

Surveillance de la qualité de l'air

Impact du chauffage au bois sur les concentrations en particules à La Rochelle

Période de mesure : décembre 2018 - mars 2019

Commune et département d'étude : La Rochelle, Charente-Maritime (17)

Référence : URB_EXT_18_308

Version finale du : 19/07/2019

Auteur(s) : Florie CHEVRIER
Contact Atmo Nouvelle-Aquitaine :
E-mail : contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100

www.atmo-nouvelleaquitaine.org

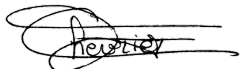
Titre : Impact du chauffage au bois sur les concentrations en particules à La Rochelle

Reference : URB_EXT_18_308

Version : finale du 19/07/2019

Délivré à : Communauté d'Agglomération de La Rochelle
25 quai Maubec - 17000 La Rochelle

Nombre de pages : 24 (couverture comprise)

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Florie Chevrier	Agnès Hulin	Rémi Feuillade
Qualité	Ingénieure d'études	Responsable du service Études, Modélisation et Amélioration des connaissances	Directeur Délégué Production Exploitation
Visa			

Conditions d'utilisation

Atmo Nouvelle-Aquitaine fait partie du dispositif français de surveillance et d'information sur la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Atmo Nouvelle-Aquitaine est garant de la transparence de l'information sur les résultats de ces travaux selon les règles suivantes :

- Atmo Nouvelle-Aquitaine est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.atmo-nouvelleaquitaine.org)
- les données contenues dans ce rapport restent la propriété d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. En cas de modification de ce rapport, seul le client sera informé d'une nouvelle version. Tout autre destinataire de ce rapport devra s'assurer de la version à jour sur le site Internet de l'association.
- en cas d'évolution de normes utilisées pour la mesure des paramètres entrant dans le champ d'accréditation d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, nous nous engageons à être conforme à ces normes dans un délai de 6 mois à partir de leur date de parution
- toute utilisation totale ou partielle de ce document doit faire référence à Atmo Nouvelle-Aquitaine et au titre complet du rapport.

Atmo Nouvelle-Aquitaine ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations, travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux pour lesquels l'association n'aura pas donnée d'accord préalable. Dans ce rapport, les incertitudes de mesures ne sont pas utilisées pour la validation des résultats des mesures obtenues.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Nouvelle-Aquitaine :

- depuis le [formulaire de contact](#) de notre site Web
- par mail : contact@atmo-na.org
- par téléphone : 09 84 200 100

Sommaire

1. Contexte et objectif	5
2. Mise en œuvre des mesures.....	6
2.1. Site de prélèvement	6
2.2. Polluants suivis	6
2.2.1. Les oxydes d'azote (NO _x)	6
2.2.2. Les particules en suspension (PM ₁₀ et PM _{2,5}).....	7
2.2.3. Le Black Carbon (BC)	9
2.3. Matériel et méthode de mesure.....	10
2.4. Bilan des mesures.....	11
3. Conditions météorologiques	12
4. Résultats.....	14
4.1. Situation globale	14
4.2. Impact du chauffage au bois.....	16
4.2.1. Concentrations moyennes	16
4.2.2. Évolutions temporelles	16
4.2.3. Profils journaliers	17
4.2.4. Influence de la météo	18
5. Conclusion	19

Annexes

ANNEXE 1 : Représentation statistique des données à l'aide de « boxplot »	22
ANNEXE 2 : Bibliographie.....	23

Polluants

→ BC	Black Carbon ou carbone suie
→ BC _{wb}	Black Carbon issu de la combustion de la biomasse
→ BC _{ff}	Black Carbon issu de la combustion de fuel fossile
→ NO	monoxyde d'azote
→ NO ₂	dioxyde d'azote
→ NO _x	oxydes d'azote
→ PM ₁₀	particules de diamètre aérodynamique inférieure à 10 µm
→ PM _{2,5}	particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm (particules fines)
→ PM _{wb}	particules issues de la combustion de la biomasse
→ PM _{ff}	particules issues de la combustion de fuel fossile

Unités de mesure

→ µg	microgramme (= 1 millionième de gramme = 10 ⁻⁶ g)
→ m ³	mètre cube

Abréviations

→ CARA	CARActérisation chimique et sources des particules
→ CDA	Communauté d'Agglomération
→ COFRAC	COmité Français d'ACrréditation
→ LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
→ TU	Temps Universel

1. Contexte et objectif

Depuis longtemps, l'homme utilise le bois comme énergie renouvelable pour le chauffage résidentiel. La France est le premier pays consommateur de bois-énergie en Europe, notamment du fait du marché domestique. Bien qu'ayant un bilan carbone considéré comme faible, cette source d'énergie a cependant un impact négatif sur la qualité de l'air. Comme tout type de combustion, cette source émet de nombreux polluants gazeux dans l'atmosphère (Composés Organiques Volatils, monoxyde de carbone, etc.) mais également des particules constituées de composés toxiques tels que les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques dont plusieurs sont classés comme probables ou possibles cancérogènes. Bien que la pollution de l'air par les émissions de la combustion de la biomasse en ville soit avérée, la quantification de sa contribution sur la masse des particules n'a pas encore été déterminée dans la ville de La Rochelle.

Ainsi, un dispositif de mesure permettant d'évaluer la contribution de deux sources de combustion (combustion de la biomasse et combustion de fuel fossile) a été utilisé dans le cadre de cette étude, en plus des moyens de mesures réglementaires des PM_{10} et des $PM_{2,5}$, afin d'évaluer l'impact du chauffage résidentiel au bois dans le centre-ville de La Rochelle.

2. Mise en œuvre des mesures

2.1. Site de prélèvement

Un moyen de mesure mobile équipé d'un analyseur de Black Carbon : Aethalomètre modèle AE33 a été positionné à côté de la station fixe de fond urbain de La Rochelle - Verdun et déjà équipée d'analyseurs de particules PM₁₀ et PM_{2,5} et d'un analyseur d'oxydes d'azote (NO_x) (Figure 1).

La Rochelle - Verdun (x=372525,0 m, y=6582463,1 m) est une station fixe de fond urbain d'Atmo Nouvelle-Aquitaine depuis 1992 située au centre de la place de Verdun. Cette station, positionnée dans un espace ouvert, entourée d'un parking, de bâtiments, d'une gare routière et de végétation, est influencée par diverses sources telles que les transports, les sources domestiques ou encore la végétation.

