosan et matière organique sur l'ensemble des sites urbains étudiés.

La pente obtenue pour cette droite de corrélation est en bon accord avec le ratio matière organique/lévoglucosan (≈ 10) communément utilisé en Europe pour l'estimation de l'influence de la combustion de biomasse sur les niveaux de PM.⁶ La valeur de cette pente peut donc être utilisée pour estimer la concentration de matière organique issue de la combustion de biomasse (la valeur de l'ordonnée à l'origine du graphe présenté en Figure 3 représentant alors la contribution moyenne des autres sources sur l'ensemble des sites).

Compte tenu des incertitudes relatives à ce genre d'estimation, il est proposé ici de fixer des

⁶ H. Puxbaum et al. (2007), *Levoglucosan levels at background sites in Europe for assessing the impact of biomass combustion on the European aerosol background*. Journal of Geophysical Research, 112:D23S05.

bornes minimales et maximales à la contribution de la combustion de biomasse aux PM. Pour ce faire, une incertitude de $\pm 15\%$ est choisie pour le ratio matière organique/lévoglucosan spécifique aux émissions par combustion de biomasse, et la contribution des autres espèces issues de cette même source (en particulier, carbone élémentaire et cendres minérales) est estimée représenter entre 0% et 15% de la matière organique. Ainsi, des ratios de 8 et de 12,5 sont utilisés pour l'estimation des contributions minimales et maximales présentées dans le Tableau 1 (moyennes obtenues pour les filtres disponibles entre le 28/12/2014 et le 04/01/2015).

	Type de site	Moyenne PM10	« PM combustion de biomasse »	
			Min.	Max.
Bordeaux (Talence)	Fond urbain	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nantes (Bouteillerie)	Fond urbain	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Poitiers (Augouard)	Fond urbain	28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Cléron (moyen mobile)	Fond rural	27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nogent sur Oise	Fond urbain	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Lyon Centre	Fond urbain	36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Rouen (Petit-Quevilly)	Fond urbain	28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Paris (PA13)	Fond urbain	n.d.	6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Strasbourg (Clémenceau)	Prox. auto.	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Roubaix (MN1)	Prox. auto.	31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Reims (Jean d'Aulan)	Fond urbain	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Lens (LEF)	Fond urbain	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Revin	Rural National	13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tableau 1 : Estimation des contributions moyennes minimales et maximales de la combustion de biomasse entre le 28 décembre 2014 et le 4 janvier 2015 (concentrations calculées pour les filtres disponibles sur cette période).

Selon ces estimations, et en moyenne pour la période étudiée ici, les émissions par combustion de biomasse aux concentrations de PM₁₀ représentent donc entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{2}{3}$ des PM₁₀ mesurées sur les sites de la façade Atlantique (Bordeaux, Nantes et Poitiers) ainsi que sur le site rural franc-comtois de Cléron, et entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{3}$ des PM₁₀ mesurées sur les sites du bassin parisien (Rouen et Nogent sur Oise) ainsi qu'à Lyon Centre. Ces contributions relatives augmentent significativement pour les jours présentant les niveaux de PM₁₀ les plus élevés. En considérant les valeurs médianes des concentrations minimales et maximales calculées précédemment, l'impact de la combustion de biomasse représente notamment 70% des PM₁₀ à Bordeaux le 01/01/2015 et 44% des PM₁₀ à Lyon le 03/01/2015.

Comme synthétisé par le Tableau 2, sur l'ensemble des sites étudiés ici, seul celui de proximité automobile de *Strasbourg Clémenceau* présente des dépassements du seuil journalier de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ ne pouvant être directement expliqués par la combustion de biomasse.

	date	Type de site	PM10	% combustion de biomasse
Strasbourg (Clémenceau)	01/01/2015	Prox. auto.	90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\approx 17\%$
Bordeaux (Talence)	01/01/2015	Fond urbain	69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\approx 70\%$
Lyon Centre	02/01/2015	Fond urbain	68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\approx 37\%$
Paris [†]	01/01/2015	Fond urbain	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\approx 35\%$
Nantes (bouteillerie)	01/01/2015	Fond urbain	62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\approx 65\%$
Nogent sur Oise	31/12-01/01*	Fond urbain	57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\approx 35\%$
Lyon Centre	03/01/2015	Fond urbain	53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\approx 44\%$
Nantes (bouteillerie)	31/12/2014	Fond urbain	53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\approx 68\%$

[†] Moyenne journalière PM10 mesurée sur le site de fond urbain « Paris Centre » et influence de la combustion de biomasse estimée à partir de la mesure de lévoglucosan sur le site de fond urbain « Paris 13^{ème} ».

* Mesures correspondant à la période 31/12/2014 9:00 TU à 01/01/2015 9:00 TU

Tableau 2 : Estimation de la contribution relative de la combustion de biomasse aux niveaux de PM₁₀ pour les dépassements du seuil journalier de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ayant pu être étudiés.

Ces résultats peuvent s'expliquer par l'utilisation accrue du chauffage au bois au cours des vacances et jours fériés, couplée à des conditions météorologiques défavorables à la dispersion des polluants autour du 1^{er} janvier 2015, en particulier sur la partie ouest de la France. Un impact significatif des émissions liées à l'utilisation de feux d'artifices lors de la nuit du réveillon ne peut être exclu. Néanmoins, comme présenté ci-dessous, les mesures par Aethalomètres multi-longueurs d'onde (AE33) indiquent des dynamiques d'émission semblables à celles pouvant être observées d'autres jours que le nouvel an.

