

POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE AU Benzo(a)pyrène EN ÎLE-DE-FRANCE

Campagne 2014-2015

Octobre 2015





Surveillance de la qualité de l'air
en Ile-de-France

Pollution atmosphérique au Benzo(a)pyrène en Ile-de-France

Campagne 2014-2015

Octobre 2015

Rapport réalisé par :

Airparif, association de surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France
7, rue Crillon 75004 PARIS – Tél. : 01.44.59.47.64 - Fax : 01.44.59.47.67 - www.airparif.asso.fr

Le bon geste environnemental : n'imprimez ce document que si nécessaire et pensez au recto-verso !

I- Table des matières

I-	INTRODUCTION.....	3
II-	RAPPEL SUR LES HAP	4
II.1.	Les HAP des polluants réglementés dans l’air ambiant.	4
II.2.	Les sources de HAP.....	4
II.3.	Les concentrations franciliennes de Benzo(a)pyrène	5
III-	Campagne de mesure.....	7
III.1.	Choix des sites de mesure	7
III.2.	Matériel et méthode	11
III.3.	Météorologie.....	12
III.4.	Situation atmosphérique pendant la campagne.....	12
IV-	Résultats de la campagne de mesure.....	14
IV.1.	Concentrations de PM _{2,5}	14
IV.2.	Evolution temporelle des concentrations de BaP	16
IV.3.	Distribution des concentrations de BaP.....	17
IV.4.	Corrélation avec le Carbone Suie	18
V-	Estimation de la situation au regard des seuils réglementaires.....	20
VI-	Conclusions.....	21
VII-	Annexes.....	22

I- INTRODUCTION

La surveillance des HAP en Ile-de-France est actuellement assurée par 5 sites de mesure fixes, tous implantés dans l'agglomération parisienne, conformément aux exigences réglementaires et à l'évaluation réalisée dans le cadre du PSQA 2010-2014. Le dimensionnement du dispositif de surveillance d'un polluant dépend des concentrations mesurées et de la population résidant dans chaque zone de surveillance. En 2012, une série de trois campagnes de mesure a été lancée afin de vérifier la pertinence du réseau de mesure actuel des HAP, en réalisant des mesures temporaires dans différentes zones potentiellement plus exposées dans l'agglomération parisienne ou en renseignant les niveaux hors agglomération parisienne. Ces campagnes de mesure des HAP permettent également de vérifier l'absence de dépassement de la valeur cible pour le benzo(a)pyrène (BaP) en Ile-de-France.

Ce programme comprend trois campagnes de mesure des HAP de deux mois chacune. En Ile-de-France, le secteur résidentiel à travers l'utilisation du chauffage au bois contribue à 60 % des émissions de HAP, et l'impact de la combustion du bois sur les concentrations de HAP est reconnu. La première campagne (hiver 2012-2013) a donc visé prioritairement des zones résidentielles de l'agglomération parisienne fortement consommatrices de bois de chauffage. Elle a permis de mettre en évidence des concentrations très variables, et plus importantes que sur les sites de mesure fixe du réseau Airparif. Les concentrations moyennes relevées pendant la campagne de mesure étaient comprises entre les seuils d'évaluation minimal et maximal. Suite à ces résultats et afin de positionner les concentrations au regard de la valeur cible (moyenne annuelle), un site de mesure a été implanté sur la commune d'Argenteuil, où ont été relevés les niveaux les plus élevés, en remplacement du site fixe de Neuilly-sur-Seine.

La campagne suivante, a eu lieu lors de l'hiver 2013/2014, dans le secteur de Cergy, en bordure de l'agglomération parisienne, toujours dans des zones résidentielles fortement consommatrices de bois de chauffage. Au regard des valeurs réglementaires, le seuil d'évaluation maximal, imposant une surveillance, a été dépassé au cours de la campagne sur les sites de Cergy et Vauréal. Toutefois, au regard des concentrations mesurées sur les sites permanent du réseau Airparif, il est probable que les concentrations mesurées sur les sites de Vauréal et de Cergy, soit en deçà des valeurs réglementaires. Une surveillance annuelle sur ces sites permettrait de positionner les concentrations vis-à-vis des valeurs réglementaires.

