Qualité de l'air

PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

Black Carbon

Bilan des mesures de l'année 2017

www.airpaca.org

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR

SOMMAIRE

1. Une mesure au-delà du réglementaire 3

2. La mesure du Black Carbon 3

2.1 Principe 3
2.2 Sites de mesure 4
2.3 Taux de fonctionnement 5

3. Résultats 5

3.1 Évolution temporelle et concentrations moyennes 5
3.2 Profils journaliers 7
3.3 Estimation des concentrations en particules 9
3.4 Influence météorologique 12
3.5 Épisodes de pollution enregistrés en 2017 15

4. Conclusion 16

ANNEXES

ANNEXE 1 : Représentation statistique des données à l'aide de « boxplot » 19
ANNEXE 2 : Épisodes de pollution enregistrés en 2017 20
ANNEXE 3 : Bibliographie 22

Contact
~~Florie Chevrier~~
~~florie.chevrier@airpaca.org~~
boualem.mesbah@airpaca.org

Date de parution
Mai 2018

Références
24RG3311/Bilan 2017

1. Une mesure au-delà du réglementaire

Depuis 2014, Air PACA dispose de plusieurs analyseurs (Aethalomètres modèle AE33) permettant la mesure en continu, à différentes longueurs d'onde, du Black Carbon (BC). Installés tout d'abord à Nice/Arson et à Marseille/Cinq Avenues, un troisième analyseur est arrivé à Port-de-Bouc/La Lèque en 2015, suivi d'un quatrième en 2016 utilisé pour le suivi de la qualité de l'air aux abords de la rocade L2 à Marseille.

Ces mesures de BC font partie de la surveillance d'Air PACA de la caractérisation chimique des particules, au-delà du réglementaire. Des mesures de granulométrie (comptage des particules de diamètre aérodynamique inférieure à 1 µm) et de spéciation chimique (étude de la composition chimique fine des particules) sont également menées.

Ce rapport fait le bilan des mesures de Black Carbon réalisées au cours de l'année 2017.

2. La mesure du Black Carbon

2.1 Principe

La combustion de la matière carbonée (gaz, pétrole, charbon et biomasse) émet de nombreux polluants atmosphériques gazeux ou particulaires (aérosols). Une grande partie des 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 J. et al., 2009).

L'Aethalomètre modèle AE33 (Figure 1) 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. 2008a; Sandradewi et al. 2008b). 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 1 : Photo d'un Aethalomètre modèle AE33

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

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

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

2.2 Sites de mesure

Trois sites de mesure fixes ont été instrumentés : depuis 2014 à Nice/Arson et Marseille/Cinq Avenues et depuis 2015 à Port-de-Bouc/La Lèque. Un quatrième site mobile a été instrumenté en 2016. En effet, ce dernier est voué à la surveillance de la qualité de l'air aux abords de la rocade L2 à Marseille (Figure 2).

Figure 2 : Localisation des sites de mesure du Black Carbon

- Port-de-Bouc/La Lèque (latitude : 43°24'07.03", longitude : 4°58'54.91", altitude : 3 m) est une station urbaine sous influence industrielle. Cette station est située dans la caserne des marins pompiers, sous influence directe de diverses zones industrielles situées à proximité :
  - influence de la plateforme industrielle de Martigues/Lavéra quand les vents viennent du sud-est (plateforme située à environ 2,5 km),
  - influence de la zone industrielle de Fos-sur-Mer quand les vents viennent du nord-ouest ou de l'ouest.
- Nice/Arson (latitude : 43°42'07.48", longitude : 7°17'10.49", altitude : 11 m) est une station de fond urbain située dans une zone urbaine dense.
- Marseille/Cinq Avenues (latitude : 43°18'19.04", longitude: 5°23'40.94", altitude : 73 m) est une station de fond urbain située au bord du parc Longchamp, en retrait des voies de circulation. Elle n'est pas sous influence directe d'une source en particulier.
- Marseille/La Fourragère (latitude : 43°18'10.00", longitude: 5°25'34.00", altitude : 76 m) est une station mobile qui a été mise en place de juin 2016 à mai 2017 afin d'évaluer l'impact de la mise en service de la rocade L2 sur la qualité de l'air. Depuis juin 2017, cette station a été déplacée à proximité du boulevard Kaddouz au niveau de la tête de tunnel Montolivet sud (Marseille/Kaddouz) (latitude : 43°18'31.00", longitude: 5°25'31.00", altitude : 76 m).

2.3 Taux de fonctionnement

Pour les trois sites permanents, le taux de fonctionnement annuel a été supérieur au taux de fonctionnement de référence de 85 % (95 % à Port-de-Bouc/La Lèque et Marseille/Cinq Avenues, 96 % à Nice/Arson).

Le taux de fonctionnement de chaque mois est détaillé dans le Tableau 1. En octobre, le taux de fonctionnement de l'AE33 de Marseille/Cinq Avenues est de 61 % du fait d'une maintenance de l'équipement chez le fournisseur, à cause d'un problème de débit. Par ailleurs, l'analyseur de Marseille/Kaddouz a eu un taux de fonctionnement de 71 % en juin car il a été mis en place le 9 juin.

%	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Port-de-Bouc La Lèque	76	100	100	88	94	100	100	100	92	100	96	91
Nice Arson	89	95	100	100	87	99	100	100	100	98	90	100
Marseille Cinq Avenues	96	100	100	100	99	99	100	99	98	61	99	85
Marseille La Fourragère	100	95	95	96	100	-	-	-	-	-	-	-
Marseille Kaddouz	-	-	-	-	-	71	90	91	100	90	100	89

Tableau 1 : Taux de fonctionnement des AE33 pour chaque site et chaque mois de l'année

3. Résultats

3.1 Évolution temporelle et concentrations moyennes

Pour les trois grandeurs mesurées, BC, BC_{wb} et BC_{ff}, la moyenne annuelle, le maximum journalier ainsi que le maximum horaire sont regroupés dans le Tableau 2.

Le site de Marseille/Kaddouz présente les concentrations moyennes les plus élevées en BC (2,6 µg/m^3) et BC_{ff} (2,4 µg/m^3) du fait de sa proximité avec la source « trafic routier ». Port-de-Bouc/La Lèque est, en moyenne, le site le moins impacté par les deux sources identifiées par l'Aethalomètre : la combustion de la biomasse et la combustion de fuel fossile. Le site de Marseille/La Fourragère présente la concentration moyenne en BC_{wb} la plus élevée, notamment en raison de mesures effectuées uniquement de janvier à mai 2017. Ce site présente également les maxima les plus importants liés au caractère résidentiel et pavillonnaire de cette zone, donc pouvant être plus impacté par le chauffage au bois résidentiel.

(µg/m^3)		Port-de-Bouc La Lèque	Nice Arson	Marseille Cinq Avenues	Marseille La Fourragère*	Marseille Kaddouz*
BC	**Moyenne annuelle**	1,0	1,4	1,7	2,0	2,6

	Max. journalier	3,26	3,7	7,5	6,9	7,3
	Max. horaire	11,9	15,9	17,4	18,4	16,7
BC_{wb}	**Moyenne annuelle**	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2
	Max. journalier	1,2	1,0	1,6	2,1	1,5
	Max. horaire	3,2	2,8	5,4	5,3	5,1
BC_{ff}	**Moyenne annuelle**	0,9	1,2	1,5	1,7	2,4
	Max. journalier	2,8	2,7	6,1	5,5	5,8
	Max. horaire	10,6	15,7	15,4	17,2	15,2

*Tableau 2 : Moyennes annuelles et maxima journaliers et horaires pour chaque site de mesure (*mesures sur une année partielle)*

L'évolution temporelle des concentrations journalières en BC est représentée sur la Figure 3. La Figure 4 permet de visualiser la répartition des moyennes journalières des concentrations pour chaque mois de l'année. En période hivernale, une augmentation des concentrations en BC est visible sur chaque site. Cette variation est notamment due à la fraction issue de la combustion de la biomasse, et en particulier le chauffage résidentiel en hiver. La part issue de la combustion de fuel fossile présente peu de variations suivant les saisons mais une augmentation est cependant visible en période hivernale due aux conditions météorologiques (stabilité des masses d'air plus importante).