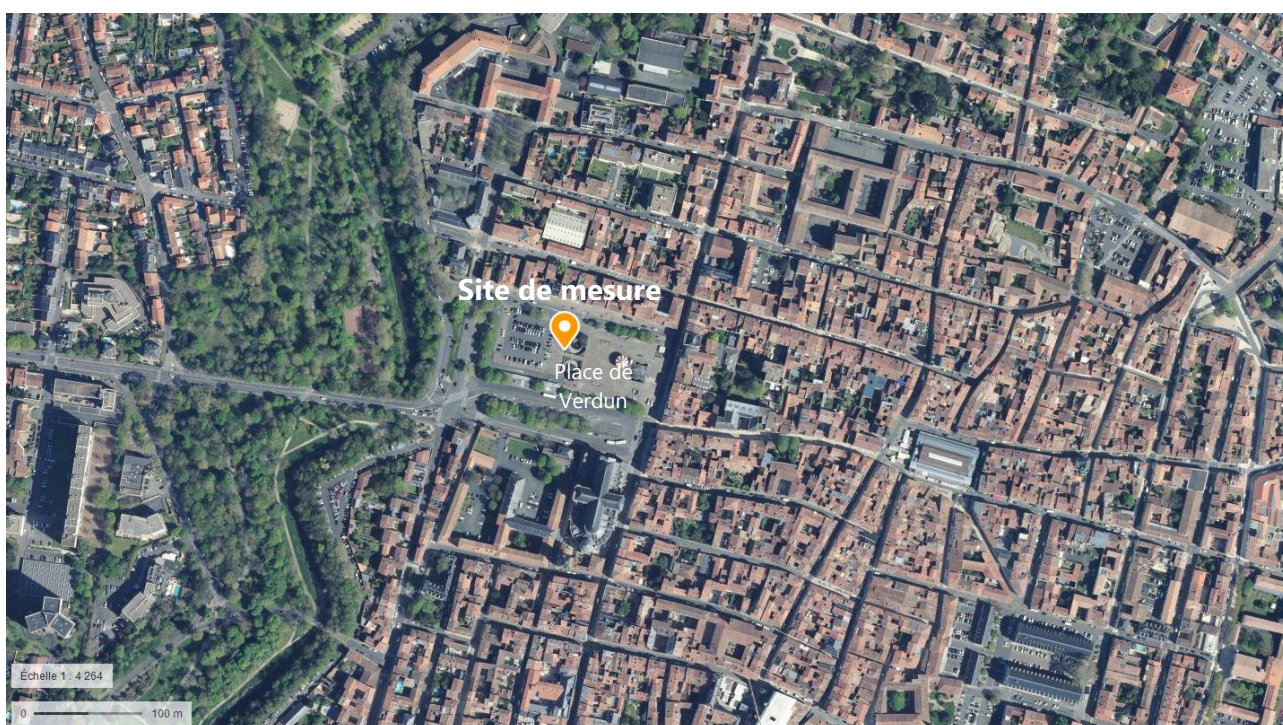


Figure 1 : Localisation du site de mesure

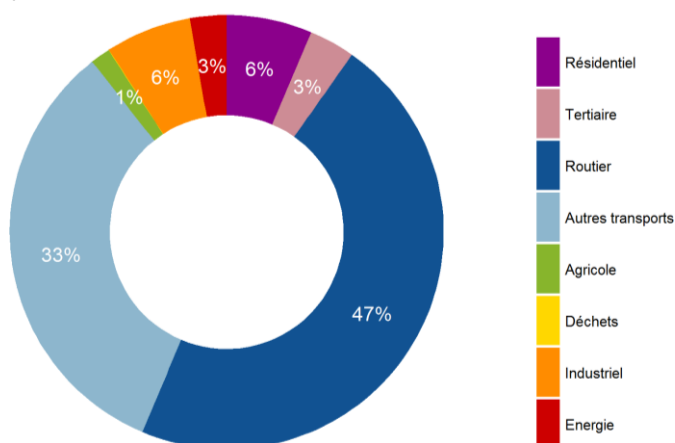
2.2. Polluants suivis

2.2.1. Les oxydes d'azote (NO_x)

Généralités

Le terme « oxydes d'azote » désigne le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ces composés se forment par des processus de combustion. Le monoxyde d'azote (NO) anthropique est formé lors des combustions à haute température (moteurs thermiques ou chaudières). Plus la température de combustion est élevée et plus la quantité de NO générée est importante. Au contact de l'air, le NO est rapidement oxydé en dioxyde d'azote (NO₂). En air extérieur urbain, les sources principales sont liées aux transports, ainsi qu'aux installations de combustion et au chauffage.

D'après l'inventaire des émissions, dans la Communauté d'Agglomération de La Rochelle la majeure partie des émissions de NO_x provient des secteurs routier (47 %) et autres transports (33 %) (dont plus de 90 % est lié au transport maritime) (Figure 2).



CA de La Rochelle
Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2016 - ICARE v3.2.2

Figure 2 : CDA de La Rochelle - Répartition des émissions de NO_x par secteur (2016)

Le NO₂ est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut, dès 200 µg/m³, entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyper-réactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

Les NO_x interviennent dans le processus de formation d'ozone dans la basse atmosphère dont il est l'un des précurseurs. Ils contribuent également au phénomène des pluies acides ainsi qu'à l'eutrophisation des cours d'eau et des lacs.

Réglementation (Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010)

Type de seuil	Type de moyenne	Valeurs à respecter et dépassements autorisés
valeur limite	annuelle	40 µg/m ³
	horaire	200 µg/m ³ avec 18 heures par an de dépassement autorisé

Tableau 1 : Réglementation européenne pour le NO₂

2.2.2. Les particules en suspension (PM₁₀ et PM_{2,5})

Généralités

Les particules, ou aérosols atmosphériques, sont constituées d'un mélange complexe de substances carbonées, métalliques et ioniques en suspension dans l'air, sous forme solide ou liquide. Ces particules se distinguent par leur composition chimique et leur granulométrie. Les particules mesurées dans la présente étude appelées PM₁₀ et PM_{2,5} sont des particules dont le diamètre aérodynamique est respectivement inférieur à 10 µm et à 2,5 µm.

Les propriétés physico-chimiques de cette matière particulaire (PM, Particulate Matter) sont fortement liées à leurs sources d'émission naturelles (poussières minérales, biogéniques, cendres volcaniques, etc.) ou anthropiques (particules issues de la combustion de fuel fossile, des activités industrielles, du chauffage domestique, etc.) mais également à leurs évolutions dans l'atmosphère.

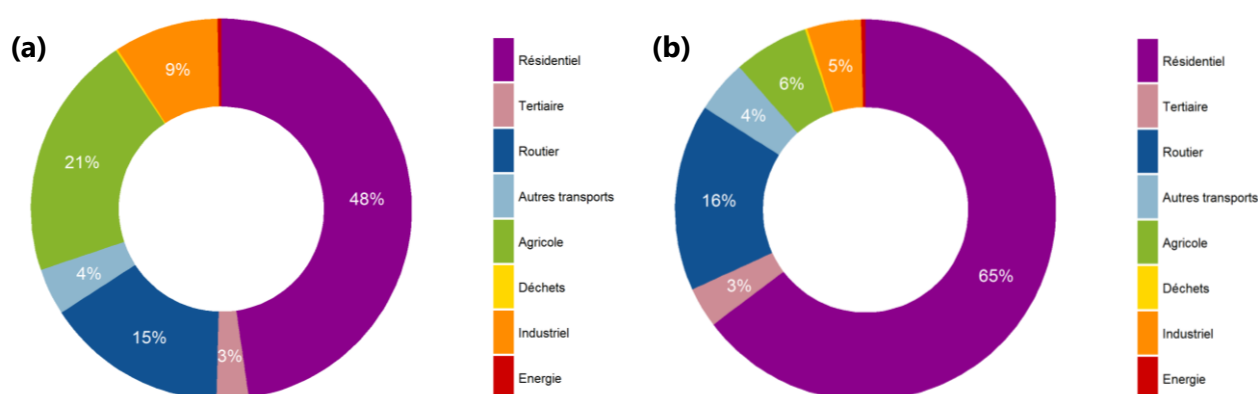
Deux types d'aérosols peuvent être distingués selon leur processus de formation :

- les aérosols primaires émis directement dans l'atmosphère par différents mécanismes (action

mécanique du vent sur les roches, les sols ou les sables, par des processus de combustion tels que les feux de forêts ou les unités d'incinération, par les éruptions volcaniques, par des processus biologiques conduisant à l'émission de pollens ou de débris végétaux, par des activités industrielles telles que la construction de bâtiments ou encore par usure de matériaux de synthèse tels que les pneus et les revêtements des routes),

- ➔ les aérosols secondaires formés dans l'atmosphère par des processus de transformation et de condensation de composés gazeux. Certains composés gazeux, appelés précurseurs d'aérosols, peuvent conduire, à travers diverses transformations chimiques, telles que l'oxydation, à des composés de plus faibles tensions de vapeur se condensant et formant la matière particulaire. Les principaux précurseurs gazeux conduisant à la formation de la matière particulaire sont les Composés Organiques Volatiles (COV), les oxydes de soufre et d'azote (SO_x , NO_x) et l'ammoniac.

D'après l'inventaire des émissions, dans la Communauté d'Agglomération de La Rochelle la majeure partie des émissions primaires de PM_{10} et des $\text{PM}_{2,5}$ provient du secteur résidentiel (respectivement 48 % et 65 %) (Figure 3).



CA de La Rochelle
Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2016 - ICARE v3.2.2

CA de La Rochelle
Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2016 - ICARE v3.2.2

Figure 3 : CDA de La Rochelle - Répartition des émissions de (a) PM_{10} et (b) $\text{PM}_{2,5}$ par secteur (2016)

Ces particules sont aujourd'hui reconnues pour avoir des conséquences néfastes sur la santé humaine et l'environnement.

