



Caractérisation des Particules en suspension sur la zone des Groues à Orléans

2019-2020

Rapport final

Réf :
ETU_CPM_Groues_2019

Septembre 2020



Surveillance de la qualité de l'air
en région Centre-Val de Loire

AVERTISSEMENT

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments en un instant caractérisé par des conditions climatiques propres.

Ce rapport d'études est la propriété de Lig'Air. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Lig'Air.

Lig'Air ne saurait être tenue pour responsable des évènements pouvant résulter de l'interprétation et/ou l'utilisation des informations faites par un tiers.

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT	2
TABLE DES MATIÈRES.....	3
GLOSSAIRE.....	4
Introduction et contexte de l'étude	5
I - Description de l'étude.....	6
A. Polluants suivis et instrumentation	6
1- Ozone.....	6
2- Oxydes d'azote	6
3- Particules en suspension	6
4- La réglementation	8
B. Site de prélèvement	9
C. Périodes de mesures	11
II – Résultats	11
A. L'ozone	12
B. Le dioxyde d'azote	12
C. Les particules en suspension	13
D. Le carbone suie	17
E. La composition chimique	21
Conclusion	25
Annexes :	27
A. Evolution horaire des particules :	27
B. Particules liées à la combustion :	28
C. Dates de prélèvements des filtres pour la caractérisation des particules :	28
D. Bilan de masse :	29
E. Bilan de masse détaillé par filtre	30

GLOSSAIRE

AASQA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

ARS : Agence Régionale de Santé

Combustion Biomasse : ce terme regroupe toutes les installations utilisant la biomasse comme source d'énergie (chaufferies individuelles ou non utilisant de la biomasse, cheminées des particuliers). Ainsi ce terme ne désigne pas la chaufferie des Groupes mais toute source de combustion basée sur la biomasse dans ce rapport.

LQ : Limite de Quantification

OMS : Organisation mondiale de la santé

PM : particules en suspension dans l'air

PM_{wb} : Particules en suspension dont l'origine est la combustion de la biomasse

PM_{ff} : Particules en suspension dont l'origine est la combustion d'hydrocarbures

VL : Valeur Limite

VLE : Valeur Limite d'Exposition

Introduction et contexte de l'étude

L'évaluation de la qualité de l'air dans l'environnement proche de la chaufferie des Groues a été réalisée en 2016¹ dans le cadre du Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air de la région Centre-Val de Loire (PRSQA). Après une année de mesures, l'étude a montré que les niveaux des polluants surveillés (particules en suspension PM₁₀, ozone O₃, oxydes d'azote NO_x, dioxyde de soufre SO₂, benzène Bz et Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques HAP) sont restés inférieurs aux valeurs limites réglementaires et qu'ils sont du même ordre de grandeur que ceux enregistrés sur les autres stations de l'agglomération orléanaise.

L'étude avait conclu, en outre, que dans un souci d'amélioration des connaissances sur la granulométrie et la caractérisation chimique des particules présentes en air ambiant, des mesures complémentaires seraient souhaitables les années suivantes.

Suite à la demande d'Orléans Métropole qui souhaitait mener une étude axée sur les particules en suspension en air ambiant dans l'environnement de la chaufferie biomasse des Groues, Lig'Air a proposé le déploiement d'une instrumentation spécifique à la granulométrie et à la caractérisation chimique des particules. Cette instrumentation a été installée sur un site susceptible d'être impacté par la chaufferie. Ce dernier a été déterminé par modélisation lors de l'étude réalisée en 2016¹. Au cours de deux campagnes de mesures, l'une au printemps 2019, l'autre en hiver 2020, Lig'Air a mis en place un dispositif de surveillance des polluants de la qualité de l'air sur la zone des Groues à Orléans. Cette étude sur 2019 et 2020 a permis en outre d'approcher la caractérisation chimique des particules ainsi que le pourcentage de présence de ces particules en fonction de leur taille. L'un des traceurs de la combustion biomasse (le lévoglucosan) a aussi été recherché.

A noter pour la suite du rapport que le terme combustion biomasse regroupe toutes les installations utilisant la biomasse comme source d'énergie (chaufferies individuelles ou non utilisant de la biomasse, cheminées des particuliers). Ainsi ce terme ne désigne pas la chaufferie des Groues mais toute source de combustion basée sur la biomasse dans ce rapport.

Le présent document regroupe les résultats de ces deux campagnes de mesures.

Surveillance de la qualité de l'air - Zone des Groues Saint-Jean-de-la-Ruelle Agglomération Orléans-Val de Loire - Année 2016 -
http://www.ligair.fr/media/docutheque/Rapport_St_Jean_Ruelle_2016_VF.pdf

I - Description de l'étude

L'étude a pour objectif de réaliser des mesures de caractérisation des particules en suspension dans l'air ambiant autour de la chaufferie des Groues sur une durée de 2 fois 1 mois.

A. Polluants suivis et instrumentation

1- Ozone

L'ozone qui, en basse atmosphère (entre 0 et 10 km d'altitude), est un polluant dit secondaire résultant de la transformation photochimique de polluants primaires (NO₂, Composés Organiques Volatils) sous l'effet de rayonnements ultraviolets solaires.

Ce polluant a été surveillé de manière automatique et en continu durant les 2 campagnes de surveillance.

2- Oxydes d'azote

Parmi les oxydes d'azote, seul le composé dioxyde d'azote est réglementé.

Le dioxyde d'azote est principalement issu du trafic automobile (60% en région Centre-Val de Loire), de l'agriculture et des installations de combustion. Il résulte principalement de la combinaison à très hautes températures de l'oxygène de l'air et de l'azote. Le monoxyde d'azote (NO) se transforme rapidement en dioxyde d'azote (NO₂) en présence d'oxydants atmosphériques tels que l'ozone et les radicaux libres RO₂.

Ce polluant a été surveillé de manière automatique et en continu durant les 2 campagnes de surveillance.

3- Particules en suspension

Les particules en suspension dans l'air ambiant sont des systèmes solides et/ou liquides de taille variable (de quelques nanomètres à une centaine de micromètres). Leur composition peut être très variable en fonction de leur origine et présente une dangerosité différente suivant les espèces qui les constituent. Les particules les plus fines sont les plus dangereuses pour l'Homme. En effet plus la particule est petite, plus elle pourra pénétrer en profondeur dans l'appareil respiratoire.

Approche granulométrique :

Cette étude est axée sur les particules les plus fines et en particulier les PM_{2.5}. Les particules PM₁₀ sur lesquelles la réglementation est basée ont aussi été mesurées. Au total, 4 tranches granulométriques ont été étudiées :

Particules de taille inférieure à 1 µm

- Particules de taille comprise entre 1 et 2,5 µm
- Particules de taille comprise entre 2,5 et 4 µm
- Particules de taille comprise entre 4 et 10 µm



Figure 1: Appareil Fidas de mesure de particules en suspension de différentes tailles

Le comptage des particules ainsi que les masses de chaque fraction granulométrique ont été réalisés en continu à l'aide d'un préleveur Fidas (figure 1) qui mesure la taille et la masse des particules à l'aide d'un faisceau laser.

La fraction carbonée :

Le carbone suie, traceur des sources de combustion, peut représenter une part variable des particules en suspension. La part massique du carbone suie présente dans les PM_{2,5} a été suivie en continu à l'aide d'un Aethalomètre multi-longueurs d'onde de type AE33 (figure 2).



Figure 2 : Aethalomètre multi-longueurs d'onde AE33

Le comportement atmosphérique de ce paramètre permet d'approcher l'importance des sources de combustion dans la composition des particules.

Composition chimique et traceur de la biomasse :

Contrairement aux autres analyses qui sont réalisées en continu et qui fournissent des résultats à l'échelle horaire, la composition chimique des particules a été réalisée sur un pas de temps journalier à raison d'un prélèvement tous les 3 jours pendant 4 semaines. Ces prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un préleveur haut volume (60 m³/h) (figure 3).



Figure 3 : Appareil de prélèvement de particules sur filtre pour la caractérisation chimique des particules

Les filtres récupérés quotidiennement ont été envoyés à un laboratoire spécialisé dans l'analyse de la composition chimique des particules afin de rechercher le principal traceur de la combustion de la biomasse : le levoglucosan. Ce dernier polluant, ainsi que le mannosan et galactosan, sont des sucres formés pendant la combustion de la cellulose.

Les composés suivants ont également été recherchés :

- des anions : chlorure (Cl^-) ; sulfate (SO_4^{2-}) ; nitrate (NO_3^-) ;
- des cations : sodium (Na^+) ; ammonium (NH_4^+) ; potassium (K^+) ; magnésium (Mg^{2+}) ; calcium (Ca^{2+}) ;
- des matières carbonées : carbone organique (OC) ; carbone élémentaire (EC).

Avec l'ensemble de ces analyses, la majorité des espèces constituant la fraction PM_{2,5} seront identifiées afin d'approcher l'origine de ces particules.

4- La réglementation

Des directives européennes réglementent les niveaux maximaux pour plusieurs polluants en air extérieur. En France, ces directives européennes sont transposées sous forme de décret. Le tableau suivant regroupe les valeurs réglementaires européennes et françaises des polluants surveillés dans le cadre de cette étude.

Polluant	Valeurs limites ou valeur cible	Seuil d'information et de recommandations	Seuil d'alerte	Valeur recommandée par l'OMS
Particules en suspension PM ₁₀	<u>En moyenne annuelle</u> 40 µg/m ³ <u>En moyenne journalière</u> 50 µg/m ³ , à ne pas dépasser plus de 35 jours/an	<u>En moyenne horaire</u> : 50 µg/m ³	<u>En moyenne horaire</u> : 80 µg/m ³	<u>En moyenne annuelle</u> 20 µg/m ³ <u>En moyenne journalière</u> 50 µg/m ³
Particules en suspension PM _{2,5}	<u>En moyenne annuelle</u> 20 µg/m ³			<u>En moyenne annuelle</u> 10 µg/m ³ <u>En moyenne journalière</u> 25 µg/m ³
Dioxyde d'azote NO ₂	<u>En moyenne annuelle</u> 40 µg/m ³ <u>En moyenne horaire</u> 20 µg/m ³ , à ne pas dépasser plus de 18 heures/an	<u>En moyenne horaire</u> : 200 µg/m ³	<u>En moyenne horaire</u> : 400 µg/m ³ dépassé pendant 3h consécutives 200 µg/m ³ si dépassement de ce seuil la veille et risque de dépassement de ce seuil le lendemain.	<u>En moyenne annuelle</u> 40 µg/m ³ <u>En moyenne horaire</u> 200 µg/m ³
Ozone O ₃	-	<u>En moyenne horaire</u> : 180 µg/m ³	<u>En moyenne horaire</u> : 240 µg/m ³ Mise en œuvre progressive des mesures d'urgence <u>En moyenne horaire</u> : 1 ^{er} seuil : 240 µg/m ³ dépassé pendant 3h consécutives 2 ^{ème} seuil : 300 µg/m ³ dépassé pendant 3h consécutives 3 ^{ème} seuil : 360 µg/m ³	<u>En moyenne sur 8 heures</u> 100 µg/m ³

Tableau 1: seuils réglementaires en air extérieur

La durée des campagnes de mesures ne permet pas d'établir une moyenne annuelle pour les différents polluants surveillés, cependant elles peuvent donner une indication sur les ordres de grandeurs de cette valeur. La comparaison avec les seuils réglementaires se fera principalement sur les seuils horaires ou journaliers lorsqu'ils existent.