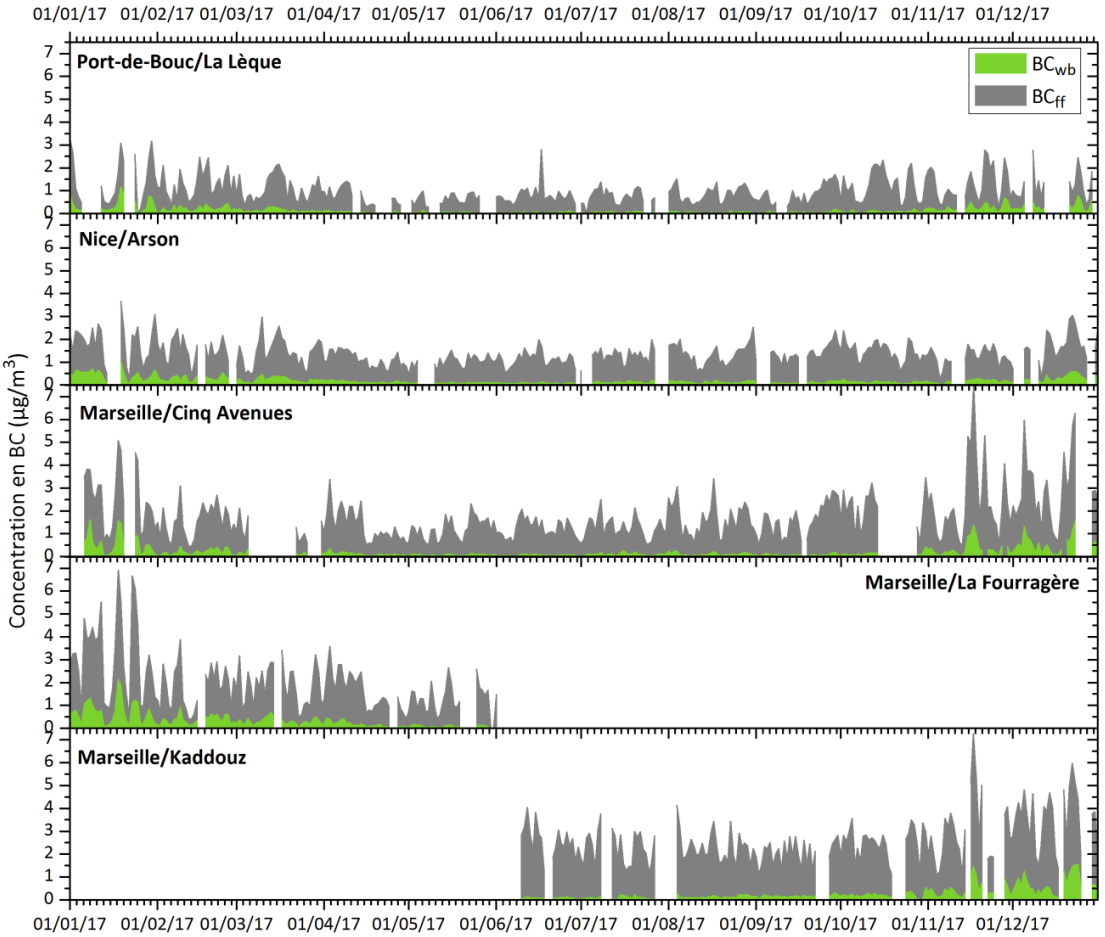


Figure 3 : Évolution temporelle des concentrations en moyenne journalière de $BC_{wood\ burning}$ et $BC_{fossil\ fuel}$

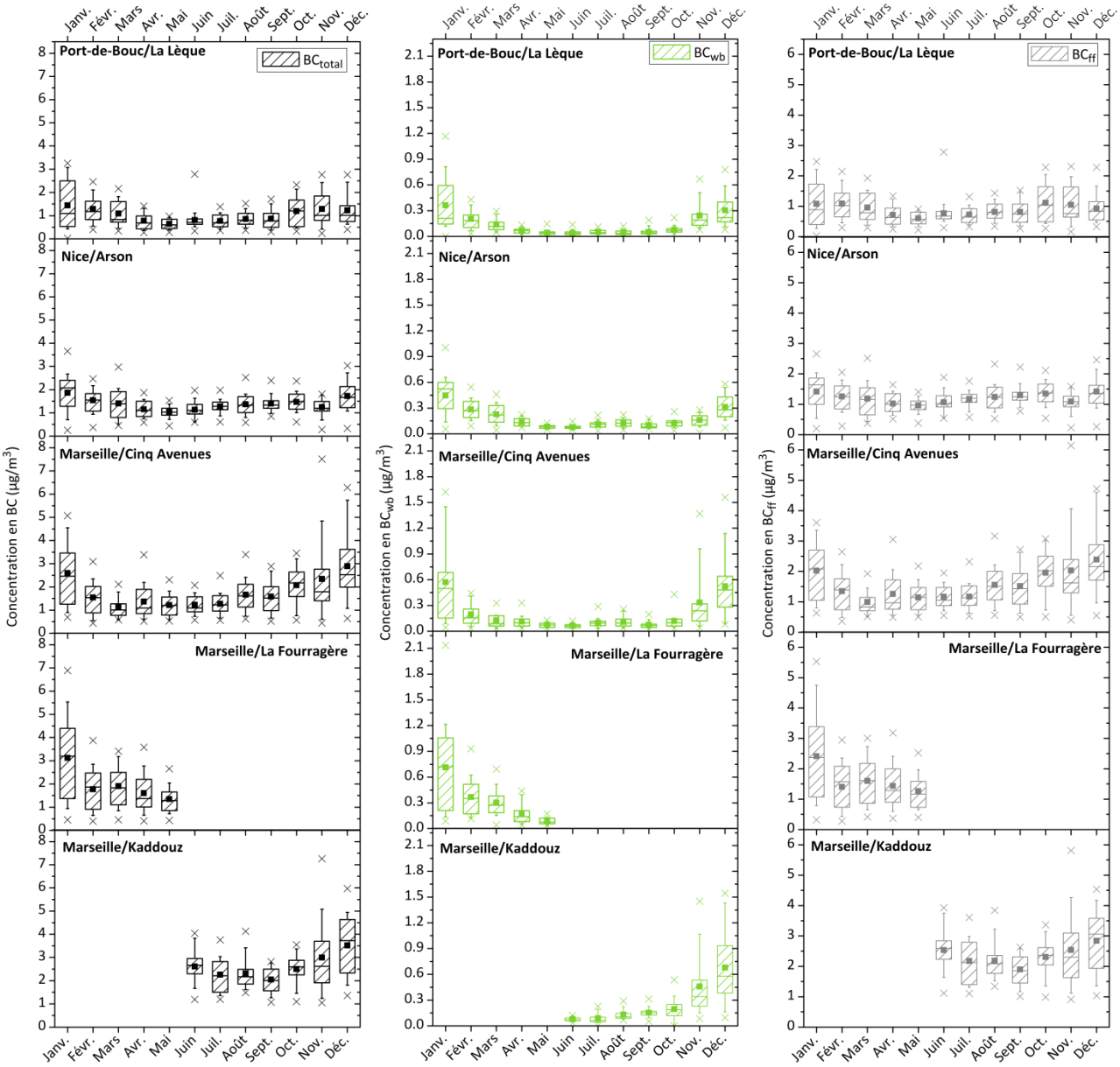


Figure 4 : Représentation de type boxplot des moyennes journalières pour chaque mois en BC_{total}, $BC_{wood\ burning}$ et $BC_{fossil\ fuel}$ (explication de la représentation en « boxplot » en Annexe 1)

3.2 Profils journaliers

Les concentrations journalières en BC_{wb} et BC_{ff} varient suivant les sites et également suivant les jours de semaine et les weekends (Figure 5). En effet, même si chaque site présente deux pics de concentrations, particulièrement pour BC_{ff}, en accord avec l'augmentation du trafic aux heures de pointe, les sites de Marseille/La Fourragère et Marseille/Kaddouz font apparaître peu de diminution en milieu de journée suggérant une influence du trafic tout au long de la journée. Le site de Port-de-Bouc/La Lèque présente des différences de concentrations beaucoup moins marquées entre BC_{wb} et BC_{ff} dues à un impact du trafic routier moins important que sur les autres sites.

Le tracé journalier de la concentration en BC_{wb} montre un profil typique de chauffage résidentiel où les concentrations maximales se rencontrent la nuit, en périodes froides, avec des concentrations atteignant 1,3 µg/m³ en moyenne les jours de weekend à Marseille.