La nocivité des particules dépend de leur composition et de leur taille. En effet, les particules peuvent véhiculer des composés toxiques, allergènes, mutagènes ou cancérigènes tels que les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), les pesticides, les dioxines ou les métaux lourds, pouvant atteindre les poumons puis être absorbés par le sang et les tissus. De plus, les particules les plus fines (diamètre inférieur à $2,5 \mu\text{m}$) peuvent pénétrer profondément dans le système respiratoire et atteindre les bronchioles et alvéoles pulmonaires, tandis que les particules de taille plus importante sont arrêtées par les voies respiratoires supérieures.

Les effets de salissure sur les bâtiments et les monuments sont les effets environnementaux les plus évidents.

	Type de seuil	Type de moyenne	Valeurs à respecter et dépassements autorisés
PM ₁₀	valeur limite	annuelle	40 µg/m ³
		journalière	50 µg/m ³ avec 35 jours par an de dépassement autorisé
	objectif de qualité	annuelle	30 µg/m ³
	recommandation OMS	annuelle	20 µg/m ³
PM _{2,5}	valeur limite	annuelle	25 µg/m ³
	valeur cible	annuelle	20 µg/m ³
	objectif de qualité	annuelle	10 µg/m ³
	recommandation OMS	annuelle	10 µg/m ³
		journalière	25 µg/m ³

Tableau 2 : Réglementation européenne pour les PM₁₀ et les PM_{2,5}

2.2.3. Le Black Carbon (BC)

La combustion de matière carbonée (gaz, pétrole, charbon et biomasse) émet de nombreux polluants atmosphériques gazeux ou particulaires. Une grande partie de ces aérosols carbonés, dont le carbone suie appelé « Black Carbon » (BC), absorbent la lumière. Ce composé est un traceur primaire issu exclusivement d'une combustion incomplète de ces combustibles carbonés. Il est également inerte dans l'atmosphère et peut ainsi parcourir de très longues distances (Bodhaine, 1995; Hansen et al., 1989; Sciare et al., 2009).

L'Aethalomètre modèle AE33 (Figure 4) permet de déconvoluer deux sources de BC par mesure optique grâce à l'utilisation des caractéristiques d'absorption de ces sources de combustion : la combustion de la biomasse (wb) et les sources de combustion de fuel fossile (ff), toutes deux émettrices de BC (Favez et al., 2010; Herich et al., 2011; Sandradewi et al., 2008b, 2008a). En effet, les aérosols provenant majoritairement de la combustion de biomasse, aussi appelés « Brown Carbon », sont constitués de certaines molécules organiques absorbant les longueurs d'onde proches de l'ultraviolet (400 nm) (Kocbach et al., 2006; Sun et al., 2007), tandis que les aérosols provenant de combustions fossiles, purement graphitiques, absorbent dans le proche infrarouge (850 - 900 nm) (Kirchstetter et al., 2004).



Figure 4 : Photo d'un Aethalomètre modèle AE33

La concentration totale en Black Carbon est alors donnée suivant l'expression :

$$BC = BC_{ff} + BC_{wb}$$

où BC est la concentration en Black Carbon total (mesurée à 880 nm), BC_{ff} est la concentration en BC issu de la combustion de fuel fossile (essentiellement du trafic routier) et BC_{wb} est la concentration en BC issu de la combustion de la biomasse (chauffage au bois, brûlage de déchets verts et feux de forêt).

Il est non seulement important de connaître la contribution de ces deux sources sur la concentration en BC mais également leur contribution sur la masse des PM_{10} .

Des études, précédemment menées, ont montré qu'il était possible d'estimer un ratio permettant de passer d'une concentration en BC à une concentration en PM_{10} des deux sources de combustion identifiées par l'Aethalomètre (Chevrier, 2016; LCSQA, 2015).

Pour la combustion de fuel fossile, l'expression suivante est utilisée quel que soit le site de mesure (El Haddad et al., 2009; Laschober et al., 2004) :

$$PM_{ff} = 2 \times BC_{ff}$$

Pour la combustion de la biomasse, il a été montré qu'un ratio unique ne pouvait être utilisé pour l'ensemble des sites de mesure. En effet, il varie suivant les caractéristiques des sites. En utilisant la méthodologie donnée par le LCSQA en 2015, basée sur l'utilisation des concentrations en lévoglucosan, traceur organique univoque de la combustion de la biomasse, il est possible de déterminer des ratios spécifiques. Afin d'avoir une meilleure fiabilité pour ces ratios, la prise en compte de plusieurs hivers est recommandée. Ce travail d'estimation des ratios est actuellement en cours à Atmo Nouvelle-Aquitaine et ils seront effectifs suite à l'hiver 2019/2020.

Jusqu'à maintenant, un ratio unique est utilisé pour tous les sites de Nouvelle-Aquitaine :

$$PM_{wb} = 10 \times BC_{wb}$$

Les valeurs de PM_{ff} et PM_{wb} doivent être vues comme des ordres de grandeurs entachés d'une forte incertitude associée aux coefficients de conversion moyens utilisés. Elles permettent néanmoins d'appréhender de manière plus concrète la contribution des sources de combustion aux concentrations de particules présentes dans l'air.

2.3. Matériel et méthode de mesure

Atmo Nouvelle-Aquitaine a réalisé des mesures d'oxydes d'azote (NO_x), de particules PM_{10} et de Black Carbon (BC) sur la place de Verdun, à La Rochelle, selon la méthode indiquée dans le Tableau 3

Caractéristique mesurée	Matériel	Principe de la méthode	Référence de la méthode	Accréditation
Concentration en oxydes d'azote (NO_x)	Analyseurs automatiques	Dosage du dioxyde d'azote et du monoxyde d'azote par chimiluminescence	NF EN 14211	 ESSAIS ACCREDITATION COFRAC N° 1-6354* Portée disponible sur www.cofrac.fr
Concentration en particules		Systèmes automatisés de mesure de la concentration de matière particulaire (PM_{10} ; $PM_{2,5}$)	NF EN 16450	Pas d'accréditation
Concentration en Black Carbon (BC)		Mesure de l'atténuation lumineuse à 7 longueurs d'onde		

Tableau 3 : Matériel et méthodes de mesure

* Les avis et interprétations ne sont pas couverts par l'accréditation COFRAC d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. Toute utilisation des données d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, couvertes par l'accréditation doit faire mention : "Ces

essais ont été réalisés par Atmo Nouvelle-Aquitaine – Accréditation n°1-6354, portée disponible sous www.cofrac.fr"

2.4. Bilan des mesures

La campagne de mesure s'est déroulée du 28 novembre 2018 au 3 avril 2019.

Le taux de fonctionnement des dispositifs de mesure des NO_x, des PM₁₀, des PM_{2,5} et du BC utilisés a été supérieur à 95 % : 99 % pour la mesure des NO_x, 97 % pour la mesure des PM₁₀ et du BC et 98 % pour la mesure des PM_{2,5}.

3. Conditions météorologiques

Les résultats ci-dessous ont été élaborés à partir des mesures enregistrées par la station de Météo-France « La Rochelle - Laleu » pendant la période de mesure : du 29 novembre 2018 au 3 avril 2019.

La Figure 5 présente la rose des vents associées aux vitesses de vents et aux directions de vents mesurées lors de la campagne. 3 % des vents ont été calmes (inférieurs à 1 m/s). Ces vents étant trop faibles pour que leur direction soit établie, ils ne sont pas pris en compte dans la Figure 5. Les vents dominants (35 % des vents) ont été compris entre 3 et 5 m/s et issus majoritairement d'un secteur nord-est et d'un secteur ouest. Les vents les plus forts enregistrés (supérieurs à 7 m/s) (16 % des vents) ont été principalement issus d'un large secteur ouest.