B. Site de prélèvement

L'ensemble des analyseurs cités ci-dessus ont été placés dans une station mobile (figure 4) ou à côté pour le préleveur de caractérisation chimique des particules.



Figure 4 : Moyen mobile de Lig'Air

Pour déterminer l'emplacement du site, Lig'Air a évalué les concentrations moyennes annuelles en particules en suspension PM_{10} pour déterminer les zones d'impact de la chaufferie par la réalisation d'une modélisation haute résolution (carte 1) pendant l'étude de 2016.

Les principales zones d'impact se situent au sud-ouest (Saint-Jean-de-la-Ruelle – Z1) et au nord-est de la chaufferie (Z2). Ces zones d'impact sont localisées par rapport à l'orientation des vents dominants, de direction nord-est et sud-ouest. Les vents de sud-ouest présentent généralement des intensités élevées accompagnés de précipitations favorisant une dispersion des polluants et donc engendrant de faibles concentrations. A l'inverse, les vents de nord-est sont observés pendant des situations anticycloniques caractérisées par une forte stabilité atmosphérique favorisant l'accumulation des polluants. Par conséquent, la zone Z1 a été classée prioritaire et a été étudiée en 2016. Pour l'étude 2019, ce sera la zone Z2 qui sera investiguée.



Figure 5: Localisation des zones d'impact de la chaufferie

En se basant sur l'étude menée par Lig'Air en 2016, et en concertation avec Orléans Métropole, un site a été déterminé pour l'installation du moyen mobile : le parking de la salle d'escrime D'ORIOLA (figures 6 et 7)



Figure 6 : site d'implantation de la station mobile de Lig'Air en 2019-2020



Figure 7 : Dispositif de surveillance installé sur la zone des Groues en 2019 et 2020

C. Périodes de mesures

Le plan de surveillance proposé (figure 8) est axé autour de 2 périodes de mesures : l'une en mars-avril 2019 et la seconde en janvier-février 2020. Chaque campagne a duré au moins quatre semaines.

En premier lieu, une phase de recherche du site a été nécessaire. Le planning a évolué par rapport à la proposition initiale. En effet, la seconde campagne de surveillance devait se dérouler en novembre-décembre 2019. Mais afin d'étudier une période plus propice à des niveaux importants en particules en suspension, cette seconde campagne a été décalée à janvier-février 2020.

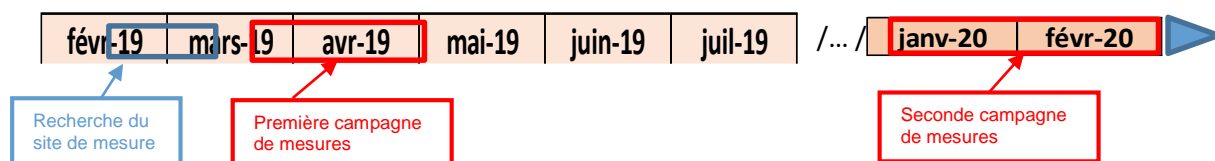


Figure 8 : planning du dispositif de surveillance de la qualité de l'air sur la zone des Groues en 2019 et 2020

- ✓ Campagne printanière : du 25 mars au 3 mai 2019. A noter que la chaufferie biomasse était en arrêt du début de cette campagne jusqu'au 3 avril 2019.
- ✓ Campagne hivernale : du 10 janvier au 02 mars 2020

II – Résultats

Les mesures faites à partir du moyen mobile de Lig'Air seront comparées tout au long de ce chapitre aux concentrations obtenues sur les sites fixes et permanents du réseau de surveillance de Lig'Air (cf. figure 9) :

- Station urbaine trafic de Gambetta
- Station urbaine de fond de La Source CNRS
- Station urbaine de fond de Saint-Jean-de-Braye
- Station périurbaine de Marigny-les-Usages

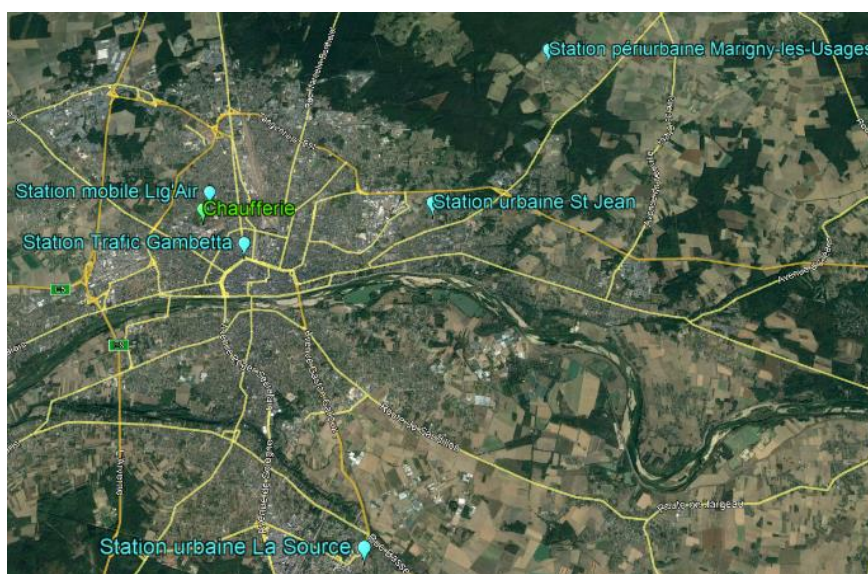


Figure 9 : Réseau de surveillance permanent sur l'agglomération orléanaise et moyen mobile sur la zone des Groues

A. L'ozone

Les résultats des deux campagnes de mesures sont comparés aux sites fixes et permanents implantés par Lig'Air sur l'agglomération orléanaise à savoir le site urbain de fond de La Source CNRS et le site périurbain de Marigny-les-Usages (cf. tableau 2).

Station	Printemps		Hiver	
	Moyenne	Maximum horaire	Moyenne	Maximum horaire
Zone des Groues	71 µg/m ³	147 µg/m ³ le 20/04/19	52 µg/m ³	86 µg/m ³ le 29/02/20
Marigny-les-Usages	74 µg/m ³	140 µg/m ³ le 20/04/19	56 µg/m ³	90 µg/m ³ le 29/02/20
La Source CNRS	74 µg/m ³	147 µg/m ³ le 20/04/19	57 µg/m ³	91 µg/m ³ le 29/02/20

Tableau 2 : niveaux d'ozone (O₃) en µg/m³ mesurés sur la zone des Groues du 25/03 au 03/05/19 et du 10/01 au 02/03/20.

Les niveaux d'ozone aux Groues sont similaires à ceux obtenus sur les 2 sites fixes. Le comportement de ce polluant est classique pour une station urbaine de fond. De plus les maxima horaires sont restés inférieurs au seuil d'information et de recommandations (fixé à 180 µg/m³, cf. tableau 1) pour ce polluant. Ces concentrations correspondent à des niveaux conformes aux normales de saison (que ce soit pour la campagne printanière ou pour la campagne hivernale). Par conséquent, les 2 sites fixes de Lig'Air sur Orléans Métropole sont largement suffisants pour la surveillance de ce polluant. Autrement dit, un dépassement en ozone sur ce site ne peut se faire sans qu'il soit détecté sur au moins l'un des 2 autres sites.

B. Le dioxyde d'azote

Tout comme l'ozone, les mesures de dioxyde d'azote ont été comparées aux sites urbains de fond de La Source CNRS et de Saint-Jean-de-Braye ainsi qu'au site urbain trafic de Gambetta (cf. tableau 3).

Station	Printemps		Hiver	
	Moyenne	Maximum horaire	Moyenne	Maximum horaire
Gambetta	32 µg/m ³	104 µg/m ³ le 19/04/19	24 µg/m ³	110 µg/m ³ le 29/01/20
Zone des Groues	14 µg/m ³	112 µg/m ³ le 19/04/19	14 µg/m ³	71 µg/m ³ le 29/01/20
Saint-Jean-de-Braye	12 µg/m ³	76 µg/m ³ le 23/04/19	11 µg/m ³	64 µg/m ³ le 29/01/20
La Source CNRS	10 µg/m ³	64 µg/m ³ le 30/03/19	9 µg/m ³	49 µg/m ³ le 05/02/20

Tableau 3 : niveaux de dioxyde d'azote (NO₂) en µg/m³ mesurés sur la zone des Groues du 25/03 au 03/05/19 et du 10/01 au 02/03/20.

Le dioxyde d'azote mesuré sur la zone des Groues a un comportement général classique d'un site urbain de fond. Les niveaux moyens sont comparables à ceux de Saint-Jean-de-Braye et de La Source_CNRS. Même si les concentrations les plus élevées sont du même ordre de grandeur que le site urbain trafic de Gambetta, ces mesures restent toutefois inférieures aux seuils réglementaires (seuil d'information à 200 µg/m³, cf. tableau 1). De la même manière que pour l'ozone, un dépassement de seuil en NO₂ ne peut pas s'observer sur ce site tant que l'un des 3 sites fixes ne l'ai détecté.

C. Les particules en suspension

Les tableaux 4 et 5 regroupent les principales statistiques concernant les mesures de particules PM₁₀ et PM_{2,5} mesurés sur la zone des Groues et sur les sites fixes et permanents de Lig'Air (Gambetta, La Source CNRS et Saint-Jean-de-Braye). Globalement, les niveaux moyens de particules sont du même ordre de grandeur sur l'ensemble des sites de l'agglomération orléanaise pendant les 2 campagnes de surveillance. Ceci illustre une certaine homogénéité dans le comportement de ces polluants sur une même zone.

Particules PM ₁₀				
Station	Printemps		Hiver	
	Moyenne	Maximum journalier	Moyenne	Maximum journalier
Gambetta	22 µg/m ³	44 µg/m ³ le 28/03/19	18 µg/m ³	70 µg/m ³ le 25/01/20
Zone des Groues	19 µg/m ³	40 µg/m ³ le 28/03/19	14 µg/m ³	76 µg/m ³ le 25/01/20
La Source CNRS	15 µg/m ³	33 µg/m ³ le 28/03/19	13 µg/m ³	57 µg/m ³ le 25/01/20

Tableau 4 : niveaux de particules PM₁₀ en µg/m³ mesurés sur la zone des Groues du 25/03 au 03/05/19 et du 10/01 au 02/03/20.