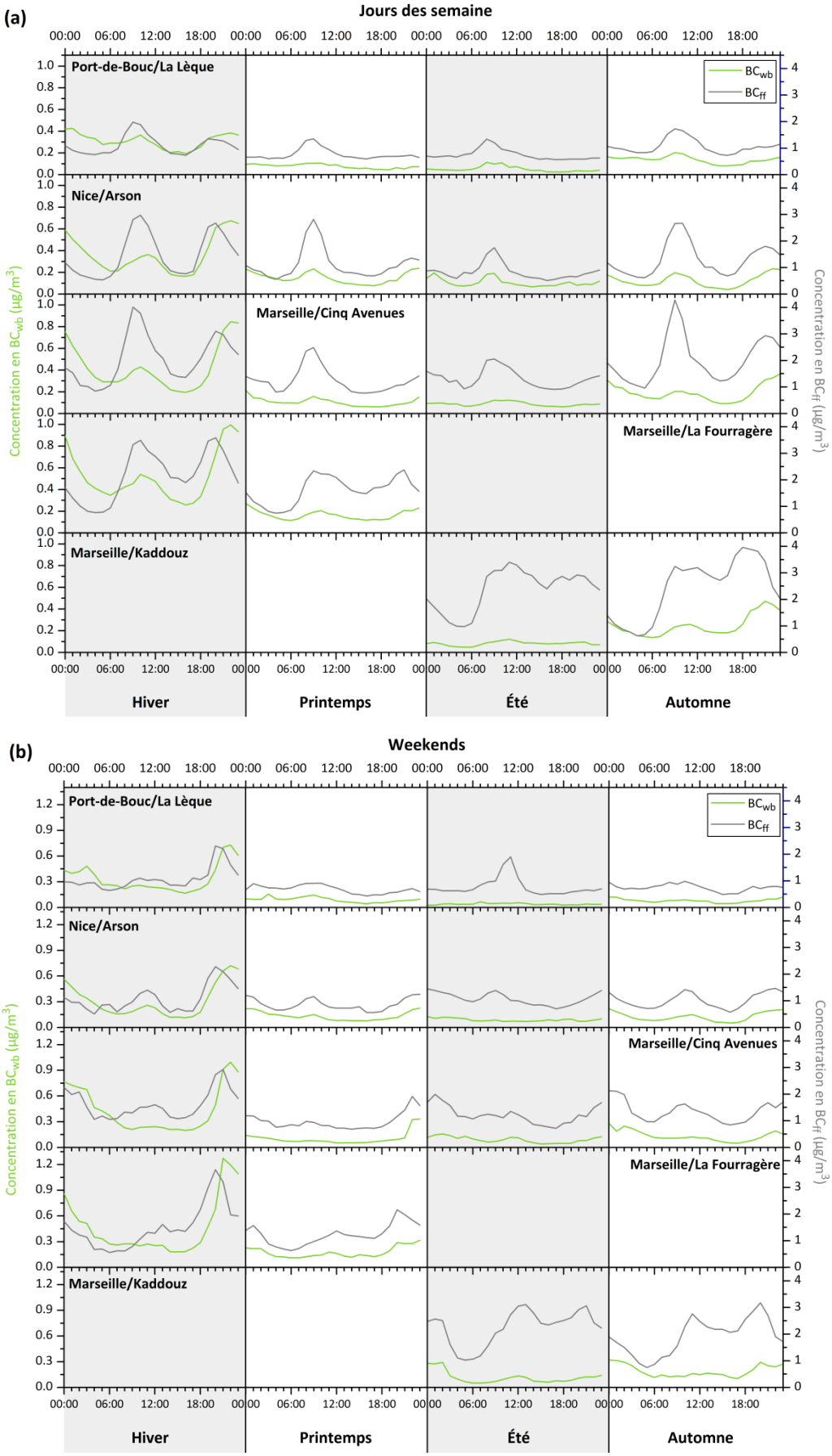


Figure 5 : Profils journaliers moyens des concentrations en $BC_{wood\ burning}$ et $BC_{fossil\ fuel}$ pour (a) les jours de semaine et (b) les weekends (Hiver : janv., fév., déc. ; Printemps : mars, avr., mai ; Été : juin, juil., août ; Automne : sept., oct., nov.)

La différence entre les jours de semaine et les jours de weekend est clairement visible dans les concentrations en BC_{wb} et BC_{ff}. En effet, en périodes froides, les concentrations en BC_{wb} augmentent les jours de weekend et notamment à Port-de-Bouc/La Lèque où une augmentation de 40 % de la valeur maximale est observée.

3.3 Estimation des concentrations en particules

3.3.1 Méthodologie utilisée

L'Aethalomètre permet de distinguer et de quantifier deux sources de Black Carbon. 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 particules 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) :

$$\mathrm{PM_{ff}} = 2{,}5 \times \mathrm{BC_{ff}}$$

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, trois ratios spécifiques ont été déterminés pour chaque site permanent :

Port-de-Bouc/La Lèque : $\mathrm{PM_{wb}} = 18{,}7 \times \mathrm{BC_{wb}}$

Nice/Arson : $\mathrm{PM_{wb}} = 16{,}6 \times \mathrm{BC_{wb}}$

Marseille/Cinq Avenues : $\mathrm{PM_{wb}} = 14{,}7 \times \mathrm{BC_{wb}}$

Les mesures de lévoglucosan n'ayant pas été effectuées sur les sites de Marseille/La Fourragère et Marseille/Kaddouz, le ratio utilisé est celui de Marseille/Cinq Avenues.

3.3.2 Évolution des concentrations

Comme montré dans la partie 2.3., le site de Marseille/Kaddouz, étant le plus exposé au trafic routier, présente la contribution aux PM_{10} la plus importante pour la combustion de fuel fossile, tandis que le site de Marseille/La Fourragère présente la plus forte contribution pour la combustion de la biomasse (Tableau 3, page suivante).

La comparaison des trois sites permanents, permet de mettre en évidence l'importance de la combustion de la biomasse sur la masse des PM_{10} à Nice/Arson (12,4 % en moyenne annuelle contre 10,2 % à Port-de-Bouc/La Lèque et 8,9 % à Marseille/Cinq Avenues). De plus, Marseille/Cinq Avenues présente la part moyenne de combustion de fuel fossile la plus importante (13,8 % des PM_{10}).

Deux sources ont été quantifiées et permettent d'expliquer, en continu, entre 37 % (Marseille/Kaddouz) et 20 % (Port-de-Bouc/La Lèque) de la concentration des PM_{10}. La masse restante des PM_{10} non expliquée par cette méthodologie vient de sources diverses : poussières crustales, embruns marins, émissions biogéniques primaires et secondaires, émissions secondaires de la combustion de la biomasse et du trafic routier, etc.

	Port-de-Bouc	Nice	Marseille	Marseille	Marseille

		La Lèque	Arson	Cinq Avenues	La Fourragère*	Kaddouz*
Concentration en PM_{wb} ($\mu g/m^3$)	**Moyenne annuelle**	2,5	3,0	2,8	4,5	3,5
	Max. journalier	21,8	16,7	23,8	31,4	22,7
	Max. horaire	59,4	46,9	79,1	77,3	74,4
Contribution de PM_{wb} aux PM_{10} (%)	**Moyenne annuelle**	10,2	12,4	8,9	19,2	12,9
	Max. journalier	54,0	42,7	56,8	54,8	68,3
	Max. horaire	100,0	100,0	97,6	100,0	93,4
Concentration en PM_{ff} ($\mu g/m^3$)	**Moyenne annuelle**	2,3	3,0	3,9	4,3	6,0
	Max. journalier	7,0	7,0	15,4	13,8	14,5
	Max. horaire	65,0	39,2	38,6	43,0	37,9
Contribution de PM_{ff} aux PM_{10} (%)	**Moyenne annuelle**	9,8	12,5	13,8	17,3	23,8
	Max. journalier	24,1	24,0	30,7	42,4	42,1
	Max. horaire	98,5	100,0	100,0	84,3	91,9

*Tableau 3 : Moyennes annuelles et maxima journaliers et horaires pour chaque site de mesure (*mesures sur une année partielle)*

La Figure 6 présente l'évolution temporelle des concentrations en PM_{10}, $PM_{2,5}$ et des fractions issues de la combustion de bois et de la combustion de fuel fossile. La Figure 7 représente les concentrations moyennes mensuelles des PM_{10} et des deux sources de combustion identifiées. L'impact saisonnier est très peu visible dans les concentrations en PM_{10} et $PM_{2,5}$ du fait de la multitude de sources, entrant en jeu dans leur composition, ainsi que dans les concentrations en PM_{ff} dont la source est relativement constante suivant les saisons. Cependant, les concentrations en PM_{wb} varient beaucoup suivant les saisons. En effet, une différence de plus de 20 % est visible pour les trois sites permanents entre la contribution minimale observée (3,0 % à Port-de-Bouc/La Lèque, 4,7 % à Nice/Arson et 3,3 % à Marseille/Cinq Avenues au mois de juin) et la contribution maximale (26,4 % à Port-de-Bouc/La Lèque et 23,8 % à Marseille/Cinq Avenues au mois de décembre et 26,7 % à Nice/Arson au mois de janvier). La contribution hivernale étant principalement due au chauffage résidentiel.