La dernière campagne, présentée dans ce rapport, a eu lieu pendant l'hiver 2014/2015, hors agglomération parisienne. Quatre communes ont ainsi été équipées dans le secteur de Coulommiers. En parallèle, des mesures ont également été effectuées sur la future station de Rambouillet (78). Cette campagne devrait permettre d'évaluer les niveaux de benzo(a)pyrène hors agglomération parisienne dans des zones davantage consommatrices de bois de chauffage.

II- RAPPEL SUR LES HAP

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) appartiennent à la famille des hydrocarbures aromatiques (Figure 1). Ils sont formés d'atomes de carbone et d'hydrogène et leur structure comprend au moins deux cycles aromatiques. Les HAP forment une famille de plus de cent composés émis dans l'atmosphère par des sources diverses et leur durée de vie dans l'environnement varie fortement d'un composé à l'autre.

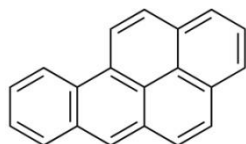


Figure 1 : Structure chimique du benzo(a)pyrène

Les HAP sont présents dans l'atmosphère sous forme gazeuse ou particulaire. Leurs sources sont principalement anthropiques et liées à des processus de combustion incomplète. En raison de leur toxicité ainsi que des propriétés mutagène et/ou cancérogène de certains d'entre eux, leur émission, leur production et leur utilisation sont réglementés.

II.1. Les HAP des polluants réglementés dans l'air ambiant.

Notamment en raison de leurs effets sur la santé, les HAP sont réglementés à la fois dans l'air ambiant et à l'émission.

Concernant les concentrations dans l'air ambiant, la surveillance des HAP se focalise généralement sur les molécules les plus lourdes et les plus toxiques. En France, la valeur cible pour le benzo(a)pyrène, considéré comme traceur de la pollution urbaine aux HAP et reconnu pour ces propriétés cancérogènes, est fixée¹ à 1 ng/m³ dans la fraction PM₁₀ en moyenne annuelle. Cette valeur cible est à respecter depuis le 31 décembre 2012.

II.2. Les sources de HAP

La **combustion incomplète** de la matière organique est la principale source de HAP dans l'atmosphère. Les sources peuvent ainsi être naturelles (incendies de forêts) mais sont majoritairement anthropiques dans les zones à forte densité de population.

Le secteur résidentiel et tertiaire est responsable de 63 % des émissions de benzo(a)pyrène en Ile-de-France et le trafic est responsable de 34 % de ces émissions. Les autres secteurs, l'agriculture, le traitement des déchets et les chantiers et carrières, sont très minoritaires et ne représentent que 3 % des émissions.

Le chauffage résidentiel est une source potentiellement importante de HAP en particulier dans les zones fortement urbanisées, comme l'Ile-de-France. En Ile-de-France, le bois est, de très loin, le principal contributeur aux émissions de HAP dans le secteur résidentiel². La consommation résidentielle de bois de chauffage ne couvre que 5 % des besoins d'énergie pour le chauffage des logements (électricité et chauffage urbain inclus) mais est responsable de plus de 95 % des émissions

¹ Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 reprenant la directive européenne du 2004/107/CE

² Airparif - Bilan des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en Ile-de-France pour l'année 2010 et historique 2000/2005 - Juillet 2013

de HAP de ce secteur. Le facteur d'émission associé à la combustion du bois est 35 fois plus important que celui lié à la combustion du fioul, deuxième combustible en termes d'émission de benzo(a)pyrène. Le gaz naturel, principal combustible utilisé pour le chauffage en Ile-de-France, est très peu émetteur de HAP.

En région Ile-de-France, et en particulier dans les départements de la petite couronne, la densité de population est très importante ce qui induit une forte consommation du bois bien que cette consommation par habitant soit nettement inférieure à celle d'autres régions françaises. A noter que les facteurs d'émission varient fortement en fonction des différents types de matériels et de technologie. Ainsi, les cheminées à foyer ouvert, à faible rendement énergétique, sont les plus émettrices de HAP, et émettent plus que des foyers modernes à combustion avancée et des poêles et chaudières à granulés.