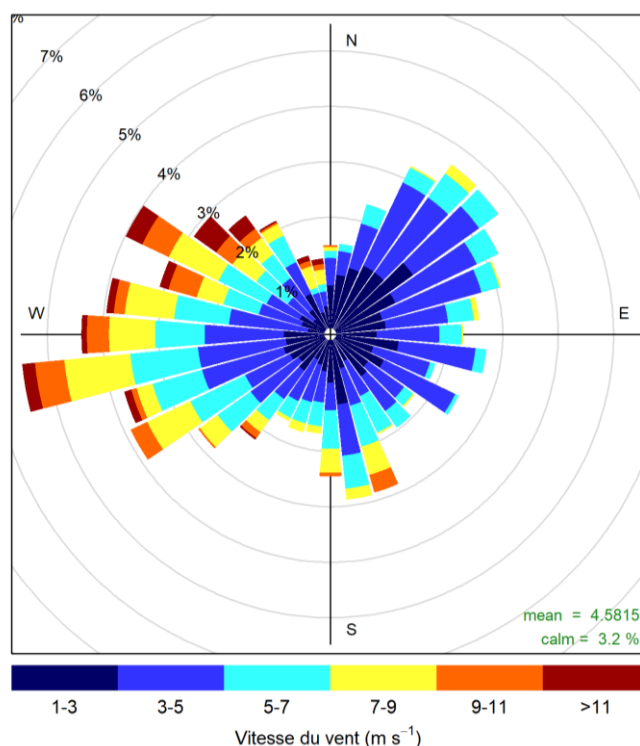


Figure 5 : Rose des vents à La Rochelle - Laleu au cours de la période de mesure (données horaires)

Sur la période de mesure, le cumul des précipitations a été de 269,6 mm (Figure 6). Le maximum horaire a été de 8,7 mm atteint le 3 décembre à 14h (heure TU). Les périodes les plus chaudes (fin février et fin mars) ont été associées à peu ou pas de précipitations (Figure 6).

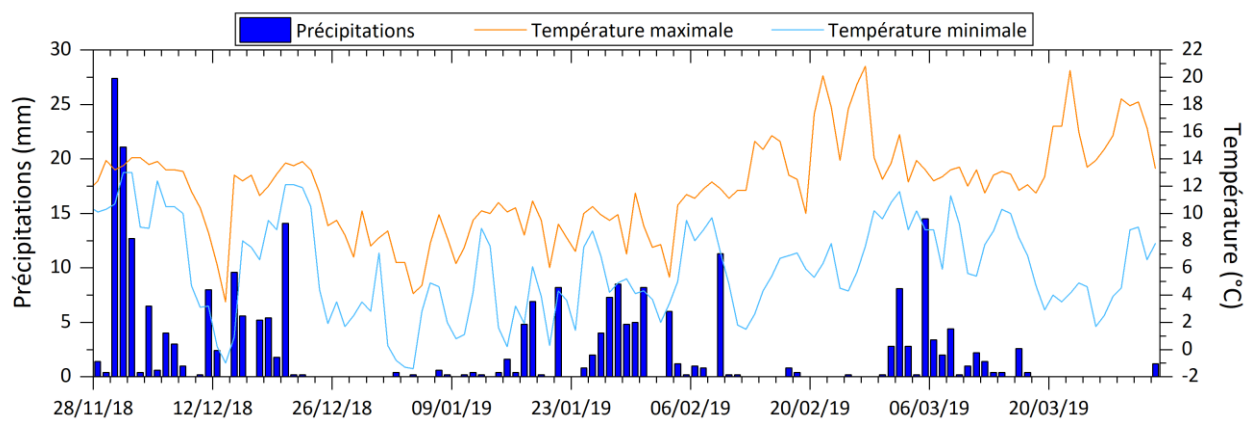


Figure 6 : Pluviométrie et températures minimale et maximale enregistrées à La Rochelle - Laleu lors de la campagne de mesure (données journalières)

4. Résultats

Dans la suite du rapport, des comparaisons entre les valeurs obtenues sur les sites de mesure lors de cette campagne qui s'est déroulée sur deux mois et les seuils réglementaires basés sur des valeurs annuelles, sont uniquement fournies à titre d'information compte tenu des échelles temporelles différentes.

Une station de l'agglomération de La Rochelle a été utilisée afin d'avoir un point de comparaison entre les données de l'étude et les données mesurées en continu dans la ville d'Aytré. La station utilisée est :

- Aytré (x=382 293,8 m, y=6 567 763,4 m) : station fixe de fond urbain d'Atmo Nouvelle-Aquitaine depuis 1994 située à côté de l'école Jules Ferry. Cette station, située dans un quartier urbain dense (bâtiments d'habitation, école, etc.) sans proximité directe d'un axe routier important, est, à priori, influencée par diverses sources.

Pour comparaison avec une station possédant un analyseur de Black Carbon, la station de fond urbain Poitiers - Augouard (x=496 786,3 m, y= 6 6127 43,4 m), située dans une zone urbaine dense, a également été utilisée. Cette station est une station de référence « particules » de la région Nouvelle-Aquitaine, dans le but d'étudier la composition chimique des particules. Elle fait partie du programme national CARA (CARActérisation chimique et sources des particules) géré par le LCSQA visant à mieux documenter l'origine des PM₁₀ en cas d'épisode de pollution aux particules.

4.1. Situation globale

Les résultats obtenus à la station située place de Verdun, ainsi que les concentrations de deux stations de fond urbain (Aytré, située dans l'agglomération de La Rochelle, et Poitiers - Augouard) sont représentés sur la Figure 7.

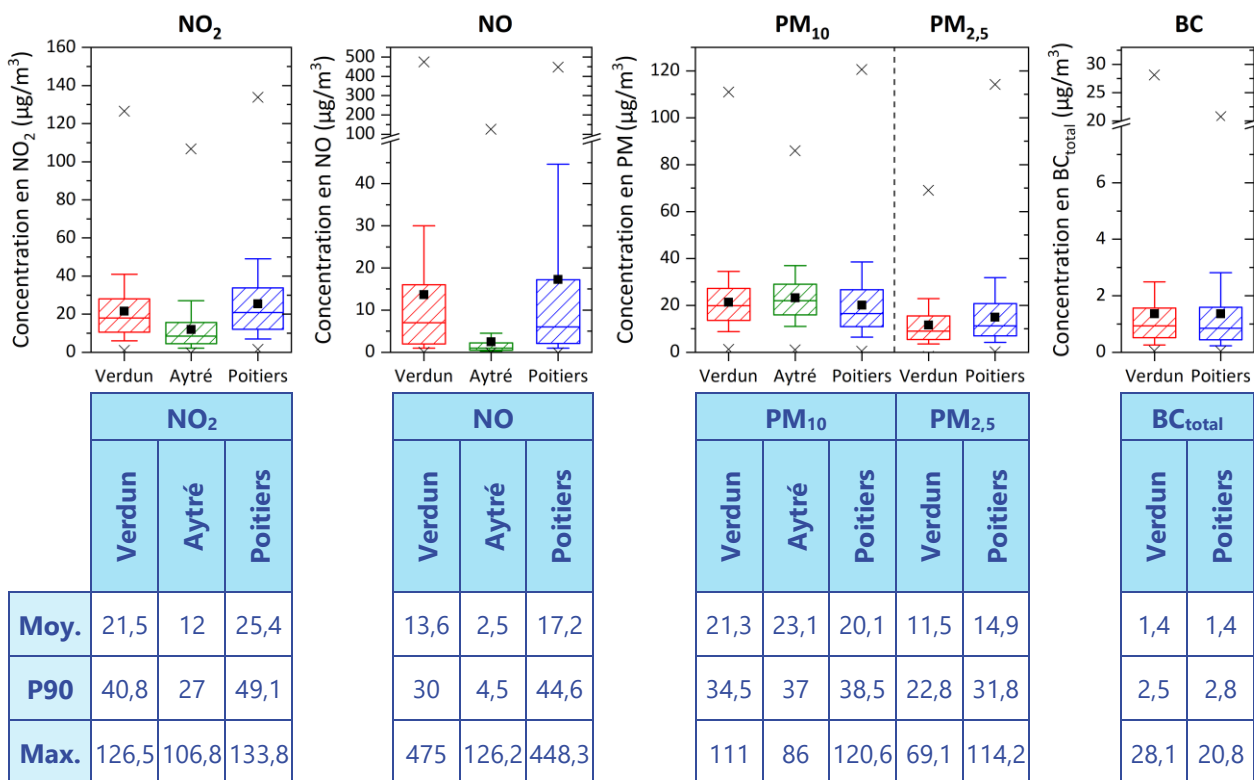


Figure 7 : Concentrations horaires de NO₂, NO, PM₁₀, PM_{2,5} et Black Carbon sur le site de mesure place de Verdun et les stations de fond urbain d'Aytré et de Poitiers - Augouard pour toute la durée de la campagne (P90 : 90 % des données sont inférieures à cette valeur) (explication de la représentation en « boxplot » en Annexe 1)