Particules PM _{2,5}				
Station	Printemps		Hiver	
	Moyenne	Maximum journalier	Moyenne	Maximum journalier
Zone des Groues	14 µg/m ³	33 µg/m ³ le 28/03/19	10 µg/m ³	68 µg/m ³ le 25/01/20
Saint Jean de Braye	14 µg/m ³	29 µg/m ³ le 01/05/19	10 µg/m ³	54 µg/m ³ le 25/01/20

Tableau 5 : niveaux de particules PM_{2,5} en µg/m³ mesurés sur la zone des Groues du 25/03 au 03/05/19 et du 10/01 au 02/03/20.

Au cours de cette campagne printanière, les mesures de particules réalisées sur la zone des Groues sont globalement similaires aux concentrations mesurées sur le site urbain trafic de Gambetta et sont restées inférieures au seuil d'information et recommandations en PM₁₀. La figure 10 met en évidence cette tendance qui se retrouve tout au long de la campagne.

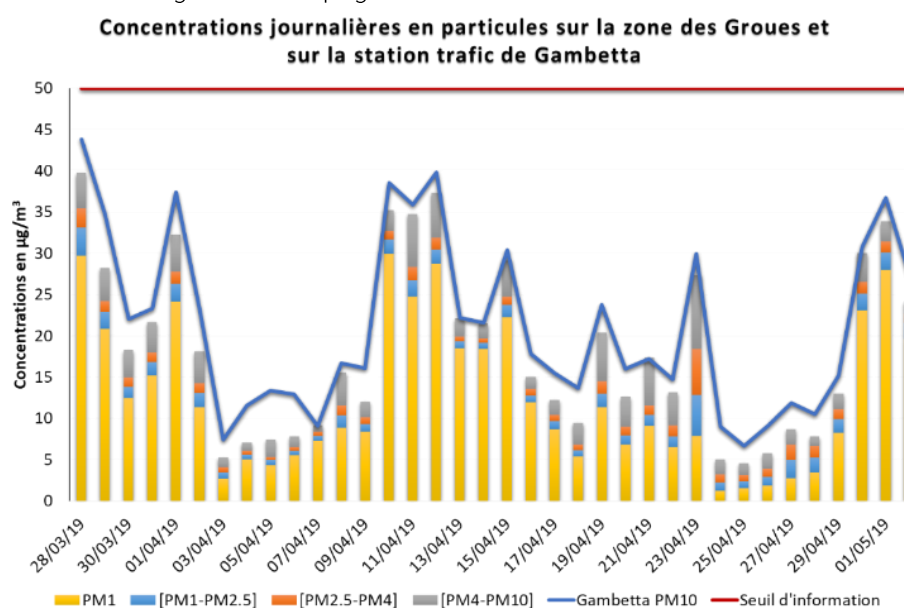


Figure 10 : concentrations journalières en particules sur la zone des Groues et sur le site urbain trafic de Gambetta au printemps 2019

Pour rappel, jusqu'au 3 avril 2019, la chaufferie des Groues était à l'arrêt. Les mesures en particules faites du 28 mars au 3 avril 2019, ne montrent pas des niveaux plus faibles qu'en dehors de cette période. Au contraire, les concentrations enregistrées sont plus importantes que celles mesurées du 4 au 9 avril 2019. Puis du même ordre de grandeur sur le reste de cette première campagne. Ceci induit qu'entre ces 2 périodes, c'est plus les conditions météorologiques qui ont gouvernées les concentrations des PM que la présence de source. Par ailleurs ceci est confirmé par l'évolution horaire des niveaux observés dans l'environnement des Groues et ceux enregistrés à la station Gambetta pour les PM₁₀ et à la station St Jean de Braye pour les PM_{2,5} (annexe A)

Au cours de la seconde campagne de mesures, les niveaux moyens en particules sont légèrement inférieurs à ceux de la première campagne. Par contre cette période de surveillance a été marquée par un épisode de pollution aux particules qui a touché toute l'agglomération orléanaise. En effet les 24 et 25 janvier 2020, les concentrations en particules ont fortement augmenté sur tous les sites de mesures de Lig'Air. Et des niveaux supérieurs au seuil d'information et de recommandations (50 µg/m³ en moyenne journalière) ont été enregistrés sur ces sites (cf. figure 11 et tableau 4). Faisons remarquer que malgré la présence de cet épisode de pollution en période hivernale, les concentrations moyennes sont plus faibles par rapport à celles enregistrées en période printanière. Ceci peut être expliqué par une augmentation du niveau de fond en cette période due au démarrage de l'activité agricole, moins importante voir absente en période hivernale

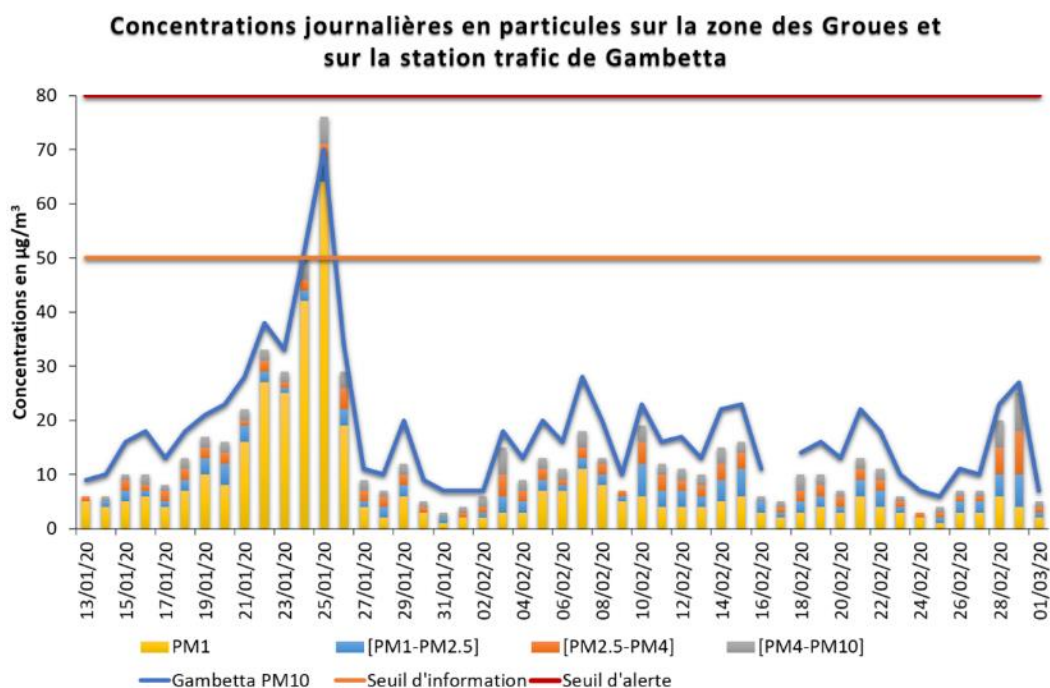


Figure 11 : concentrations journalières en particules sur la zone des Groues et sur le site urbain trafic de Gambetta en hiver 2020

Les particules les plus fines, c'est-à-dire de taille inférieure ou égale à 1 µm représentent en moyenne plus de 50% des particules de taille inférieure ou égale à 10 µm (cf. figures 10 et 11). Toutefois cette part passe à plus de 80% lors de l'épisode de pollution de janvier. Autrement dit, au cours de cet épisode de pollution, les particules

les plus fines et donc les plus dangereuses pour la santé constituaient la très grande majorité des particules dans l'air ambiant.

Zoom sur l'épisode de pollution aux particules :

L'épisode de pollution du 25 janvier 2020 fut un épisode de courte durée mais qui a impacté plusieurs grandes agglomérations de France et pour la région Centre-Val de Loire, les départements du Loir-et-Cher et du Loiret (figure 12). Cet épisode très localisé entre Orléans et Blois pour la région Centre-Val de Loire est dit hivernal. Il se caractérise par des concentrations en particules majoritairement d'origine carbonée (issues de la combustion du chauffage et/ou des moteurs des véhicules). Ces émissions associées à des conditions météorologiques favorables à une accumulation de la pollution (situation anticyclonique stable, inversion de température) ont engendré une forte augmentation des concentrations en particules dans l'air ambiant sur cette journée.

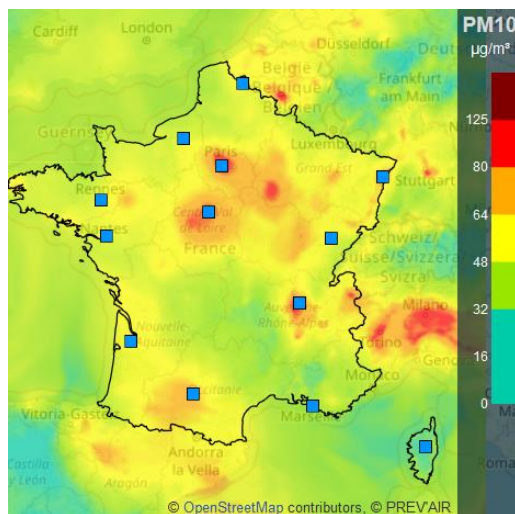


Figure 12 : concentrations en particules PM₁₀ en France le 25 janvier 2020 (Source : Prévair/Open StreetMap contributors)

Les mesures de particules de taille inférieure à 2,5 µm (PM_{2,5}) réalisées sur les sites de Saint-Jean-de-Braye et sur la zone des Groupes sont regroupées sur les figures 13 et 14, respectivement pour la campagne printanière et pour la campagne hivernale. Les résultats sont très homogènes entre les deux sites. En dehors de l'épisode du 25 janvier 2020, les niveaux de particules PM_{2,5} sont faibles.