Le site de Nice/Arson est plus impacté par la combustion de la biomasse en période estivale que les deux autres sites permanents. Cette différence peut être liée au brûlage de déchets verts ou aux feux de forêts plus réguliers dans cette zone.

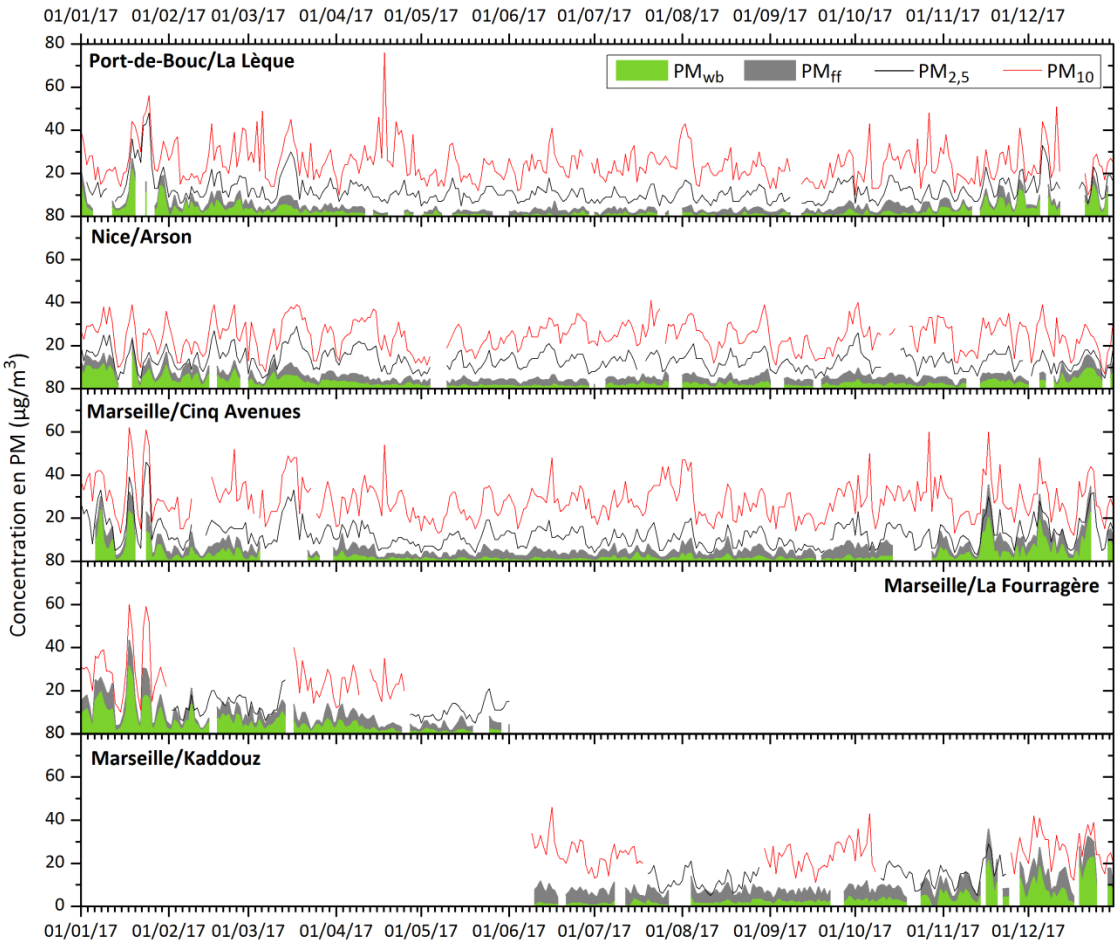


Figure 6 : Évolution temporelle des concentrations en moyenne journalière de PM_{10}, $PM_{2,5}$ et des fractions issues de la combustion de bois (PM_{wb}) et de la combustion de fuel fossile (PM_{ff})

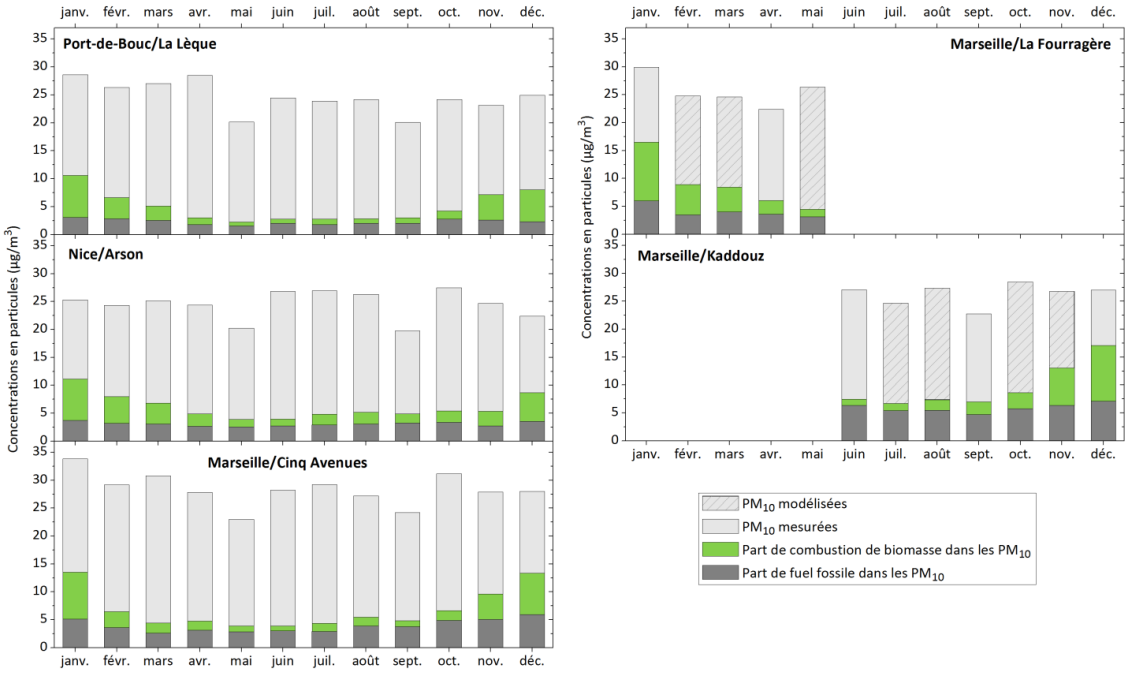


Figure 7 : Moyennes mensuelles des concentrations en PM_{10} et des fractions issues de la combustion de bois et de la combustion de fuel fossile

3.4 Influence météorologique

3.4.1 Vitesses et directions de vents

En 2017, les vents mesurés à Martigues/La Gatasse (proche de Port-de-Bouc/La Lèque) ont majoritairement été modérés (47 % du temps compris entre 1 et 3 m/s) issus d'un secteur nord-nord/ouest (mistral) (Figure 8).

Les vents mesurés à Nice/Aéroport (proche de Nice/Arson) ont été principalement compris entre 1 et 5 m/s (37 % du temps entre 1 et 3 m/s et 36 % entre 3 et 5 m/s) et provenant essentiellement d'un secteur nord-nord/ouest (Figure 8).

La situation météorologique à Marseille est différente des deux autres sites où les vents dominants sont d'ouest et compris entre 1 et 3 m/s (40 %). De plus, 28 % des vents sont faibles (vitesses inférieures à 1 m/s) sur ce site (Figure 8).

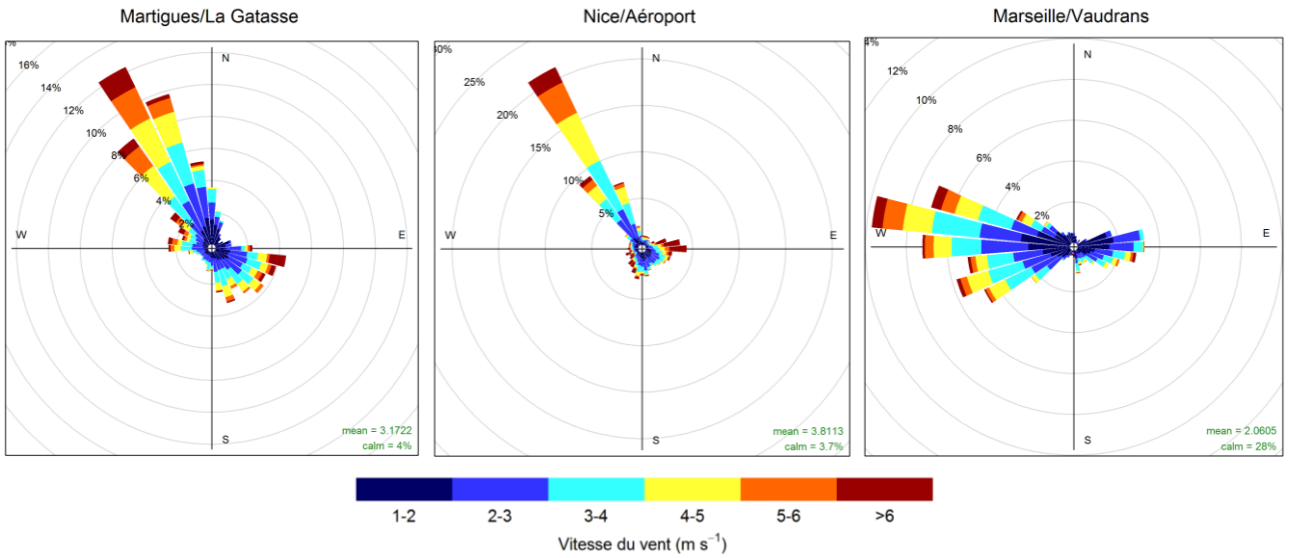


Figure 8 : Rose des vents de l'année 2017 (données horaires)