En moyenne, sur les quatre mois de la campagne de mesure, les concentrations en NO_x mesurées place de Verdun ont été plus élevées qu'à Aytré et du même ordre de grandeur qu'à Poitiers - Augouard, montrant une plus forte influence du trafic à Verdun et à Poitiers. Pour les PM_{10} , la différence entre les trois stations est beaucoup moins marquée du fait d'une émission plus globale de ce composé. Enfin, la concentration en Black Carbon, constituant des particules, est sensiblement identique sur les sites de La Rochelle - Verdun et Poitiers - Augouard.

Les valeurs limites pour le NO_2 sont définies à l'échelle annuelle. Les résultats sur deux mois sur les sites de mesure ne peuvent être comparés qu'à titre purement indicatif : ici les valeurs moyennes pour le NO_2 sont inférieures à la valeur limite qui est de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'échelle annuelle. De plus, le seuil de recommandations et d'information de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire, correspondant à la législation française en vigueur et aux recommandations de l'OMS, n'a été dépassé sur aucun site (18 heures de dépassement autorisé par an).

Il existe également une valeur limite pour les PM_{10} et les $\text{PM}_{2,5}$ à l'échelle annuelle. Pour information, les concentrations moyennes de chaque site sont inférieures à la valeur limite de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et à l'objectif de qualité de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ définis à l'échelle annuelle respectivement pour les PM_{10} et les $\text{PM}_{2,5}$.

Au cours de la période de mesure, aucun dépassement du seuil de la valeur limite réglementaire et du seuil de recommandations et d'information fixés à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière pour les PM_{10} (à ne pas dépasser plus de 35 jours par an), n'a été enregistré.

L'évolution des concentrations horaires en PM_{10} et en $\text{PM}_{2,5}$ sont représentées sur la Figure 8. Il existe une coévolution très marquée entre les concentrations en PM_{10} mesurées place de Verdun à La Rochelle et celles mesurées sur les deux sites de fond urbain Aytré et Poitiers - Augouard. Le site de Poitiers présente des concentrations en PM_{10} plus élevées notamment lors de la période du 14 au 27 février 2019. De plus, les concentrations en $\text{PM}_{2,5}$ sur ce site sont systématiquement plus élevées que les concentrations de La Rochelle.

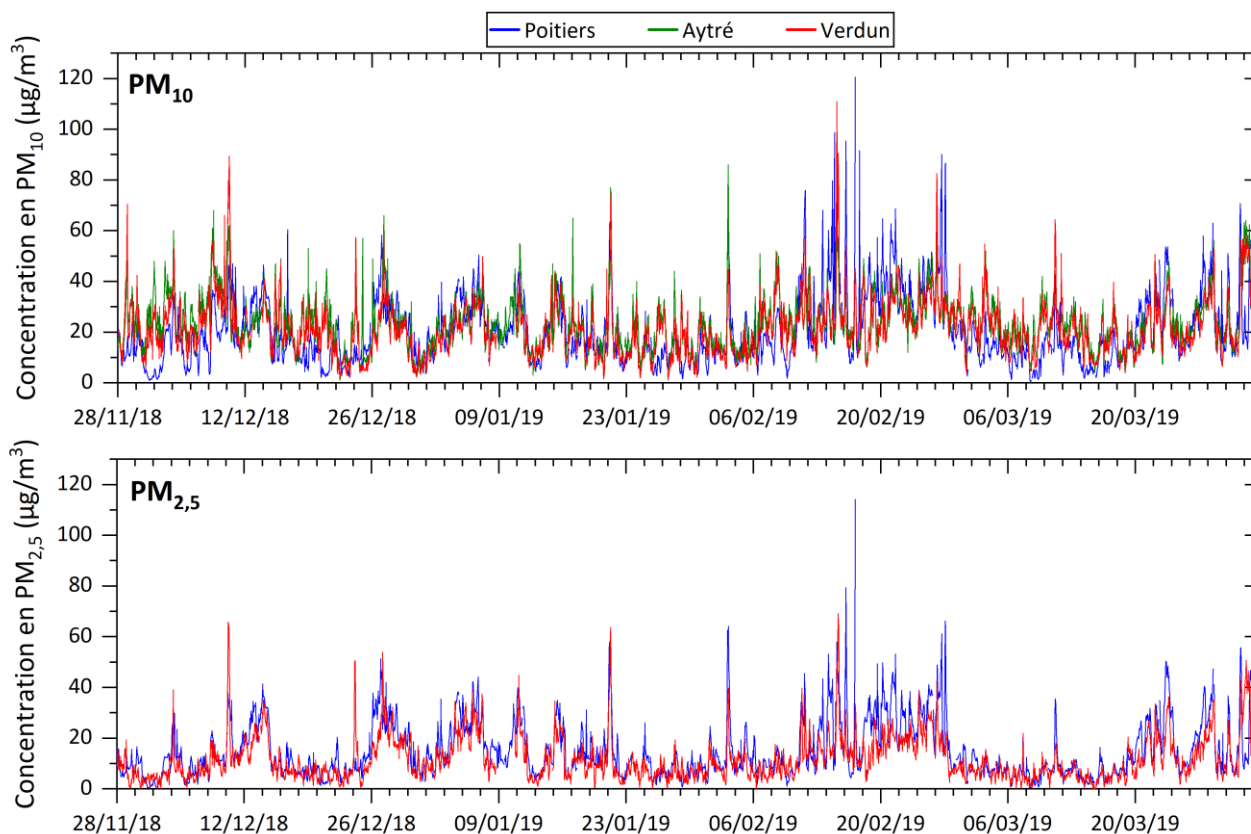


Figure 8 : Évolution temporelle des concentrations horaires de PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$ sur le site place de Verdun et les deux sites de fond urbain (Aytré et Poitiers) sur toute la durée de la campagne

4.2. Impact du chauffage au bois

4.2.1. Concentrations moyennes

Pour les trois grandeurs mesurées, BC, BC_{wb} et BC_{ff}, et les grandeurs calculées PM_{wb} et PM_{ff}, la moyenne annuelle, le maximum journalier ainsi que le maximum horaire sont regroupés dans le Tableau 4. La part de la combustion de la biomasse dans les PM₁₀ (PM_{wb}) ainsi que celle de la combustion de fuel fossile (PM_{ff}) sont également dans ce même tableau.

Les deux sites de fond urbain de La Rochelle - Verdun et Poitiers - Augouard présentent des moyennes sur toute la durée de la campagne quasi identique. Cependant, l'impact de la combustion de la biomasse a été légèrement plus important à Poitiers qui a enregistré des maxima journaliers de concentrations plus élevés.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$		BC	BC _{wb}	BC _{ff}	PM _{wb}	PM _{ff}	% wb dans PM ₁₀	% ff dans PM ₁₀
La Rochelle - Verdun	Moy.	1,4	0,4	0,9	4,3	1,9	20,1	9,3
	Max. horaire	28,1	7,5	23,5	75,6	46,9	100,0	100,0
	Max. journalier	6,6	1,7	4,9	17,3	9,8	60,7	26,5
Poitiers - Augouard	Moy.	1,4	0,5	0,9	4,7	1,8	22,4	9,0
	Max. horaire	20,8	5,9	15,7	58,8	31,4	100,0	100,0
	Max. journalier	6,6	2,2	4,7	22,0	9,3	54,9	22,1

Tableau 4 : Moyennes annuelles et maxima journaliers et horaires obtenus par l'AE33 pour les sites de La Rochelle - Verdun et Poitiers - Augouard (% wb dans PM₁₀ = part de la combustion de la biomasse dans les PM₁₀; % ff dans PM₁₀ = part de la combustion de fuel fossile dans les PM₁₀)

4.2.2. Évolutions temporelles

La Figure 9 présente l'évolution temporelle des concentrations en PM₁₀, PM_{2,5} et des fractions issues de la combustion de bois et de la combustion de fuel fossile. Elle représente également les moyennes horaires des contributions aux PM₁₀ des deux sources de combustion identifiées. La Figure 10 représente, quant à elle, les moyennes mensuelles des contributions aux PM₁₀ de la combustion de la biomasse et du fuel fossile.