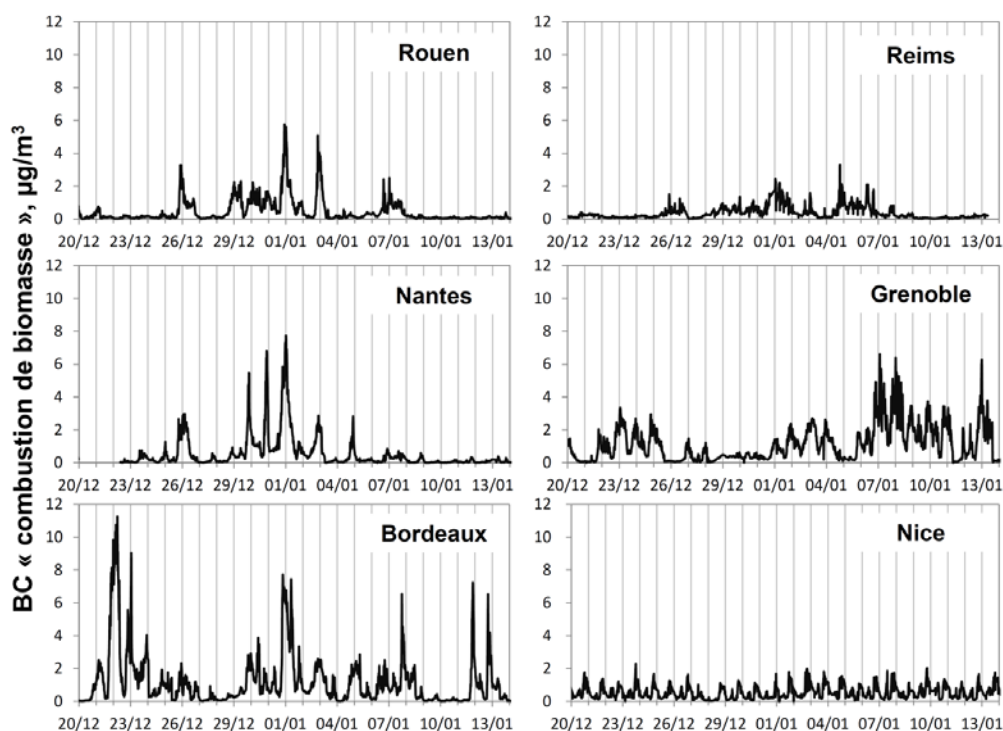


Figure 4: Suivi des concentrations de Black Carbon lié aux émissions de combustion de biomasse sur différents sites du dispositif national entre le 20 décembre 2014 et le 14 janvier 2015

Le Black Carbon (BC) est aujourd'hui considéré comme un bon indicateur de l'impact sanitaire des émissions anthropiques par combustion. Bien que généralement considérée comme inerte, son noyau « graphitisé » est mélangé à des espèces avérées cancérigènes (telles que HAP ou métaux lourds) et se trouve majoritairement dans la fraction (ultra-)fine des PM. On assiste ainsi au développement de la surveillance de ce paramètre au sein des dispositifs de surveillance de la qualité de l'air européens et l'AE33 semble aujourd'hui particulièrement adapté aux besoins et objectifs des réseaux de surveillance opérationnels. Outre sa robustesse et son faible coût de fonctionnement, il tire profit de la mesure des propriétés d'absorption à 7 longueurs d'ondes différentes (de 370 à 950nm) pour proposer directement une estimation de l'impact des émissions par combustion de biomasse sur les concentrations de BC. En effet, les propriétés optiques des particules varient selon la longueur d'onde de la source lumineuse utilisée. Si, les mesures d'absorption réalisées dans l'infrarouge (autour de 900nm) sont spécifiques au BC, une fraction des particules organiques (notamment celles émises par la combustion de biomasse) absorbent significativement les rayonnements UV et proche UV (autour de 400nm).

Comme illustré par la Figure 4, le suivi du paramètre « BC combustion biomasse » sur plusieurs sites du dispositif national indique que les pics nocturnes observés au cours de la nuit du 31 décembre au 1^{er} janvier sont centrés autour de minuit mais commencent à se former dès le début de soirée, comme ceux observés certains jours précédents ou suivants cette nuit du réveillon. Une bonne correspondance est également observée pour l'ensemble de la période d'étude entre la survenue des différents pics nocturnes de « BC combustion de biomasse » et les fortes concentrations de matière organique (Figure 2).

Ainsi, la dynamique et l'amplitude des pics de « BC combustion de biomasse » confirment la forte influence de la source chauffage au bois sur les niveaux de PM₁₀ mesurés fin décembre - début janvier sur les sites urbains de fond ayant pu être documentés dans le cadre de la présente étude.

Une estimation plus fine de l'impact réel de cette source pourra être réalisée courant 2015 à l'aide de la comparaison approfondie des mesures sur filtres et des mesures AE33 au cours de l'ensemble de l'hiver 2014-2015 (étude en cours sur une douzaine de sites urbains de fond). Par ailleurs, l'impact des autres sources que la combustion de biomasse, et en particulier l'influence des phénomènes de remise en suspension et d'abrasion sur les sites de proximité automobile, reste également à réaliser, en particulier à l'aide d'analyses chimiques de traceurs métalliques.