3.4.2 Roses de pollution

La Figure 9 présente l'influence des conditions météorologiques (vitesses et directions de vents) sur les concentrations en BC_{wb} et BC_{ff}. Un pas de temps horaire a été étudié afin de mettre en évidence un lien potentiel entre ces différents paramètres.

Sur le site de Port-de-Bouc/La Lèque :

- les concentrations en BC_{wb} sont influencées en présence de vents faibles à modérés (jusqu'à 5 m/s) de secteur nord-nord/ouest probablement en lien avec le secteur résidentiel de la zone, utilisant le chauffage au bois en période hivernale,
- les fortes concentrations en BC_{ff} sont observées en présence de vents faibles à modérés (jusqu'à 4 m/s) entourant le site de mesure mais également de secteur est-sud/est probablement en lien avec les axes de circulation routier à proximité, la circulation maritime mais également la plateforme industrielle de Martigues Lavéra.

Sur le site de Nice/Arson :

- les plus fortes concentrations en BC_{wb} sont observées en présence de vents forts (5-7 m/s) provenant du nord/ouest pouvant être lié au chauffage résidentiel dans le quartier de Cimiez l'hiver mais également aux feux de forêts ou au brûlage de déchets verts dans les communes autour de Nice en période estivale,
- les concentrations en BC_{ff} les plus importantes ont été enregistrées lors de vents faibles à modérés (de 1 à plus de 5 m/s) dans diverses directions, probablement en lien avec le trafic routier mais également le trafic maritime.

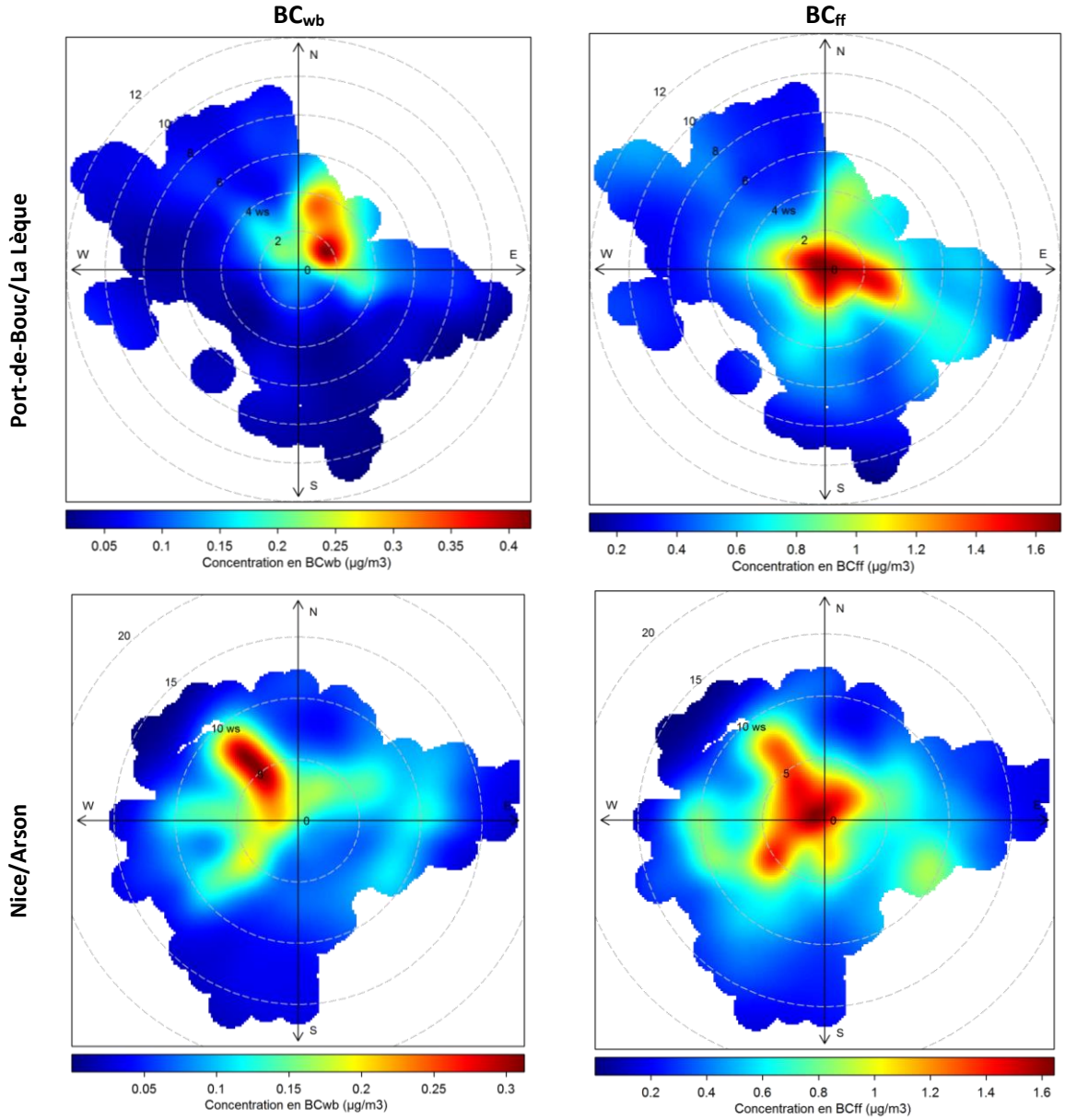
Sur le site de Marseille/Cinq Avenues :

- les plus fortes concentrations en BC_{wb} ont été rencontrées par vents faibles à modérés (1 à 3 m/s) de secteur est correspondant à des brises de terre issues de la vallée de l'Huveaune,

- les concentrations en BC_{ff} sont plus diffuses et sont observées par vents faibles à modérés (1 à 3 m/s) liées essentiellement au trafic routier dans la ville.

Sur les sites de Marseille/La Fourragère et Marseille/Kaddouz :

- les fortes concentrations en BC_{wb} observées à Marseille/La Fourragère par vents faibles (inférieur à 2 m/s) sont probablement liées au caractère résidentiel du site, de même pour le site de Marseille/Kaddouz mais qui présente également des concentrations élevées par vents modérés (3 m/s) de secteur nord/est,
- les plus fortes concentrations en BC_{ff} sont observées par vents faibles à modérées (1 à 3 m/s) de secteur est-sud/est en lien avec la rocade L2 située à proximité et à l'est de ces stations.