II.3. Les concentrations franciliennes de Benzo(a)pyrène

Des mesures de benzo(a)pyrène et de douze autres HAP sont effectuées par Airparif depuis une vingtaine d'années sur plusieurs sites de mesure (proximité au trafic routier et situation de fond). Les HAP sont mesurés sur quatre stations de fond situées à Gennevilliers, Argenteuil, Vitry-sur-Seine et Paris 13^{ème} ainsi que sur une station de proximité au trafic : le boulevard périphérique Est entre la Porte de Saint Mandé et la Porte Dorée (Figure 2). Depuis le 1^{er} janvier 2015, la station de fond d'Argenteuil remplace la station de Neuilly-sur-Seine et depuis le 1^{er} janvier 2013, la mesure de HAP sur le site du Boulevard Périphérique Auteuil a été transférée sur le second site instrumentant le Boulevard Périphérique (BP Est).

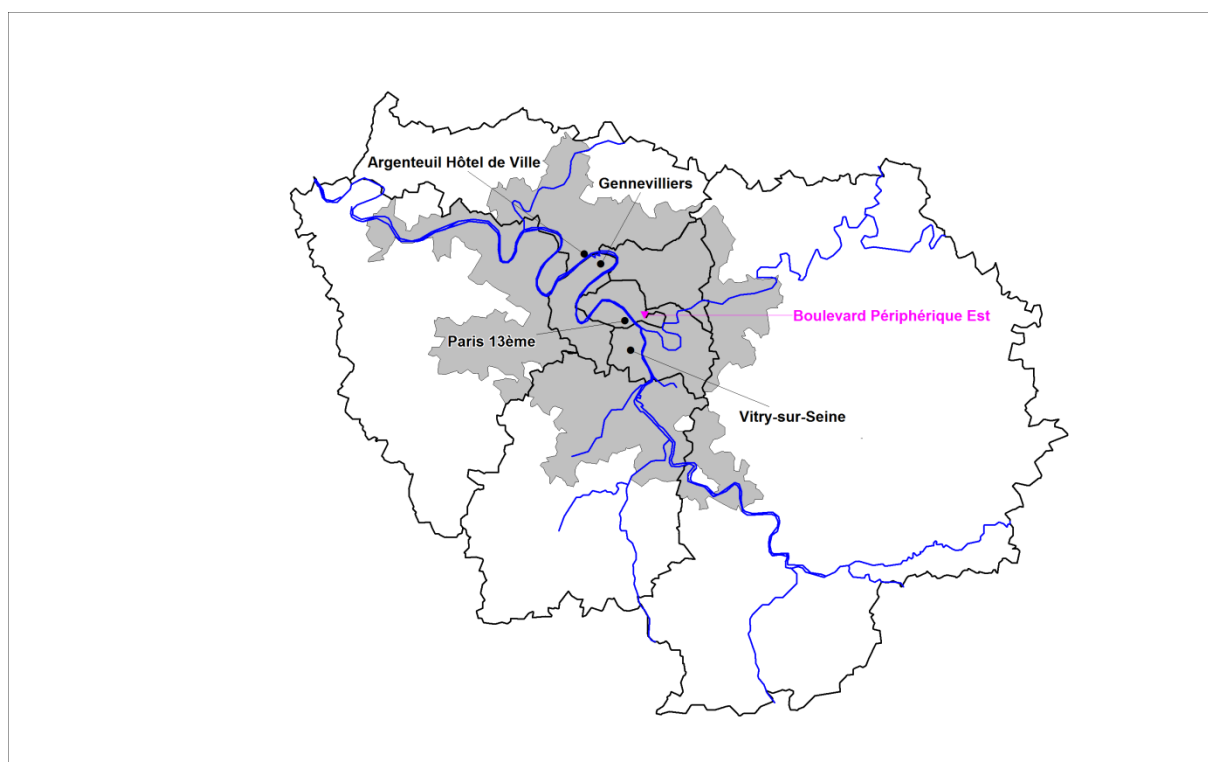


Figure 2 : Stations de mesure des HAP en Ile-de-France au 01/01/2015

L'Ile-de-France est composée de deux zones administratives de surveillance : la zone agglomérée (ZAS ZAG), comprenant l'agglomération parisienne en gris sur la Figure 2, et la zone régionale (ZR) en blanc. Actuellement, les cinq sites de mesure de HAP sont implantés dans la zone agglomérée (ZAS-ZAG).