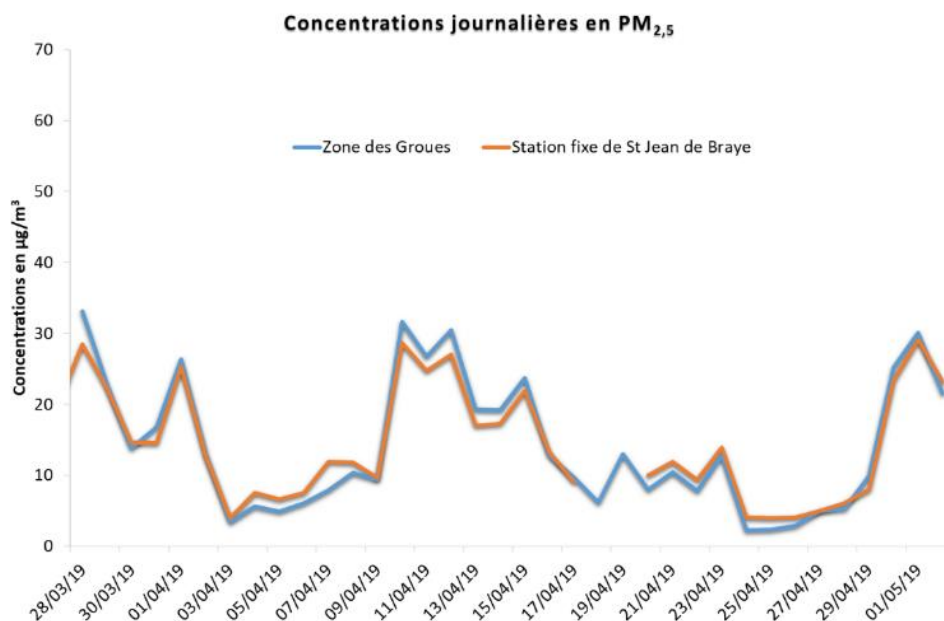


Figure 13 : concentrations journalières en particules (PM_{2,5}) sur la zone des Groupes et sur le site urbain de fond de Saint-Jean-de-Braye au printemps 2019

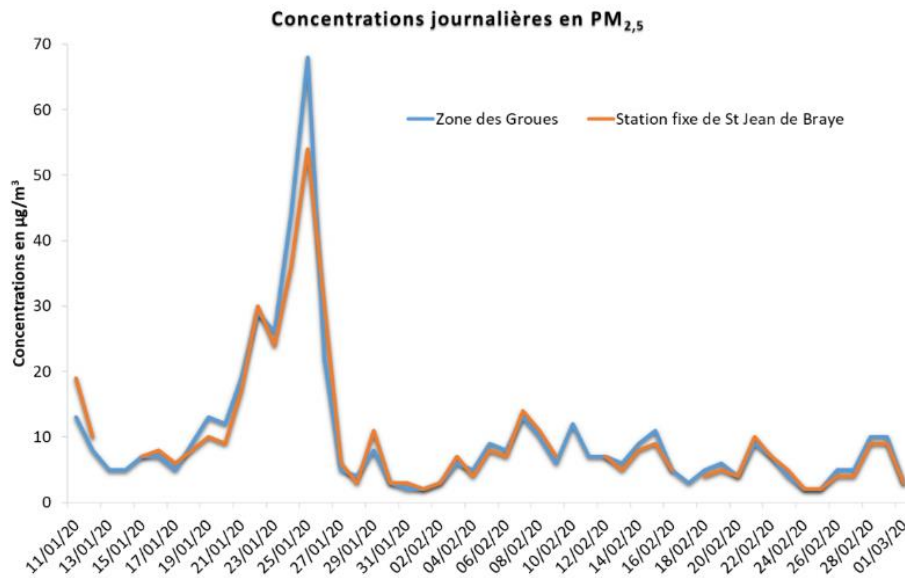


Figure 14 : concentrations journalières en particules (PM_{2,5}) sur la zone des Groues et sur le site urbain de fond de Saint-Jean-de-Braye en hiver 2020

Tout comme pour les précédents polluants, les mesures de particules réalisées au printemps 2019 et en hiver 2020, sont conformes aux normales de saison. De plus, les profils entre le site des Groues et les autres sites urbains de l'agglomération sont très comparables en terme de moyennes horaires (annexe A) comme de moyennes journalières (figure 14). La position géographique du site des Groues (Nord-Ouest de l'agglomération) vis-à-vis du site d'Orléans-La Source (Sud de l'agglomération) peut expliquer la légère différence sur les concentrations en particules en suspension comme cela a aussi été montré lors de l'étude de 2016.

Pour être encore plus complet sur le comportement des différentes tailles de particules, le site des Groues a été comparé à celui du site de Blois (autre site permanent de Lig'Air équipé du même type d'appareil permettant la mesure de particules de différentes tailles) pendant la période hivernale. *Le site de Blois n'a été équipé de ce matériel qu'en janvier 2020.*

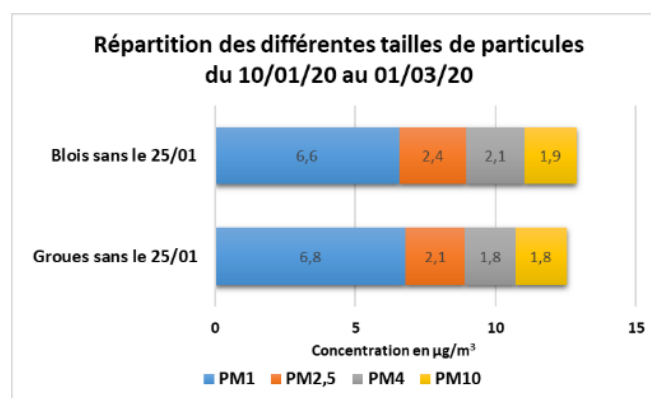


Figure 15 : répartition des différentes tailles de particules à Blois et Orléans-zone des Groues du 10 janvier au 01 mars 2020.

La figure 15 synthétise la répartition des différentes tailles de particules sur le site des Groues ainsi que celui de Blois. La journée du 25 janvier, journée marquée par un épisode de pollution à Orléans a été retirée pour comparer le comportement de fond. On remarque que la répartition est quasiment identique sur Blois ou Orléans. On en

conclut donc qu'il n'y a pas de répartition spécifique sur la zone des Groues durant la période surveillée de manière globale.

La figure 16 illustre cette même composition des particules sur le site urbain de Blois sur la même période. On constate que la répartition est globalement la même.

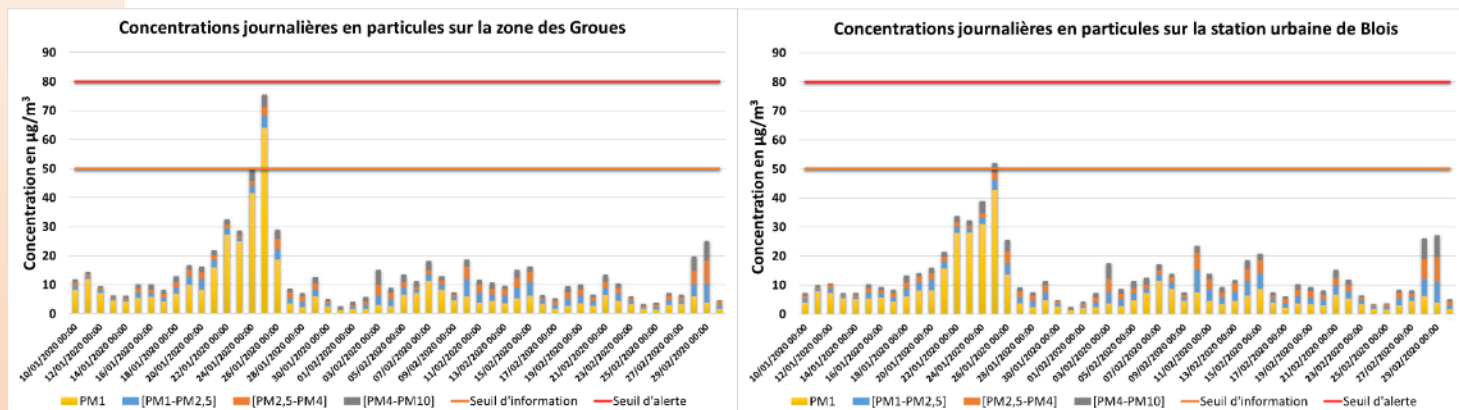


Figure 16 : concentrations journalières en particules sur la zone des Groues et sur le site urbain de fond de Blois en hiver 2020.

Ainsi, en regardant l'évolution des moyennes journalières (figure 16), le profil est identique entre les 2 sites, avec le maximum journalier de cette campagne hivernale le 25/01. Les 2 sites ont dépassé le seuil d'information.

En dehors de cet épisode, les niveaux en particules dans l'air sont semblables à ceux mesurés sur le site fixe de Blois. Ponctuellement, des niveaux de particules plus importants que sur les sites permanents de Lig'Air ont pu être mesurés sur le site des Groues d'Orléans. Toutefois, l'impact de ces pics de particules est faible et ne se ressent pas sur la majorité des niveaux journaliers (niveaux soumis à des valeurs réglementaires).

D. Le carbone suie

La fraction carbonée des particules a été suivie en continu au cours de cette campagne à l'aide d'un appareil aethalomètre multi longueurs d'onde AE33. A partir des mesures de cet appareil, il est possible d'estimer la contribution liée aux sources de combustion (combustion de la biomasse ou combustion des hydrocarbures) dans les particules présentes dans l'air (cf. « note technique du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) » éditée en août 2019 et « guide méthodologique pour la mesure du « Black Carbon » par aethalomètre multi longueurs d'onde AE33 dans l'air ambiant » du LCSQA de février 2018). Les formules de conversion sont disponibles en annexe A.

Ainsi l'estimation des fractions de particules liées à la combustion d'hydrocarbures et à la combustion de biomasse seront comparées aux concentrations de particules PM₁₀ pour les 2 campagnes de surveillance respectivement sur les figures 14 et 15.

Au printemps 2019, les sources de combustion représentent environ 20 % de la composition des particules en suspension (PM₁₀) (cf figure 15) dont moins de 10% sont liées au trafic automobile et 12% liées à la combustion de la biomasse. Cette contribution est peu variable durant cette première campagne où les niveaux de

particules sont restés faibles et ce notamment à cause de conditions météorologiques très favorables à une bonne qualité de l'air (vents soutenus et pluies abondantes ont permis un lessivage de l'atmosphère). Sur cette première campagne de surveillance, si l'on compare la période où la chaufferie est à l'arrêt (jusqu'au 3 avril 2019), on constate que la part de particules liées à la combustion de la biomasse n'est pas nulle. Ceci indique que cette zone contient des émissions issues du chauffage des particuliers utilisant la biomasse comme combustible.