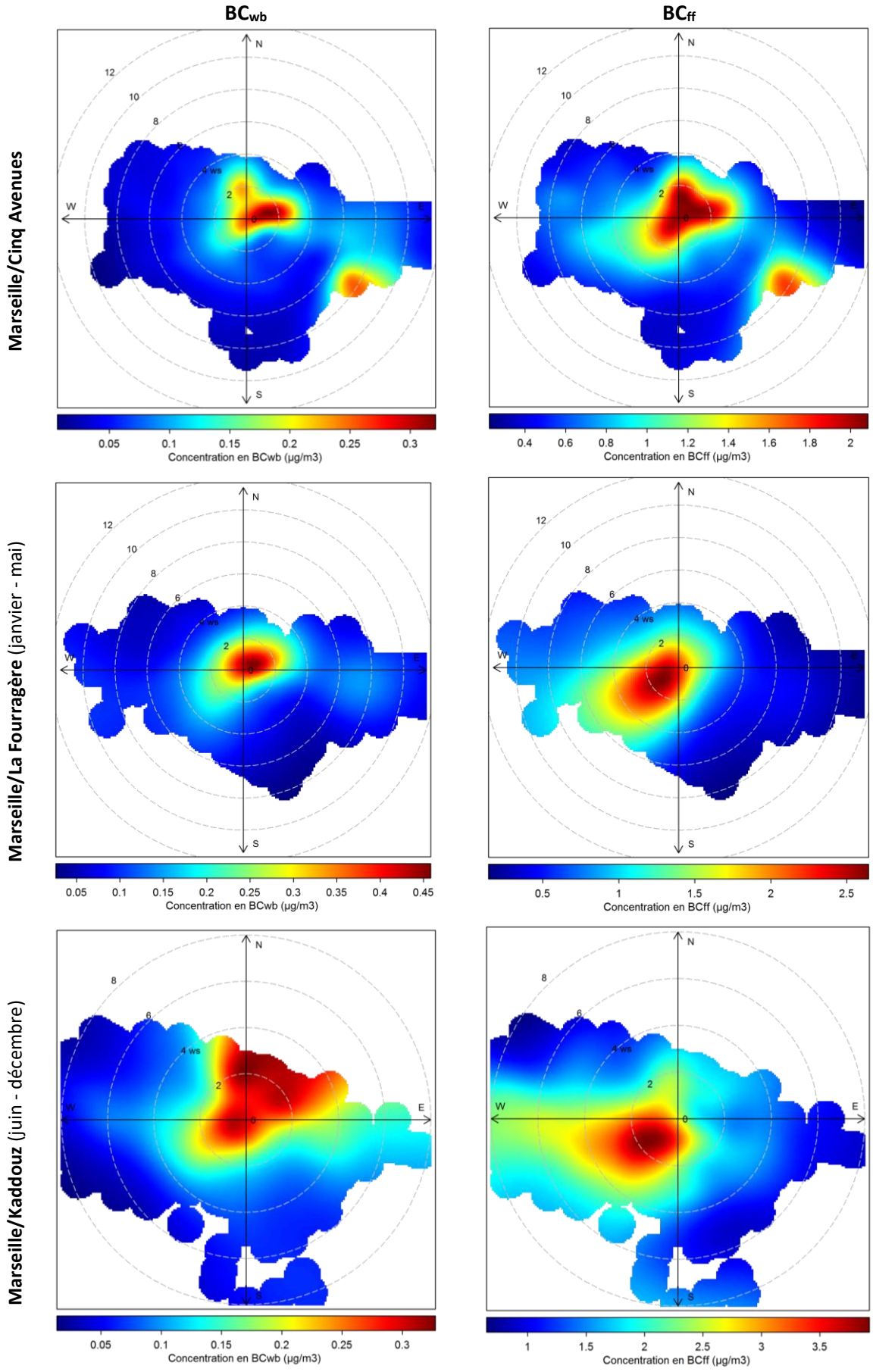


Figure 9 : Roses de pollution de $BC_{wood\ burning}$ et $BC_{fuel\ fossile}$ pour chaque site étudié sur l'année 2017 (données horaires)

3.5 Épisodes de pollution enregistrés en 2017

En 2017, 14 jours de pollution aux particules avec des caractéristiques particulières ont été observés dans les Bouches-du-Rhône (représentées ici par Port-de-Bouc/La Lèque et Marseille/Cinq Avenues), et deux dans les Alpes-Maritimes (représentées par Nice) :

- chauffage résidentiel au bois / conditions météorologiques hivernales (stabilité atmosphérique),
- transport des particules,
- épisodes singuliers tels que des feux de forêt ou remise en suspension de particules par vent fort.

Sur certains jours, notamment à Port-de-Bouc/La Lèque et Marseille/Cinq Avenues, une absence de données est à noter, du fait de coupures d'électricité ou de différentes maintenances des appareillages.

La Figure 10 présente les moyennes journalières des concentrations en PM_{10} et des fractions issues de la combustion de la biomasse et de la combustion de fuel fossile pour ces jours. Un détail de ces journées est présenté en Annexe 2.

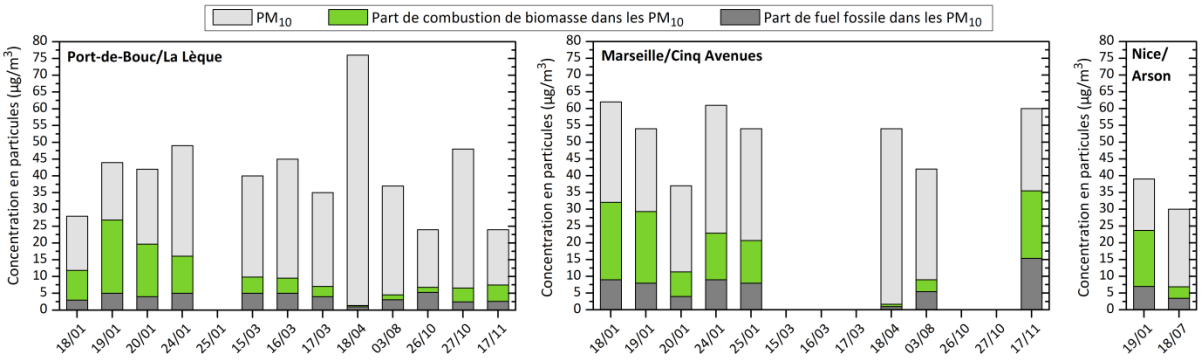


Figure 10 : Moyennes journalières des concentrations en PM_{10} et des fractions issues de la combustion de bois et de la combustion de fuel fossile

Les épisodes de pollution de période hivernale (janvier, février et novembre 2017) sont caractéristiques des zones urbanisées, du fait de l'utilisation du bois comme source d'énergie, avec une contribution de la combustion de la biomasse représentant plus de 30 % de la masse des PM_{10}.

La contribution de la combustion de fuel fossile, principalement liée au trafic routier, est relativement constante et est comprise entre 5 et 13 % à Port-de-Bouc/La Lèque, entre 11 et 15 % à Marseille/Cinq Avenues à l'exception de deux journées spécifiques pour ces deux sites. Lors des épisodes de pollution ?

À Marseille, la journée du 17 novembre 2017 s'est caractérisée par une forte contribution des deux sources identifiées : 26 % des PM_{10} issu de combustion de fuel fossile et 34 % des PM_{10} issu de combustion de biomasse. Cet épisode est probablement lié à une forte stabilité atmosphérique engendrant une accumulation des polluants.

La journée du 18 avril 2017 est spécifique de l'ensemble des Bouches-du-Rhône car elle a été observée au niveau de plusieurs stations de mesure. Une infime fraction de la masse des particules a été identifiée grâce aux mesures de Black Carbon. Ainsi, ces particules ont pu provenir de diverses sources telles que les poussières crustales, les embruns marins, les émissions biogéniques primaires et secondaires, les émissions secondaires de la combustion de la biomasse et du trafic routier, etc. Un mistral important (vent de nord-nord/ouest) soufflant ce jour-là (cf. Annexe 2), l'hypothèse d'une remise en suspension de poussières terrigènes est privilégiée.

4. Conclusion

Depuis 2014/2015, trois Aethalomètres modèle AE33 permettent la mesure en continu du Black Carbon à Port-de-Bouc/La Lèque, Marseille/Cinq Avenues et Nice/Arson. Ces appareils permettent de distinguer et de quantifier deux sources de Black Carbon : la fraction issue de la combustion de la biomasse et celle issue de combustions fossiles telles que le trafic routier. La Figure 11 permet d'évaluer l'évolution des concentrations en BC depuis 2015 où une tendance à la diminution est observable. Le site de Marseille/Cinq Avenues présente des concentrations en Black Carbon relativement stables depuis 2016.

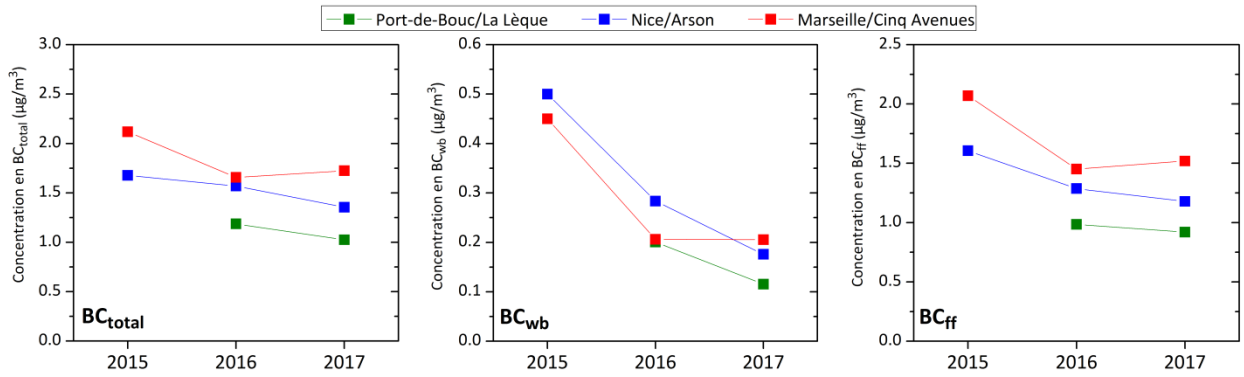


Figure 11 : Évolution des concentrations moyennes annuelles en BC_{total}, $BC_{wood\ burning}$ et $BC_{fossil\ fuel}$ depuis 2015 pour les trois stations pérennes

Grâce à l'utilisation de ratios spécifiques, il est possible d'estimer la contribution de ces deux sources à la masse des PM_{10}.