L'un des objectifs de la présente étude est de vérifier la pertinence du dispositif de surveillance actuel par rapport aux exigences réglementaires, en particulier sur le nombre de sites de mesure et leur implantation. L'objectif est de vérifier la situation des niveaux de BaP par rapport aux seuils d'évaluation inférieur et supérieur définis dans la directive 2004/107/CE, qui détermine le type de surveillance et le nombre de sites minimum à mettre en œuvre dans chaque ZAS. Actuellement, les mesures du réseau montrent des concentrations situées entre les deux seuils d'évaluation pour des stations appartenant à la zone agglomérée (ZAS-ZAG). Cependant, une surveillance au moyen de cinq sites de mesure fixe a été maintenue en agglomération, correspondant au minimum réglementaire pour un dépassement du seuil d'évaluation maximal. Ce dimensionnement découle de l'absence de certitude sur le fait que le réseau renseigne les niveaux maximums.

La présente campagne de mesure permettra de vérifier le positionnement de la zone régionale (ZR) de surveillance vis-à-vis des seuils d'évaluation et des niveaux observés sur le réseau actuel de mesure. Ceci afin de potentiellement redimensionner le réseau de mesures fixes en HAP.

III- Campagne de mesure

III.1. Choix des sites de mesure

Les émissions de benzo(a)pyrène sont dues en grande partie au secteur résidentiel et plus particulièrement au chauffage au bois. La consommation de bois en tonne par kilomètre carré est représentée sur la Figure 3 pour toute la région Ile-de-France. A partir de cette consommation de bois, deux zones distinctes ont été sélectionnées : la zone autour de la commune de Coulommiers, qui présente une consommation importante de bois de chauffage et la commune de Rambouillet, dans laquelle la consommation de bois de chauffage est forte et sur laquelle est implantée une chaufferie bois de 3MW.