L'hiver 2018/2019 a été marqué, à La Rochelle, par une période s'étendant du 11 décembre 2018 au 28 février 2019 où les concentrations en Black Carbon ont été plus importantes. Cette augmentation a été essentiellement due à la fraction issue de la combustion de la biomasse, donc au chauffage résidentiel. Les concentrations en PM_{ff}, ainsi que la contribution de cette fraction aux PM₁₀ ne varient que très peu. En effet, la source majoritaire, qui est le trafic routier, est relativement constante suivant les mois.

La comparaison avec le site de Poitiers - Augouard permet de mettre en évidence les similitudes d'impact que ces deux sources de combustion ont sur les concentrations en PM₁₀. Même si le site de Poitiers présente des contributions aux PM₁₀ de la combustion du bois légèrement plus élevées que celui de La Rochelle, la différence est si faible que les sites sont comparables et que l'impact du chauffage résidentiel au bois peut être considéré comme étant le même. Cette fraction représente, à La Rochelle, 26 % au maximum lors des mois de janvier et février 2019 et 11 % au minimum en moyenne sur le mois de mars 2019.

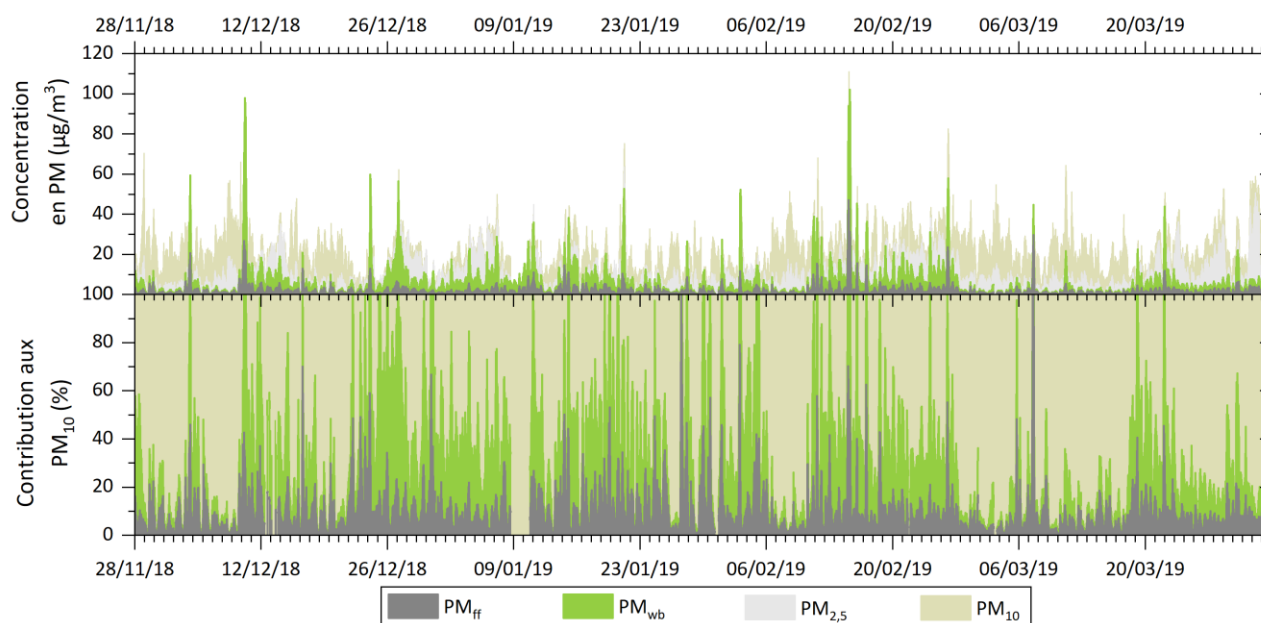


Figure 9 : Évolution temporelle des concentrations et des contributions aux PM_{10} en moyenne horaire des fractions issues de la combustion de biomasse (PM_{wb}) et de la combustion de fuel fossile (PM_{ff}) sur le site de La Rochelle - Verdun

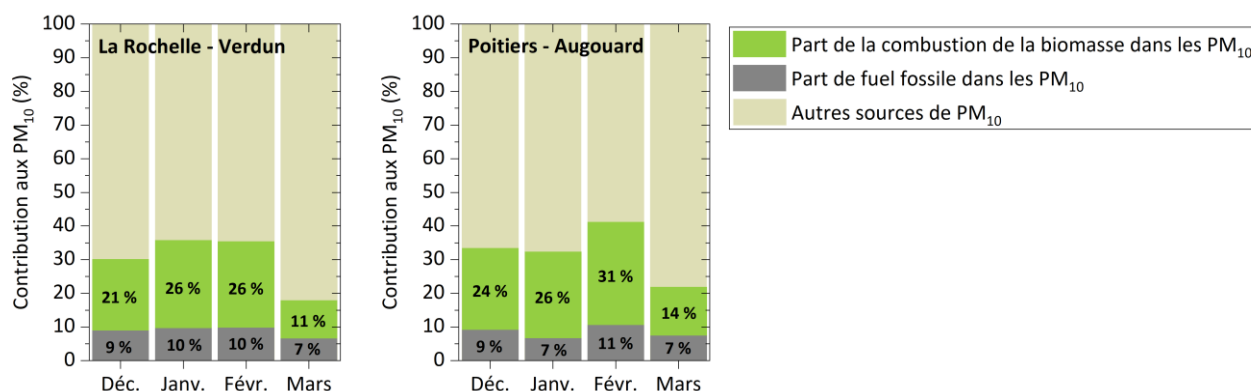


Figure 10 : Moyennes mensuelles des contributions aux PM_{10} des fractions issues de la combustion de biomasse et de la combustion de fuel fossile

4.2.3. Profils journaliers

L'évolution des concentrations journalières en PM_{wb} et PM_{ff} à La Rochelle et à Poitiers est très semblable, que ce soit les jours de semaine ou les jours de weekend, et est caractéristique de sites de fond urbain (Figure 11). Lors des jours de semaine, chaque site présente deux pics de concentrations pour PM_{ff} , vers 7h le matin et 18h-19h le soir (heure TU), en accord avec l'augmentation du trafic routier. Les jours de weekend, la hausse du matin est quasi-absente et celle du soir est très nettement diminuée.

Le tracé journalier de la concentration en PM_{wb} montre un profil typique de chauffage résidentiel où les concentrations maximales se rencontrent la nuit, avec un pic à 20h (heure TU). Les concentrations maximales ont atteint $9,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne à La Rochelle les jours de semaine. Les jours de weekend, les variations de concentrations en PM_{wb} sont moins marquées mais le pic du soir reste important avec des concentrations moyennes allant jusqu'à $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à La Rochelle et $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Poitiers.