Ainsi, les mois de période hivernale sont caractérisés par de plus fortes contributions à la masse des PM_{10} de la fraction de provenant essentiellement du chauffage résidentiel au bois : entre 19 % pour Marseille/Cinq Avenues et 24 % pour Nice/Arson (moyenne sur les mois de janvier, février et décembre 2017). La période estivale est caractérisée par une contribution de la combustion de la biomasse moindre : inférieur à 7 % en moyenne sur les mois de juin, juillet et août 2017. Cette contribution augmente nettement lors d'incendies, comme ça a notamment été le cas lors de l'incendie de Saint-Cannat, situé à environ 35 km au nord de Marseille.

L'influence du trafic routier est très marquée sur les sites en proximité de la route, tels que Marseille/La Fourragère et Marseille/Kaddouz situés au bord de la rocade L2, où la contribution du trafic routier représente respectivement 17 % et 24 % de la masse des PM_{10} en moyenne sur l'année 2017.

Les profils journaliers des concentrations en BC présentent, en période hivernale, un pic du soir important, en liaison avec la combustion de bois lors de la reprise du chauffage résidentiel, tandis que la combustion de fuel fossile entraîne des pics de BC aux heures de pointe de trafic, lors des trajets domicile-travail, en cohérence avec les autres polluants liés au trafic routier, tels que les oxydes d'azote (NO_x). Ces profils sont communément rencontrés lors d'études menées en France ou à l'international.

Les sources de BC peuvent être locales mais également régionales. Les conditions météorologiques jouent un rôle important dans les concentrations en BC mesurées, et ce quel que soit le site de mesure. En effet, lors de conditions très stables, il y a accumulation des polluants, visible par une hausse des concentrations en BC. De plus, lors de vent modéré à fort, une hausse des concentrations peut être observée et la direction du vent peut donner une information de l'origine du BC.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Taux de fonctionnement des AE33 pour chaque site et chaque mois de l'année 5
Tableau 2 : Moyennes annuelles et maxima journaliers et horaires pour chaque site de mesure (*mesures sur une année partielle) 6
Tableau 3 : Moyennes annuelles et maxima journaliers et horaires pour chaque site de mesure (*mesures sur une année partielle) 10

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Photo d'un Aethalomètre modèle AE33 3
Figure 2 : Localisation des sites de mesure du Black Carbon 4
Figure 3 : Évolution temporelle des concentrations en moyenne journalière de $BC_{wood\ burning}$ et $BC_{fossil\ fuel}$ 6
Figure 4 : Représentation de type boxplot des moyennes journalières en BC_{total}, $BC_{wood\ burning}$ et $BC_{fossil\ fuel}$ (explication de la représentation en « boxplot » en Annexe 1) 7
Figure 5 : Profils journaliers moyens des concentrations en $BC_{wood\ burning}$ et $BC_{fossil\ fuel}$ pour (a) les jours de semaine et (b) les weekends (Hiver : janv., fév., déc. ; Printemps : mars, avr., mai ; Été : juin, juil., août ; Automne : sept., oct., nov.) 8
Figure 6 : Évolution temporelle des concentrations en moyenne journalière de PM_{10}, $PM_{2,5}$ et des fractions issues de la combustion de bois (PM_{wb}) et de la combustion de fuels fossiles (PM_{ff}) 11
Figure 7 : Moyennes mensuelles des concentrations en PM_{10} et des fractions issues de la combustion de bois et de la combustion de fuels fossiles 11
Figure 8 : Rose des vents de l'année 2017 (données horaires) 12
Figure 9 : Roses de pollution de $BC_{wood\ burning}$ et $BC_{fuel\ fossile}$ pour chaque site étudié sur l'année 2017 (données horaires) 14
Figure 10 : Moyennes journalières des concentrations en PM_{10} et des fractions issues de la combustion de bois et de la combustion de fuels fossiles 15
Figure 11 : Évolution des concentrations moyennes annuelles en BC_{total}, $BC_{wood\ burning}$ et $BC_{fossil\ fuel}$ depuis 2015 pour les trois stations pérennes 16
Figure 12 : Schéma explicatif du diagramme en boîte 19
Figure 13 : Évolution des moyennes horaires des concentrations en PM_{10} et des fractions issues de la combustion de bois et de la combustion de fuels fossiles ainsi que les roses des vents lors de jours identifiés comme ayant une spécificité pour les sites de (a) Port-de-Bouc/La Lèque, (b) Marseille/Cinq Avenues et (c) Nice/Arson 21

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.

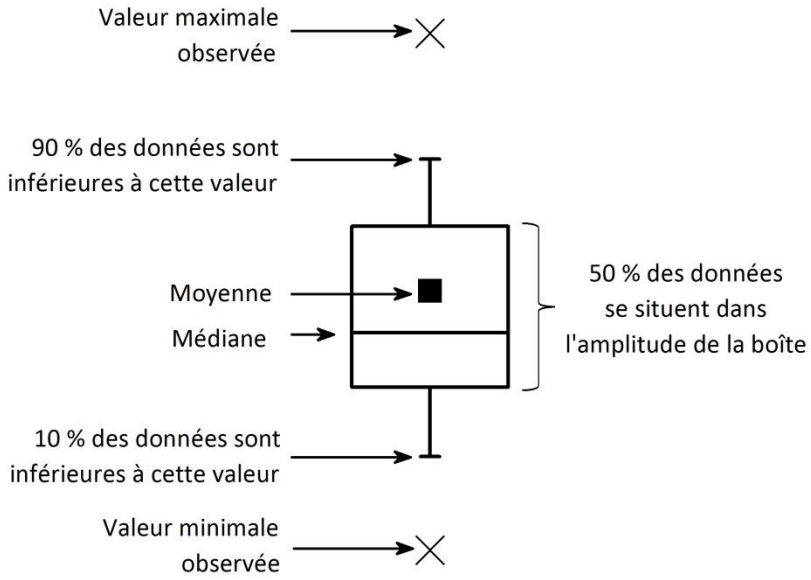
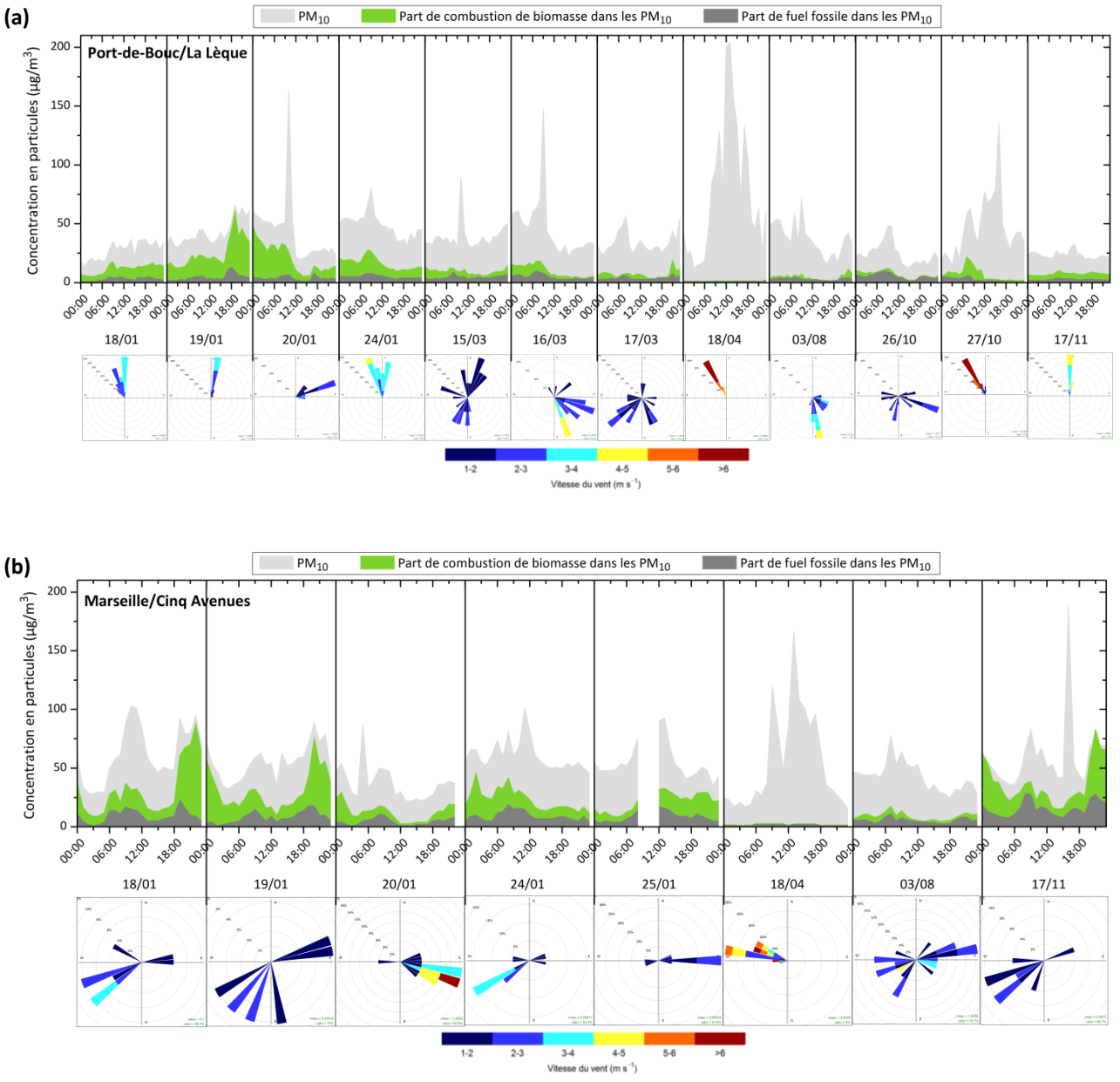