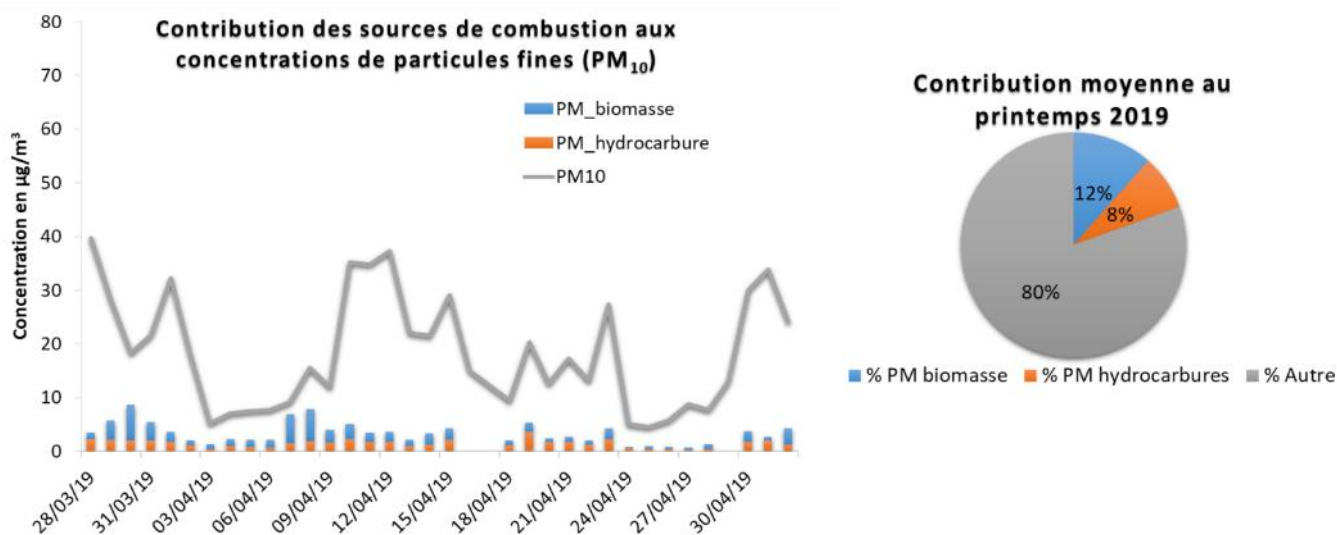


Figure 17 : contribution des sources de combustion (particules liées à la combustion du bois PM-biomasse et particules liées au trafic PM-hydrocarbure) aux concentrations de particules fines (PM₁₀) au printemps 2019. Evolution journalière (graphe de gauche) et bilan sur la campagne printanière (camembert de droite)

Si l'on regarde plus en détail le profil moyen horaire du carbone suie mesuré pendant la campagne printanière (figure 18), on constate un profil :

- semblable à celui des oxydes d'azote pour le profil du carbone suie issu des hydrocarbures, matérialisé par de maxima journaliers correspondant aux heures de pointes.
- plutôt plat pour le carbone suie issu de la combustion de la biomasse avec quelques fluctuations aux heures du matin et du soir. Sur ce profil, les effets du chauffage ne sont pas visibles. Ce profil traduit plus les effets météorologiques à cette période de l'année (la hauteur de couche d'inversion est plus faible la nuit et entraîne une dilution moins importante que dans la journée). Les concentrations ne sont pas gouvernées uniquement par les émissions mais dépendent également des conditions météorologiques et des imports extérieurs.

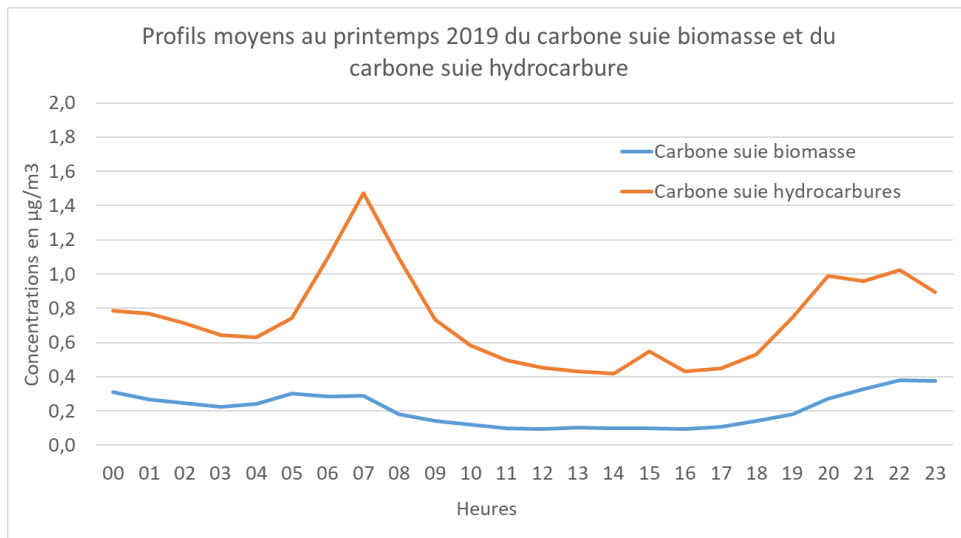


Figure 18 : profils moyens en carbone suie issu de la combustion de la biomasse et de la combustion des hydrocarbures au printemps 2019

Sur la période hivernale, du 10 janvier au 1^{er} mars 2020, les sources de combustion représentent une part plus importante avec près de 30% des particules en suspension (PM₁₀) (cf figure 16) dont moins de 7% sont liées au trafic automobile et 21% liées à la combustion de la biomasse. De manière globale, la part des particules liées à la combustion de la biomasse est logiquement plus importante à cette saison de l'année (comparativement à la campagne printanière).

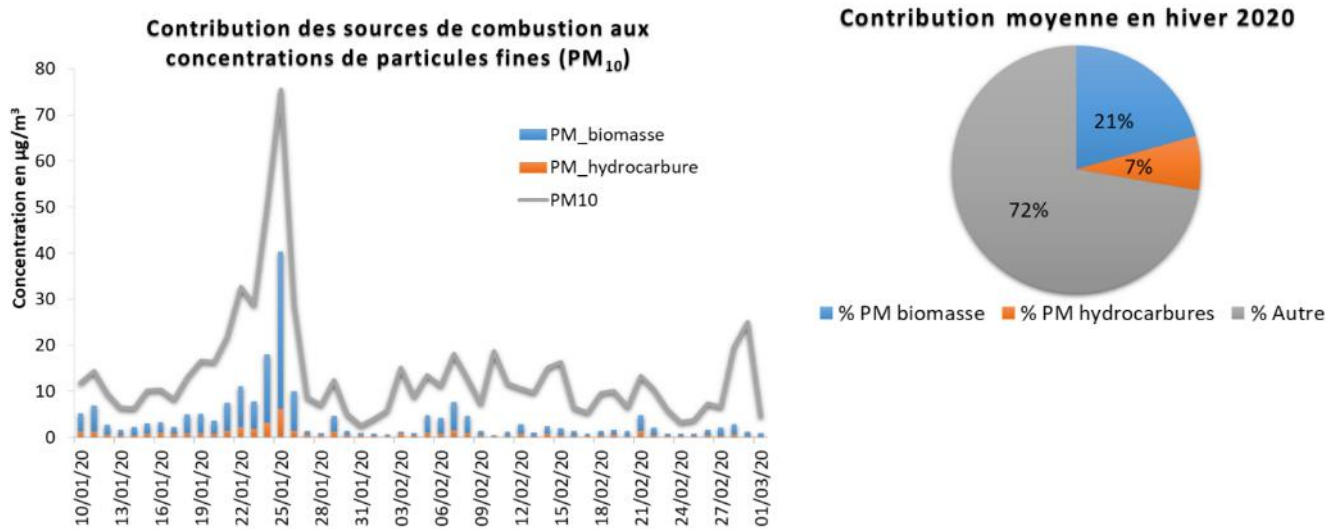


Figure 19 : contribution des sources de combustion (particules liées à la combustion du bois PM-biomasse et particules liées au trafic PM-hydrocarbures) aux concentrations de particules fines (PM₁₀) en hiver 2020. Evolution journalière (graphe de gauche) et bilan sur la campagne hivernale (camembert de droite)

Si l'on zoome sur la journée du 25 janvier 2020 (journée d'épisode de pollution aux particules), les particules liées à la combustion de la biomasse représentent 45% des particules PM₁₀ mesurées ce jour-là (cf. figure 17). Ainsi sur la journée du 25 janvier 2020, sur le site des Groues, la moitié des particules dans l'air avaient une origine liée à la combustion et très majoritairement liée à la combustion de la biomasse.

Contribution le samedi 25 janvier 2020

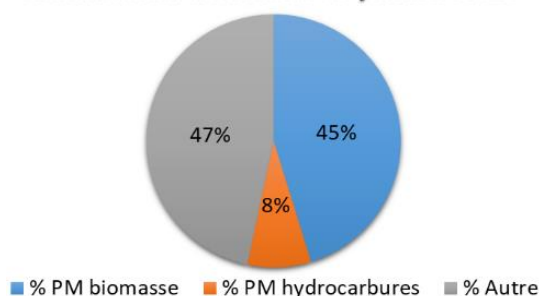


Figure 20 : contribution des particules liées à la combustion (combustion biomasse et combustion hydrocarbures) sur la zone des groues pour la journée du 25 janvier 2020

En période hivernale, les particules les plus présentes dans l'air sont souvent liées à la combustion et plus particulièrement à la combustion de la biomasse. En effet, la part d'émission en lien avec le chauffage est prépondérante en cette période de l'année.

Le profil horaire du carbone suie issu de la combustion de la biomasse montre une tendance différente que celle observée au printemps 2019 (figure 21). Nous observons une tendance inversée entre le carbone biomasse et le carbone hydrocarbure. Pendant la période hivernale, le niveau moyen du carbone suie biomasse est supérieur à celui issu des hydrocarbures (au printemps, situation inverse observée).

Le profil du carbone suie biomasse marque un maxima journalier en soirée et durant la nuit alors qu'il était plutôt plat pendant la période printanière. Traduisant ainsi une utilisation du bois énergie comme moyen de chauffage dans cette zone. La stabilité atmosphérique nocturne favorise l'accumulation des polluants primaires et participe par conséquent à l'augmentation des concentrations.

Pour le carbone suie issu de la combustion des hydrocarbures, le profil reste semblable à celui observé en période printanière, à savoir la présence des maxima aux heures de pointes.

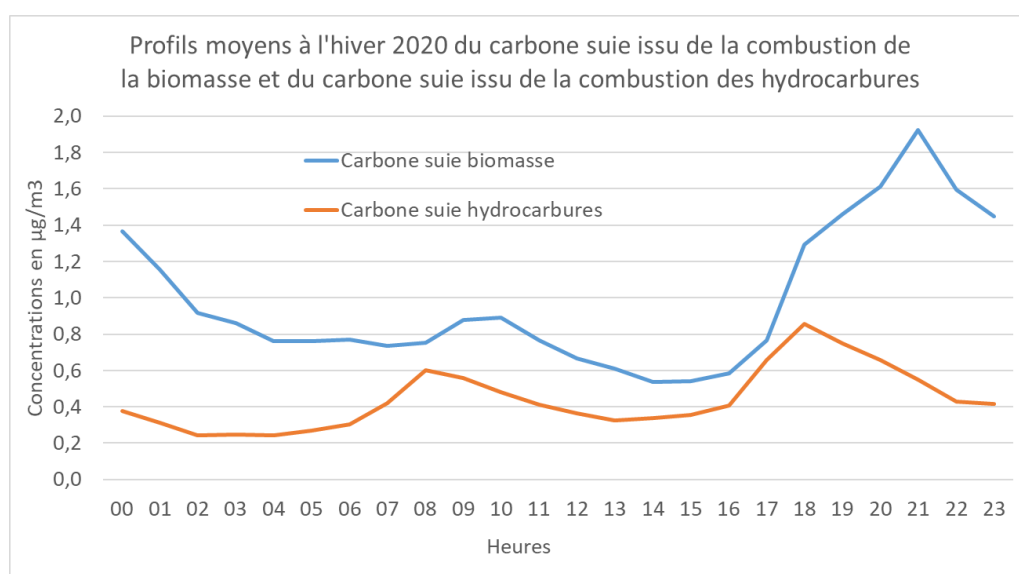


Figure 21 : profils moyens en carbone suie issu de la combustion de la biomasse et de la combustion des hydrocarbures en hiver 2020

E. La composition chimique

L'analyse chimique de prélèvement de particules sur filtre permet de compléter les informations obtenues à partir de l'aethalomètre. En effet, l'étude de ces prélèvements permet de reconstituer de manière plus détaillée la composition et l'origine des particules.