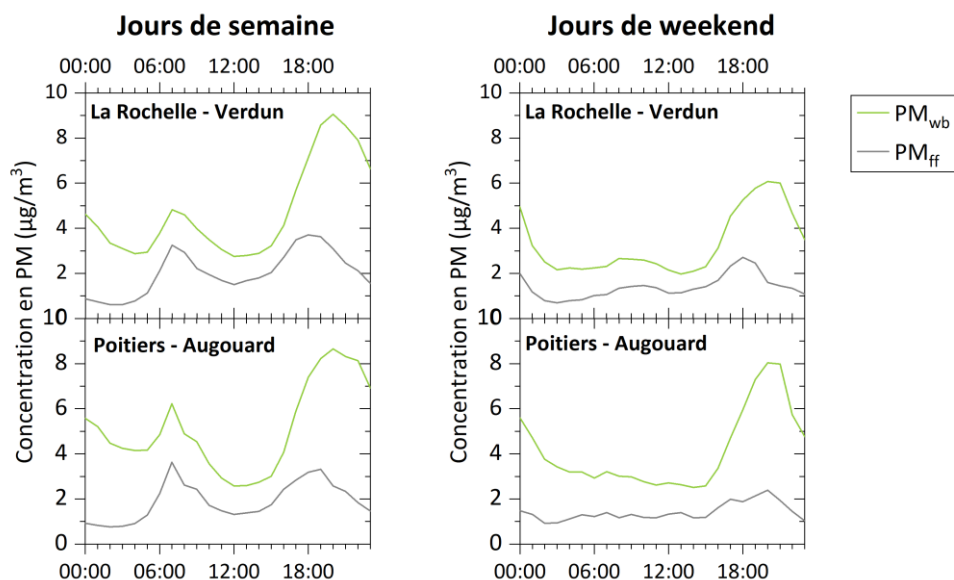


Figure 11 : Profils journaliers moyens des concentrations horaires en $PM_{wood\ burning}$ et $PM_{fossil\ fuel}$ pour les jours de semaine et les weekends sur toute la durée de la campagne

4.2.4. Influence de la météo

L'étude des roses de pollution permet de localiser les différences de concentrations d'un polluant (représentées par l'échelle de couleurs) en fonction de la direction du vent et de la force du vent (cercles). Un pas de temps horaire a été étudié afin de mettre en évidence un lien potentiel entre ces différents paramètres.

La Figure 12 représente les roses de pollution pour le BC_{wb} sur le site de La Rochelle - Verdun et de Poitiers - Augouard. Pour les deux sites, les plus fortes concentrations en BC_{wb} ont été détectées par vents faibles (inférieurs à 3 m/s), notamment lors d'une forte stabilité atmosphérique, indiquant une influence locale de ce polluant liée au caractère résidentiel du site, utilisant le chauffage au bois en période hivernale.

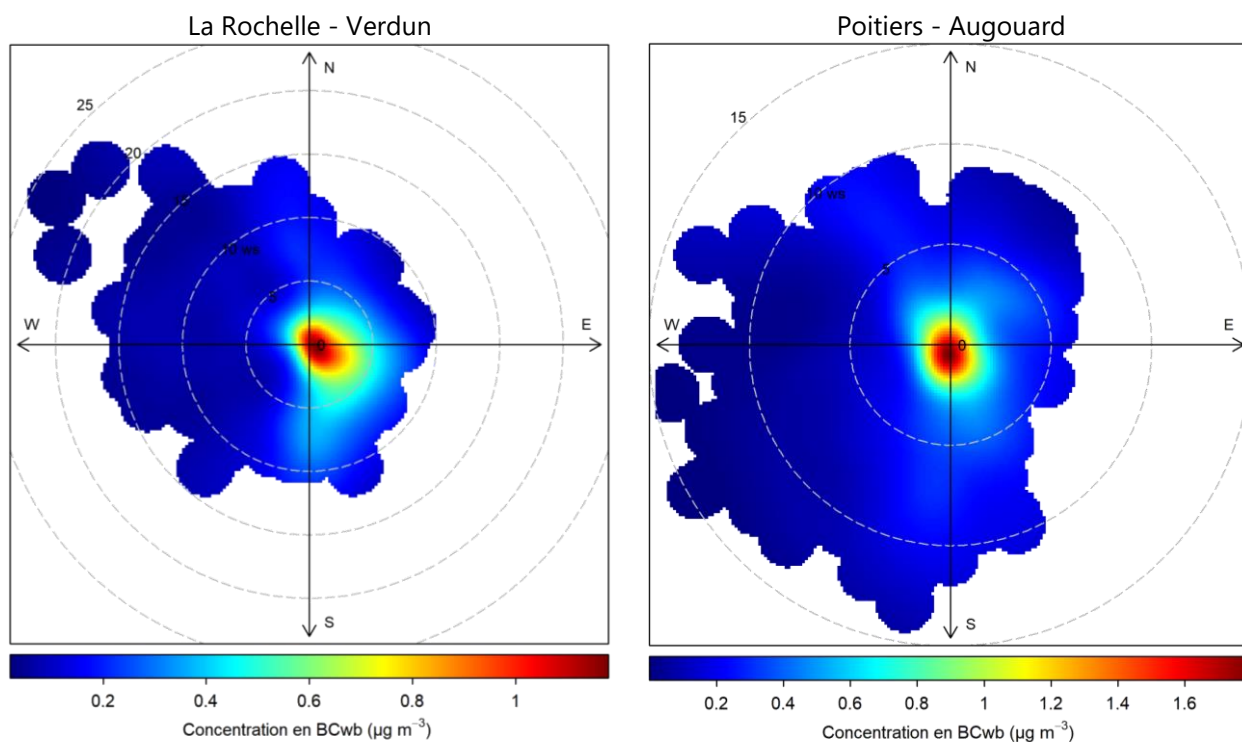


Figure 12 : Roses de pollution du $BC_{wood\ burning}$ en moyenne horaire aux stations La Rochelle - Verdun et Poitiers - Augouard sur toute la durée de la campagne (concentration en fonction de la force et la direction du vent)

5. Conclusion

À la demande de la CDA de La Rochelle, une étude a été réalisée sur la période hivernale 2018/2019 afin d'évaluer l'impact du chauffage résidentiel au bois sur la qualité de l'air de la ville de La Rochelle. En plus des moyens de mesure réglementaires des PM_{10} et des $PM_{2,5}$, un dispositif de mesure a été installé afin de mesurer la contribution de deux sources de combustion : la combustion de la biomasse et la combustion de fuel fossile, dont la principale source est le trafic routier.

Au cours de l'hiver 2018/2019, les concentrations ont respecté les valeurs limites européennes et équivalentes ou légèrement supérieures à celles mesurées quotidiennement par les stations de mesures de fond urbain d'Atmo Nouvelle-Aquitaine implantées dans l'agglomération de La Rochelle et à Poitiers.

Les résultats de Black Carbon, et donc de différenciation des sources de combustion, obtenus à La Rochelle, sur la place de Verdun, ont été confrontés aux résultats de la station Poitiers - Augouard qui est une station de référence « particules » de la région Nouvelle-Aquitaine, dans le but d'étudier la composition chimique des particules. Ceci a permis de mettre en évidence la similitude des sites et des sources locales influençant les concentrations en particules dans l'air. En effet, l'évolution des concentrations en particules issues de la combustion du bois présente un pic caractéristique en soirée, atteignant $9 \mu g/m^3$ en moyenne les jours de semaine.

Sur toute la durée de la campagne, c'est-à-dire du 28 novembre 2018 au 3 avril 2019, la combustion de la biomasse issue du chauffage résidentiel au bois, a contribué à 20 % de la masse des PM_{10} à La Rochelle, avec un maximum lors des mois de janvier et février 2019, atteignant 26 % de la masse des PM_{10} .