Figure 12 : Schéma explicatif du diagramme en boîte

ANNEXE 2 : Épisodes de pollution enregistrés en 2017

La Figure 13 présente l'évolution des moyennes horaires des concentrations en PM_{10} et des fractions issues de la combustion de la biomasse et de la combustion de fuel fossile. La fréquence et la vitesse des vents (données horaires) y est également associée pour chaque journée.



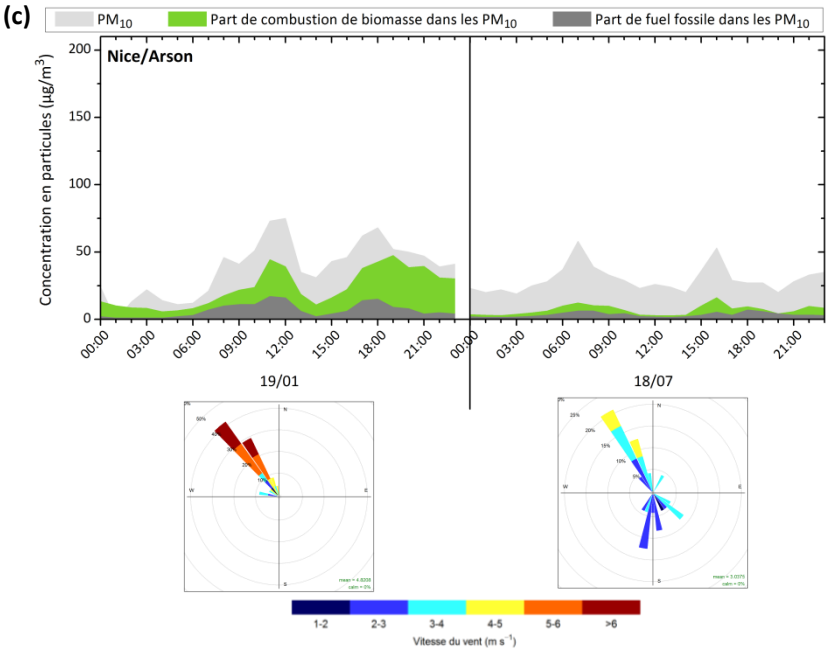


Figure 13 : Évolution des moyennes horaires des concentrations en PM_{10} et des fractions issues de la combustion de bois et de la combustion de fuel fossile ainsi que les roses des vents lors de jours identifiés comme ayant une spécificité pour les sites de (a) Port-de-Bouc/La Lèque, (b) Marseille/Cinq Avenues et (c) Nice/Arson

ANNEXE 3 : Bibliographie

Bodhaine, B.A., 1995. Aerosol absorption measurements at Barrow, Mauna Loa and the south pole. J. Geophys. Res. 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.

El Haddad, I., Marchand, N., Dron, J., Temime-Roussel, B., Quivet, E., Wortham, H., Jaffrezo, J.L., Baduel, C., Voisin, D., Besombes, J.L., Gille, G., 2009. Comprehensive primary particulate organic characterization of vehicular exhaust emissions in France. Atmos. Environ. 43, 6190–6198.

Favez, O., El Haddad, I., Piot, C., Boréave, A., Abidi, E., Marchand, N., Jaffrezo, J.-L., Besombes, J.-L., Personnaz, M.-B., Sciare, J., Wortham, H., George, C., D'Anna, B., 2010. Inter-comparison of source apportionment models for the estimation of wood burning aerosols during wintertime in an Alpine city (Grenoble, France). Atmos Chem Phys 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. J. Atmospheric Chem. 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 Meas. Tech. 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. J. Geophys. Res. 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. Part. Fibre Toxicol. 3, 1.

Laschober, C., Limbeck, A., Rendl, J., Puxbaum, H., 2004. Particulate emissions from on-road vehicles in the Kaisermühlen-tunnel (Vienna, Austria). Atmos. Environ. 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. Environ. Sci. Technol. 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. Atmos. Environ. 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. J. Geophys. Res. 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. Geophys. Res. Lett. 34.

Black Carbon

Au cours de l'année 2017, quatre Aethalomètres modèle AE33 ont permis la mesure du Black Carbon (BC) en continu sur les sites de Port-de-Bouc/La Lèque, Marseille/Cinq Avenues, Nice/Arson et un site mobile de proximité de la rocade L2 à Marseille. Ces appareils permettent de distinguer et de quantifier deux sources de Black Carbon : la fraction issue de la combustion de la biomasse et celle issue de combustions fossiles telles que le trafic routier. À partir de ces mesures de BC (réalisées directement par l'appareil), une contribution de ces deux fractions sur la masse des PM_{10} peut être identifiée grâce à l'utilisation de coefficients spécifiques.

Les mesures de BC réalisées au cours de l'année 2017 permettent de mettre en évidence des caractéristiques régionales mais également des distinctions entre les différents sites dues aux caractéristiques locales. En effet, le site de Nice/Arson présente les contributions aux PM_{10} de la combustion de la biomasse les plus importantes tandis que Marseille/Cinq Avenues est le site le plus influencé par la combustion de fuel fossile. De plus, les sites de Marseille/La Fourragère et Marseille/Kaddouz, permettant de mettre en évidence l'influence de la rocade L2 sur les concentrations en BC et PM, montrent des contributions de PM_{ff} plus importante que le site de Marseille/Cinq Avenues.

En outre, il a été montré une évolution journalière de BC_{wb} et BC_{ff} sur les différents sites rencontrés classiquement sur divers sites français et internationaux. Cette évolution présente deux augmentations de concentrations, l'une le matin et l'autre le soir. Si ces deux élévations des concentrations pour la combustion de fuel fossile sont globalement similaires pour les différentes saisons et le matin et le soir, du fait du trafic routier, elles sont différentes en ce qui concerne la combustion de la biomasse. En effet, cette source, présente de manière très importante en hiver génère une hausse des concentrations en cette période de l'année et notamment le soir du fait d'une augmentation de l'utilisation du chauffage résidentiel en cette période.

Les conditions météorologiques jouent un rôle également important dans les concentrations en BC mesurées, et ce quel que soit le site de mesure. En effet, lors de conditions très stables, il y a accumulation des polluants, visible par une hausse des concentrations en BC. De plus, lors de vent modéré à fort, une hausse des concentrations peut être observée et la direction du vent peut donner une information de l'origine du BC.

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR
www.airpaca.org

Siège social
146, rue Paradis
« Le Noilly Paradis »
13294 Marseille Cedex 06
Tél. 04 91 32 38 00
Télécopie 04 91 32 38 29

Établissement de Martigues
Route de la Vierge
13500 Martigues
Tél. 04 42 13 01 20
Télécopie 04 42 13 01 29

Établissement de Nice
333, Promenade des Anglais
06200 Nice
Tél. 04 93 18 88 00
Télécopie 04 93 18 83 06

Responsable de publication : Florie Chevrier - Publication : Mai 20188

Photos : Archives Air PACA