A l'inverse des autres polluants surveillés en continu durant toute la campagne, la caractérisation chimique résulte de prélèvements ponctuels réalisés sur filtre. Au total sur la campagne, 11 filtres ont été exposés au printemps et 11 filtres durant la campagne hivernale (cf annexe B : tableau des prélèvements de filtres).

A partir des analyses chimiques et des coefficients de conversion (cf. annexe C), un bilan de masse des composés analysés a été réalisé respectivement pour la première campagne (figure 18) et pour la seconde (figure 19). La composition filtre par filtre pour chaque campagne se trouve en annexe D.

Les compositions chimiques des particules des deux périodes de mesure sont très différentes. Au printemps, le sulfate et le nitrate d'ammonium (sulfates non marins, NH_4^+ , NO_3^-) représentent la principale catégorie de composés mesurés dans les particules (41%) (cf. figure 18). Ces composés dits secondaires résultent d'émissions liées à l'agriculture et au transport. Ce type de comportement est classique à cette période de l'année. En effet, au printemps les concentrations de nitrate d'ammonium sont régulièrement en augmentation et engendrent parfois des épisodes de pollution. Les conditions météorologiques favorables et les épandages d'engrais azotés sont la principale cause de cette pollution aux particules au printemps.

Zone des Groues - printemps 2019

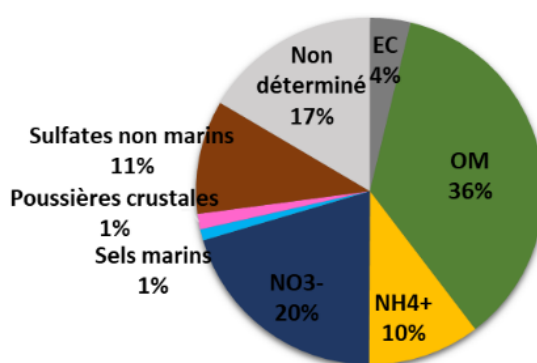


Figure 22 : composition moyenne des particules PM_{2,5} sur la zone des Groues au printemps 2019

Durant la campagne hivernale, les matières carbonées (EC et OM) représentent la catégorie majoritaire qui constitue les particules de cette période avec 53% (cf. figure 19). Là aussi, à cette période de l'année la combustion est la principale source des particules dans l'air et notamment celle du chauffage.

Zone des Groues - Hiver 2020

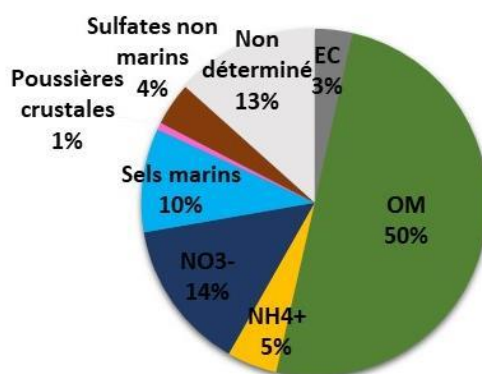


Figure 23 : composition moyenne des particules PM_{2,5} sur la zone des Groues en hiver 2020

Parmi ces matières carbonées, la matière organique (OM) est majoritaire sur la quasi-totalité des prélèvements (au printemps également). Cette matière organique est composée, entre autres, de traceurs qui ont été recherchés dans le cadre de cette étude :

- Des polyols (mannitol, sorbitol, arabitol) : traceurs d'émissions de sources biogéniques primaires (matière végétale, pollens,...) ;
- Des monosaccharides anhydrides (lévoglucosan, mannosan, galactosan) : traceurs spécifiques de la combustion biomasse car ils proviennent de la dégradation thermique de la cellulose).

Les concentrations de ces différents composés ainsi que les concentrations de la matière organique (OM) sont regroupées dans le tableau 6.

Ainsi, les polyols, traceurs d'émissions liées à la végétation, représentent moins d'1% de la matière organique en hiver comme au printemps. Les monosaccharides anhydrides, traceurs de la combustion biomasse représentent plus de 7% de la matière organique sur les deux périodes investiguées avec une part maximale à 11,5% sur le prélèvement du 25 janvier 2020.

	Unité : ng/m ³							
	Date	Matière organique OM	Polyols			monosaccharides anhydrides		
			Arabitol	Sorbitol	Mannitol	Levoglucosan	Mannosan	Galactosan
Printemps	26/03/2019	4646	1	0	<LD	533	25	14
	27/03/2019	5362	1	1	3	387	20	10
	31/03/2019	7304	2	1	7	534	24	9
	04/04/2019	3215	1	1	1	265	12	5
	08/04/2019	6430	2	1	<LQ	786	34	15
	12/04/2019	5614	1	0	<LD	267	14	7
	16/04/2019	6121	2	1	<LQ	575	28	13
	20/04/2019	4789	1	1	<LD	38	3	0
	24/04/2019	1662	<LD	1	<LD	33	1	0
	28/04/2019	1925	1	<LD	<LQ	196	8	3
02/05/2019	3863	1	1	<LD	187	8	3	
Hiver	13/01/2020	3342	3	0	1	199	15	7
	17/01/2020	3363	<LD	1	1	208	12	6
	21/01/2020	8850	2	1	8	667	53	24
	25/01/2020	37259	11	1	11	3892	257	135
	29/01/2020	4400	<LD	1	<LD	410	28	11
	02/02/2020	1819	<LD	0	<LD	63	4	<LD
	06/02/2020	5004	<LD	1	<LD	375	27	11
	10/02/2020	1374	<LD	1	<LD	44	<LD	<LD
	14/02/2020	2839	<LD	1	<LD	217	14	6
	18/02/2020	1878	<LD	<LD	<LD	125	8	3
22/02/2020	3067	<LD	1	<LD	193	12	5	

LD : Limite de détection / LQ : Limite de quantification

Tableau 6 : concentrations en matière organique (OM), en polyols (Arabitol, Sorbitol, et Mannitol) et en monosaccharides anhydrides (Lévoglucosan, Mannosan, Galactosan)

Comme le lévoglucosan est le principal traceur de la combustion de la biomasse, son comportement est analysé plus attentivement à l'aide des figures 20 et 21, illustrant les variations de ses concentrations au cours des deux campagnes de surveillance.

Les niveaux de lévoglucosan, en dehors du prélèvement du 25 janvier 2020 (épisode de pollution aux particules) sont comparables à ceux observés sur d'autres sites urbains en France. En effet, selon le rapport « Variations spatio-temporelles des espèces chimiques majeures et de composés traces des PM₁₀ en France métropolitaine » du LCSQA², les concentrations moyennes en sites urbains varient

² Variations spatio-temporelles des espèces chimiques majeures et de composés traces des PM₁₀ en France métropolitaine – LCSQA/INERIS - Réf. INERIS : DRC-18-167619-02922A - 2017

entre 300 et 1 300 ng/m³. Selon cette étude, les concentrations les plus importantes sont observées en hiver. C'est le cas sur le site étudié des Groues, où la concentration la plus élevée a été quantifiée au cours de l'épisode de pollution le 25 janvier 2020 avec une concentration à 3 892 ng/m³. Ceci traduit l'influence du chauffage domestique au cours de cet épisode (combustion de la biomasse).

Signalons par ailleurs que les jours où la chaufferie ne fonctionnait pas (du 25 mars au 3 avril 2019) les niveaux de lévoglucosan sont dans le même ordre de grandeur que les niveaux observés sur le reste de la campagne printanière, voir plus élevés comparativement à certains jours, impliquant d'autres sources dans l'environnement du site utilisant la biomasse comme combustible.

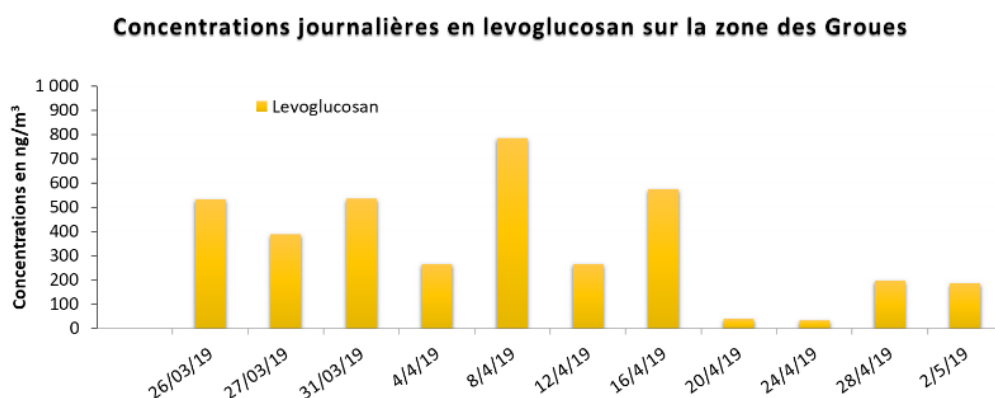


Figure 24 : concentrations en lévoglucosan en ng/m³ du 26 mars au 2 mai 2019 sur la zone des Groues à Orléans

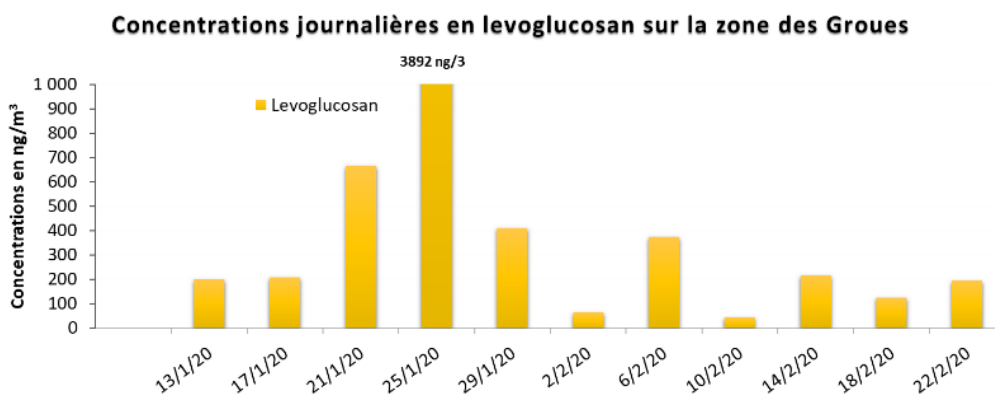


Figure 25 : concentrations en lévoglucosan en ng/m³ du 13 janvier au 22 février 2020 sur la zone des Groues à Orléans

Autre composé participant à la composition des particules : les sels marins. Pendant ces campagnes, leur contribution a varié de 1% (au printemps) à 10% (en hiver). Leur importance varie en fonction notamment de la pluie et des masses d'air associées aux intempéries (flux de secteur ouest).