Table des figures

Figure 1 : Localisation du site de mesure.....	6
Figure 2 : CDA de La Rochelle - Répartition des émissions de NO _x par secteur (2016).....	7
Figure 3 : CDA de La Rochelle - Répartition des émissions de (a) PM ₁₀ et (b) PM _{2,5} par secteur (2016).....	8
Figure 4 : Photo d'un Aethalomètre modèle AE33	9
Figure 5 : Rose des vents à La Rochelle - Laleu au cours de la période de mesure (données horaires)	12
Figure 6 : Pluviométrie et températures minimale et maximale enregistrées à La Rochelle - Laleu lors de la campagne de mesure (données journalières).....	13
Figure 7 : Concentrations horaires de NO ₂ , NO, PM ₁₀ , PM _{2,5} et Black Carbon sur le site de mesure place de Verdun et les stations de fond urbain d'Aytré et de Poitiers - Augouard pour toute la durée de la campagne (P90 : 90 % des données sont inférieures à cette valeur) (explication de la représentation en « boxplot » en Annexe 1)	14
Figure 8 : Évolution temporelle des concentrations horaires de PM ₁₀ et PM _{2,5} sur le site place de Verdun et les deux sites de fond urbain (Aytré et Poitiers) sur toute la durée de la campagne	15
Figure 9 : Évolution temporelle des concentrations et des contributions aux PM ₁₀ en moyenne horaire des fractions issues de la combustion de biomasse (PM _{wb}) et de la combustion de fuel fossile (PM _{ff}) sur le site de La Rochelle - Verdun	17
Figure 10 : Moyennes mensuelles des contributions aux PM ₁₀ des fractions issues de la combustion de biomasse et de la combustion de fuel fossile	17
Figure 11 : Profils journaliers moyens des concentrations horaires en PM _{wood burning} et PM _{fossil fuel} pour les jours de semaine et les weekends sur toute la durée de la campagne	18
Figure 12 : Roses de pollution du BC _{wood burning} en moyenne horaire aux stations La Rochelle - Verdun et Poitiers - Augouard sur toute la durée de la campagne (concentration en fonction de la force et la direction du vent)	18
Figure 13 : Schéma explicatif du diagramme en boîte	22

Table des tableaux

Tableau 1 : Réglementation européenne pour le NO ₂	7
Tableau 2 : Réglementation européenne pour les PM ₁₀ et les PM _{2,5}	9
Tableau 3 : Matériel et méthodes de mesure.....	10
Tableau 4 : Moyennes annuelles et maxima journaliers et horaires obtenus par l'AE33 pour les sites de La Rochelle - Verdun et Poitiers - Augouard (% wb dans PM ₁₀ = part de la combustion de la biomasse dans les PM ₁₀ ; % ff dans PM ₁₀ = part de la combustion de fuel fossile dans les PM ₁₀).....	16

Annexes

ANNEXE 1 : Représentation statistique des données à l'aide de « boxplot »

Le diagramme en boîte, ou « boxplot » en anglais, est la représentation statistique d'une série de données d'observation. Cet outil graphique permet la représentation des informations de dispersion de la série de données étudiée : moyenne, médiane, valeurs extrêmes, premier et troisième quartile.

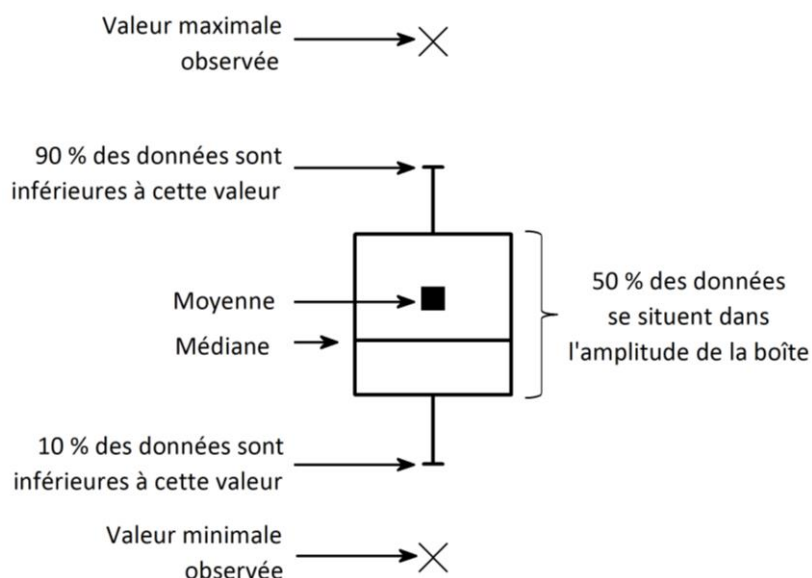


Figure 13 : Schéma explicatif du diagramme en boîte

ANNEXE 2 : Bibliographie

- Bodhaine, B.A., 1995. Aerosol absorption measurements at Barrow, Mauna Loa and the south pole. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 100, 8967–8975.
- Chevrier, F., 2016. Chauffage au bois et qualité de l'air en Vallée de l'Arve: définition d'un système de surveillance et impact d'une politique de rénovation du parc des appareils anciens (Thèse). Université Grenoble Alpes, Grenoble.
- El Haddad, I., Marchand, N., Dron, J., Temime-Roussel, B., Quivet, E., Wortham, H., Jaffrezo, J.L., Baduel, C., Voisin, D., Besombes, J.L., 2009. Comprehensive primary particulate organic characterization of vehicular exhaust emissions in France. *Atmospheric Environment* 43, 6190–6198.
- Favez, O., Haddad, I.E., Piot, C., Boréave, A., Abidi, E., Marchand, N., Jaffrezo, J.-L., Besombes, J.-L., Personnaz, M.-B., Sciare, J., 2010. Inter-comparison of source apportionment models for the estimation of wood burning aerosols during wintertime in an Alpine city (Grenoble, France). *Atmospheric Chemistry and Physics* 10, 5295–5314.
- Hansen, A.D.A., Conway, T.J., Strele, L.P., Bodhaine, B.A., Thoning, K.W., Tans, P., Novakov, T., 1989. Correlations among combustion effluent species at Barrow, Alaska: Aerosol black carbon, carbon dioxide, and methane. *Journal of Atmospheric Chemistry* 9, 283–299.
- Herich, H., Hueglin, C., Buchmann, B., 2011. A 2.5 year's source apportionment study of black carbon from wood burning and fossil fuel combustion at urban and rural sites in Switzerland. *Atmospheric Measurement Techniques* 4, 1409–1420.
- Kirchstetter, T.W., Novakov, T., Hobbs, P.V., 2004. Evidence that the spectral dependence of light absorption by aerosols is affected by organic carbon. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 109.
- Kocbach, A., Li, Y., Yttri, K.E., Cassee, F.R., Schwarze, P.E., Namork, E., 2006. Physicochemical characterisation of combustion particles from vehicle exhaust and residential wood smoke. *Particle and fibre toxicology* 3, 1.
- Laschober, C., Limbeck, A., Rendl, J., Puxbaum, H., 2004. Particulate emissions from on-road vehicles in the Kaisermühlen-tunnel (Vienna, Austria). *Atmospheric Environment* 38, 2187–2195.
- LCSQA, 2015. Impact de la combustion de la biomasse sur les concentrations de PM10 dans les 10 agglomérations du programme CARA au cours de l'hiver 2014-2015.
- Sandradewi, J., Prévôt, A.S.H., Szidat, S., Perron, N., Alfarra, M.R., Lanz, V.A., Weingartner, E., Baltensperger, U., 2008a. Using aerosol light absorption measurements for the quantitative determination of wood burning and traffic emission contributions to particulate matter. *Environmental science & technology* 42, 3316–3323.
- Sandradewi, J., Prévôt, A.S.H., Weingartner, E., Schmidhauser, R., Gysel, M., Baltensperger, U., 2008b. A study of wood burning and traffic aerosols in an Alpine valley using a multi-wavelength Aethalometer. *Atmospheric Environment* 42, 101–112.
- Sciare, J., Favez, O., Sarda-Estève, R., Oikonomou, K., Cachier, H., Kazan, V., 2009. Long-term observations of carbonaceous aerosols in the Austral Ocean atmosphere: Evidence of a biogenic marine organic source. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 114.
- Sun, H., Biedermann, L., Bond, T.C., 2007. Color of brown carbon: A model for ultraviolet and visible light absorption by organic carbon aerosol. *Geophysical Research Letters* 34.



RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-nouvelleaquitaine.org

Contacts

contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100

Pôle Bordeaux (siège Social) - ZA Chemin Long
13 allée James Watt - 33 692 Mérignac Cedex

Pôle La Rochelle (adresse postale-facturation)
ZI Périgny/La Rochelle - 12 rue Augustin Fresnel
17 180 Périgny

Pôle Limoges
Parc Ester Technopole - 35 rue Soyouz
87 068 Limoges Cedex