Quant aux poussières crustales (composants minoritaires des particules PM_{2,5} avec 1% de contribution quelle que soit la campagne), elles proviennent de la remise en suspension des sols et/ou des poussières Sahariennes.

Conclusion

Orléans Métropole a sollicité Lig'Air afin de réaliser une étude de qualité de l'air aux alentours de la nouvelle chaufferie biomasse implantée sur la zone des Groues à Orléans. Le principal objectif de cette étude était de quantifier et de qualifier les particules qui se retrouvent dans l'air ambiant de ce secteur et de comparer les niveaux obtenus aux autres sites de surveillance de Lig'Air sur l'agglomération.

Lig'Air a réalisé des mesures durant 2 périodes distinctes : le printemps 2019 (du 25 mars au 3 mai 2019) et l'hiver 2020 (du 10 janvier au 1^{er} mars 2020).

Au cours de ces campagnes, les polluants suivants ont été surveillés :

- L'ozone,
- Le dioxyde d'azote,
- Les particules en suspension (PM₁₀, PM₄, PM_{2,5} et PM₁),
- La fraction carbonée des particules liée à la combustion des hydrocarbures (d'origine automobile) et à la combustion de la biomasse,
- La composition chimique des particules et des traceurs de la combustion de la biomasse.

Au cours de ces deux campagnes de surveillance, l'ozone et le dioxyde d'azote ont enregistré des niveaux respectant les valeurs réglementaires et comparables aux autres sites fixes de surveillance de la qualité de l'air de l'agglomération orléanaise.

Concernant les particules en suspension, un épisode de pollution national impliquant l'orléanais et une partie du Loir-et-Cher a été observé lors de la campagne hivernale (les 24 et 25 janvier 2020). Les concentrations obtenues sur le site des Groues ont été du même ordre de grandeur que celles observées sur la station trafic de Gambetta (station fixe trafic) pendant cette période mais elles dépassaient d'environ 20 µg/m³ celles observées sur la station de La Source-CNRS (station urbaine de fond). Ceci implique que des dépassements journaliers en particules en suspension peuvent se produire sur la zone des Groues, et sur le secteur Nord-Ouest de l'agglomération en général, sans qu'ils soient détectés par l'une des stations de surveillance urbaine de fond de l'agglomération (La Source et Saint-Jean-de-Braye). Rappelons ici que les niveaux moyens sont, par contre, semblables à ceux des stations urbaines de fond. Autrement dit, un dépassement de la valeur limite en moyenne annuelle ne peut se produire dans cette zone sans qu'il soit détecté sur au moins l'une des deux stations fixes du réseau de surveillance de l'agglomération.

En dehors de l'épisode de pollution et en ce qui concerne la granulométrie des particules, la fraction des PM₁ (taille inférieure à 1 µm) constitue plus de 50% des PM₁₀ (taille inférieure à 10 µm). Ce comportement n'est pas spécifique à la zone des Groues puisqu'il a été observé sur d'autres sites fixes de Lig'Air comme par exemple sur la ville de Blois. La fraction de PM_{2,5} sur la zone des Groues, s'est comportée de la même façon que sur le site urbain de fond de Saint-Jean de Braye. Les concentrations étaient aussi du même ordre de grandeur sur ces 2 sites de l'agglomération, impliquant ainsi l'absence de comportement spécifique de ces particules sur la zone des Groues.

En ce qui concerne la caractérisation chimique des particules, la fraction organique (particules constituées de matière organique) était majoritaire pendant la période hivernale traduisant ainsi la prédominance des sources de combustion (chauffage, circulation automobile, ...). La matière inorganique (particules constituées essentiellement de nitrate et de sulfate) était majoritairement présente pendant la période printanière traduisant l'influence des pratiques agricoles à cette période de l'année. L'alternance de prédominance de ces 2 fractions n'est pas une spécificité de la zone des Groues mais c'est un comportement observé sur d'autres sites.

Concernant le suivi des traceurs de la combustion de la biomasse, la matière organique issue de cette dernière a représenté en moyenne respectivement 20% et 30% des particules pendant les campagnes printanière et hivernale. Parmi ces traceurs, le levoglucosan (sucre issu de la combustion de la cellulose) a enregistré son maximum lors de la journée du 25 janvier 2020 (épisode de pollution). En dehors de cet épisode, les niveaux de levoglucosan, sur la zone des Groues, étaient comparables lors des 2 campagnes de mesures et de même ordre de grandeur que ceux observés en milieu urbain sur d'autres sites nationaux³. La présence de levoglucosan ne semble pas être spécifique à la zone des Groues. D'autant plus que les jours où la chaufferie ne fonctionnait pas, les niveaux de levoglucosan sont dans le même ordre de grandeur que les niveaux observés sur le reste de la campagne printanière, voir plus élevés, impliquant d'autres sources dans l'environnement du site utilisant la combustion de la biomasse.

En conclusion, en dehors des particules en suspension, aucun dépassement en ozone et en dioxyde d'azote ne peut se produire sur la zone des Groues sans être observé sur une autre station fixe du réseau de surveillance de l'agglomération orléanaise. Il en est de même pour les dépassements de la valeur limite moyenne annuelle en particules en suspension.

Cependant en ce qui concerne la pollution aigue en PM₁₀, des dépassements du seuil d'information ou d'alerte peuvent se produire sur la zone des Groues et plus généralement sur le quart Nord-Ouest de l'agglomération orléanaise sans qu'ils soient observés par les stations urbaines de fond de Lig'Air. Ceci est dû à la présence de plusieurs sources d'émission de particules en suspension (autoroute, tangentielle, zone d'activité, industriels, chaufferie (collective et individuelle), incinérateur, ...) pouvant augmenter les niveaux de fond en particulier pendant des situations météorologiques favorables à l'accumulation de polluants (situation anticyclonique hivernale et printanière). Par conséquent, Lig'Air envisage de faire évoluer sa stratégie de surveillance en installant une station urbaine de fond à l'ouest de l'agglomération. Cette évolution sera transcrite dans son prochain PRSQA (Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air).

Gardons à l'esprit que l'ensemble de ces résultats sont directement liés à l'état de l'entretien et de la maintenance de la chaufferie. Un défaut ou une détérioration de la qualité de la maintenance peut introduire des résultats complètement différents de ceux rapportés dans cette étude.

³ Variations spatio-temporelles des espèces chimiques majeures et de composés traces des PM10 en France métropolitaine – LCSQA/INERIS - Réf. INERIS : DRC-18-167619-02922A - 2017

Annexes :

A. Evolution horaire des particules :

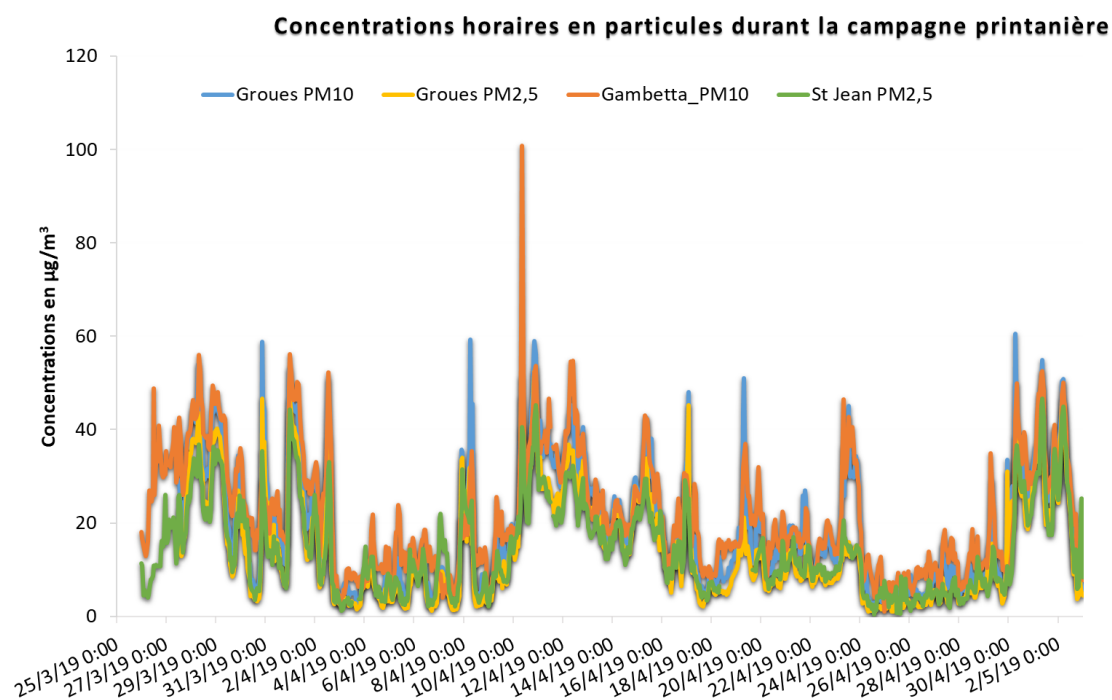


Figure 26 : Evolution horaire durant la campagne printanière sur les sites des Groues, de Gambetta et de Saint-Jean-de-Braye

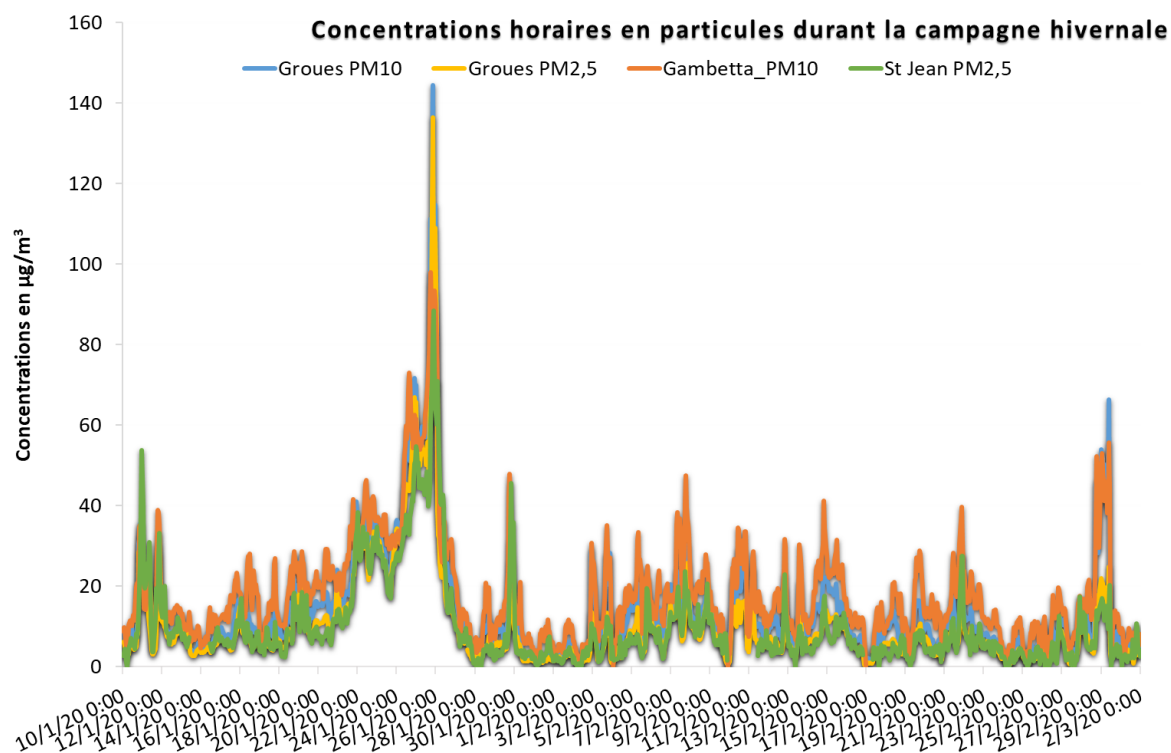


Figure 27 : Evolution horaire durant la campagne hivernale sur les sites des Groues, de Gambetta et de Saint-Jean-de-Braye

B. Particules liées à la combustion :

Règle de calcul des niveaux de particules liées à la combustion de la biomasse et des particules liées au trafic automobile :

$$PM_{wb} \text{ (particules liées à la combustion de la biomasse)} = 5,735 * (BC1-BC7)$$

$$PM_{ff} \text{ (particules liées au trafic)} = 2 * BC_{ff}$$

Avec BC1 = concentration d'équivalent black carbon à 370 nm

BC7 = concentration d'équivalent black carbon à 950 nm

BCff = concentration d'équivalent black carbon issu de la combustion de dérivés du pétrole.

C. Dates de prélèvements des filtres pour la caractérisation des particules :

Période printanière	Période hivernale
26/03/19	13/01/20
27/03/19	17/01/20
31/03/19	21/01/20
04/04/19	25/01/20
08/04/19	29/01/20
12/04/19	02/02/20
16/04/19	06/02/20
20/04/19	10/02/20
24/04/19	14/02/20
28/04/19	18/02/20
02/05/19	22/02/20

D. Bilan de masse :

Calcul du bilan de masse des composés chimiques des particules

Estimation de la concentration en PM à partir des composés chimiques :

Source : Université de Grenoble / Samuel Weber

Lonati et al., 2005; Putaud et al., 2010; Sillanpää et al., 2006, Favez et al. 2011

Seinfeld and Pandis, 1998

Putaud et al., 2010

Putaud et al., 2004a

$$PM = [OM] + [EC] + [\text{sel marin}] + [nss-SO_4^{2-}] + [NO_3^-] + [NH_4^+] + [\text{dust}]$$

Avec $[OM] = 1,8 [OC]$

$$[Nss-SO_4^{2-}] = [SO_4^{2-}] - 0,252 * [Na^+]$$

$$[\text{Sel marin}] = [Cl^-] + 1,47 * [Na^+]$$

$$[\text{Dust}] = 5,6 * ([Ca^{2+}] - [Na^+] / 26)$$

E. Bilan de masse détaillé par filtre

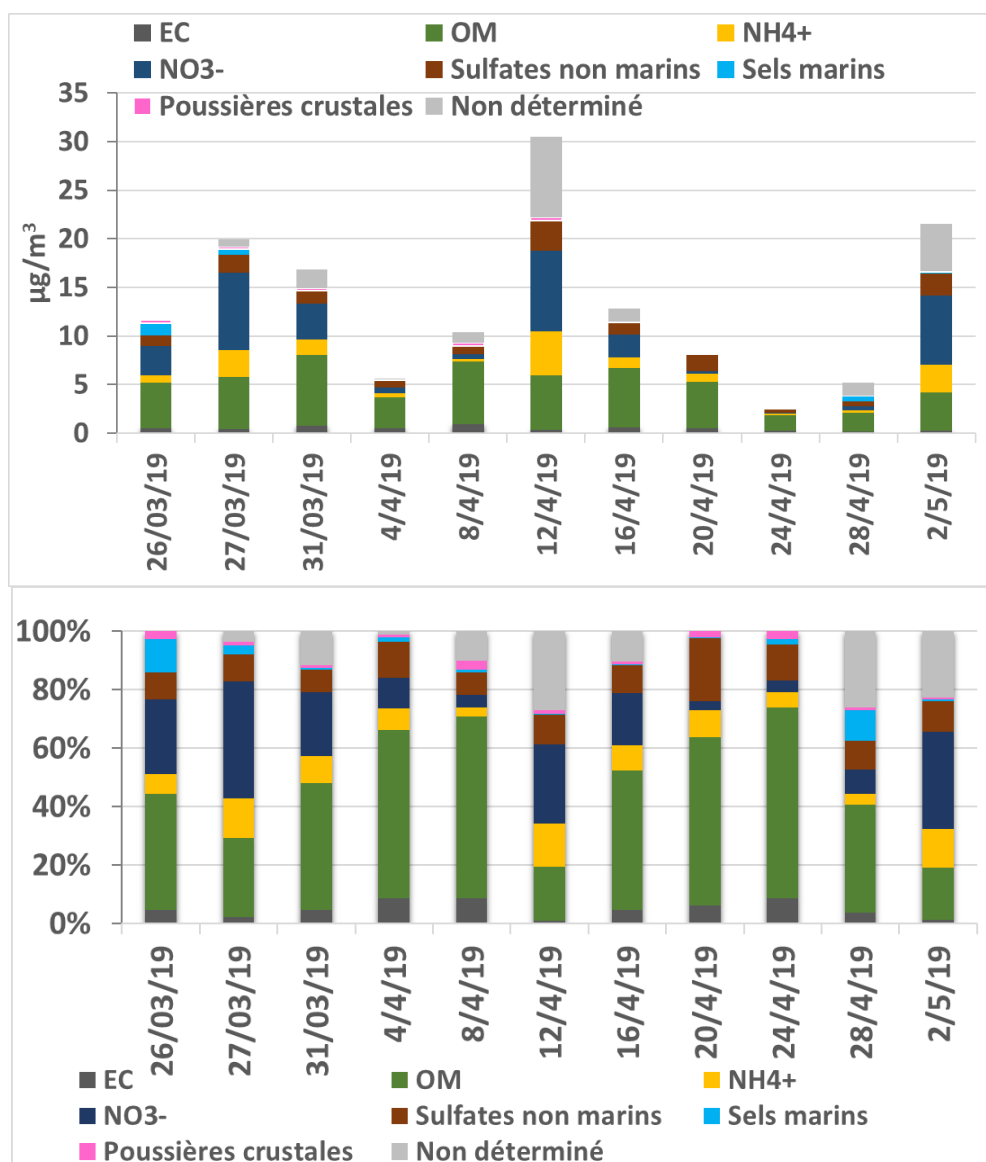


Figure 28 : Evolution de la composition chimique des PM_{2,5} prélevées au printemps 2019 sur la zone des Groues en µg/m³ et en base 100%

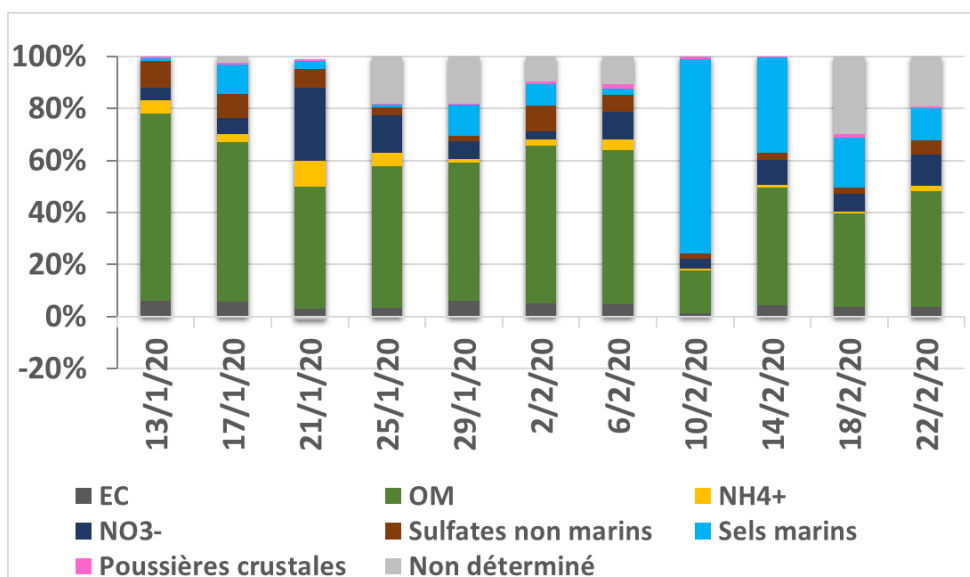
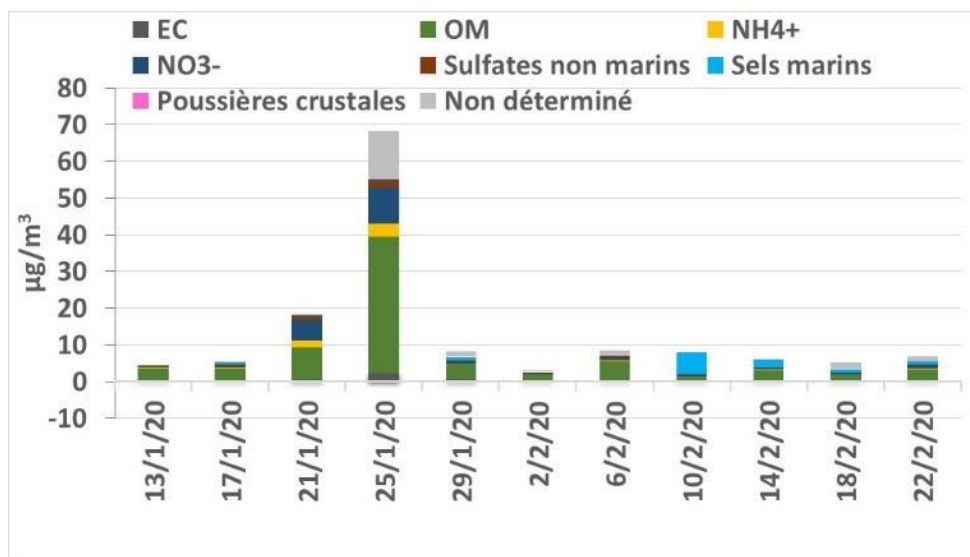


Figure 29 : Evolution de la composition chimique des PM_{2,5} prélevées en hiver 2020 sur la zone des Groues en µg/m³ et en base 100%



Surveillance de la qualité de l'air
en région Centre-Val de Loire

260 avenue de la Pomme de Pin
45590 SAINT-CYR-EN-VAL
Tel : 02-38-78-09-49
Mail : ligair@ligair.fr