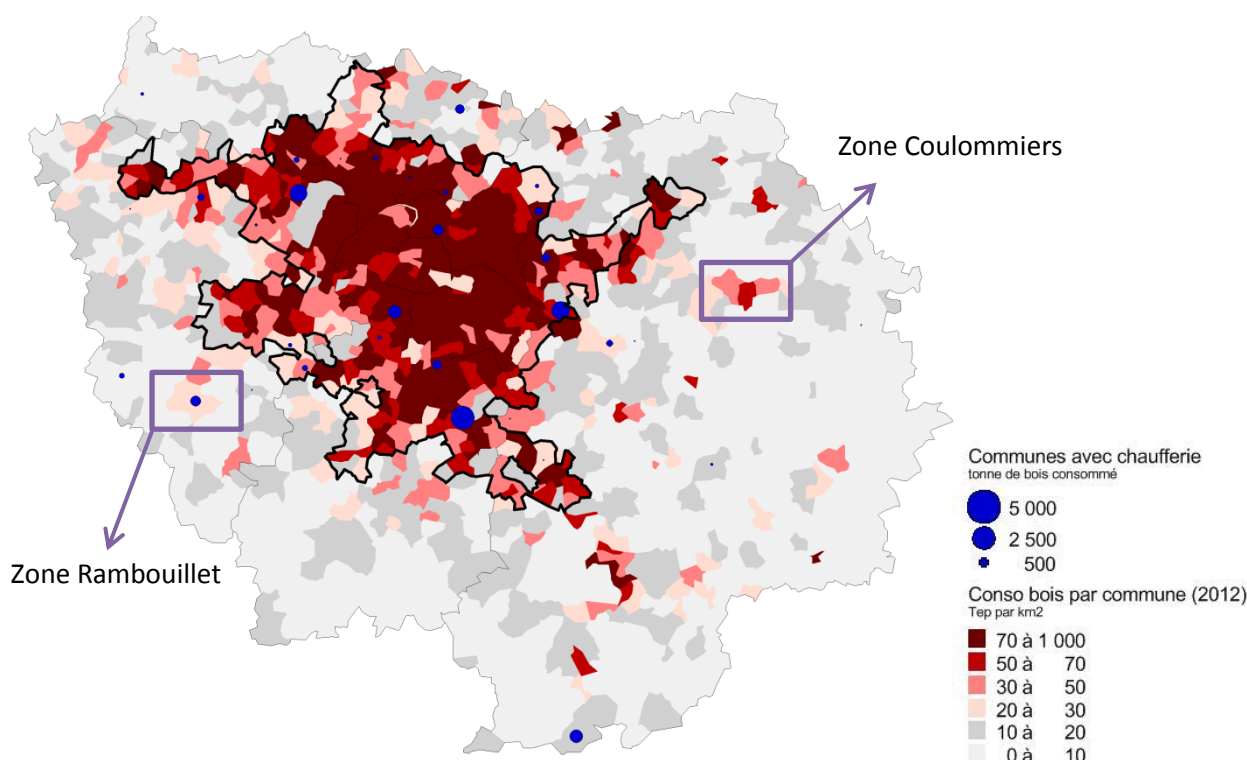


Figure 3 : Consommation de bois par commune en tep (tonnes équivalents pétrole) par km² en Ile-de-France en 2012³ et consommation des chaufferies bois en tep (source ADEME / ARENE).

Cette troisième campagne de mesure des HAP, a eu lieu en zone rurale à l'est de l'Ile-de-France, sur les communes de Coulommiers (77), Boissy-le-Châtel (77), Mouroux (77) et Pommeuse (77) (Figure 4). En parallèle de ces mesures, la future station de Rambouillet (78), située dans le sud-ouest de l'Ile-de-France a également été instrumentée (Figure 5).

La première campagne (hiver 2012/2013) s'était déroulée essentiellement dans l'agglomération parisienne, en limite de petite couronne et la deuxième campagne (hiver 2013/2014) avait été

³ Sources : Inventaire régional des émissions en Ile-de-France. Année de référence 2012 – éléments synthétiques : http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/inventaire-emissions-idf-2012-150121.pdf.
Méthodologie de détermination de la consommation de bois par communes : Bilan des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en Ile-de-France pour l'année 2010 et historique 2000/2005. http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/inventaire-emissions-idf-2010-rapport-130731.pdf.

réalisée à cheval entre les deux zones administratives de surveillance franciliennes (l'agglomération parisienne et la zone régionale).

Les villes de Rambouillet (78) et de Coulommiers (77) sont de taille moyenne, avec une population respectivement de 25 000 et 17 000 habitants. En revanche, Pommeuse (77), Mouroux (77) et Boissy-le-Châtel (77) sont de petites villes, dont le nombre d'habitants avoisinent 3 000 pour Pommeuse et Boissy-le-Châtel et est de l'ordre de 4 700 pour Mouroux.

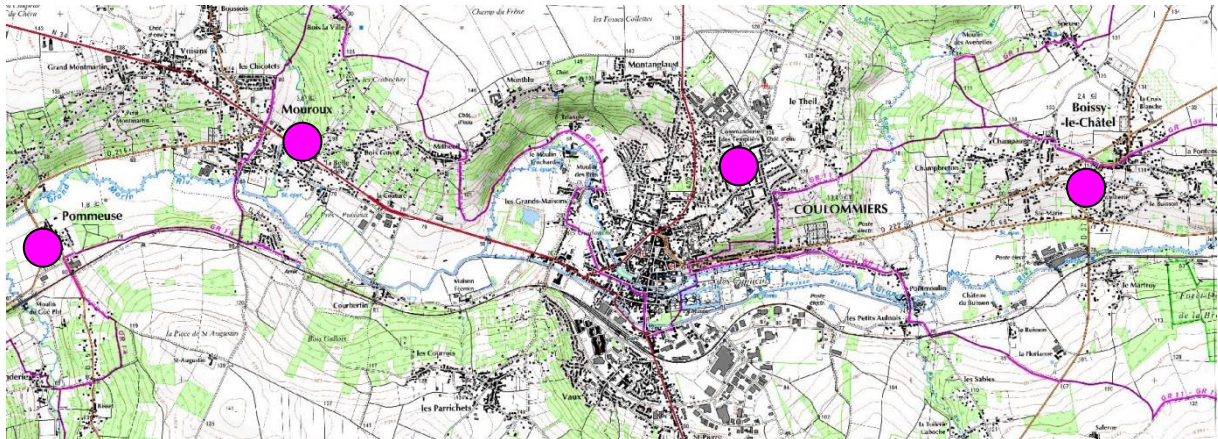


Figure 4 : Carte des communes instrumentées dans la zone de Coulommiers.
En fuchsia, les quatre sites de mesure temporaires.

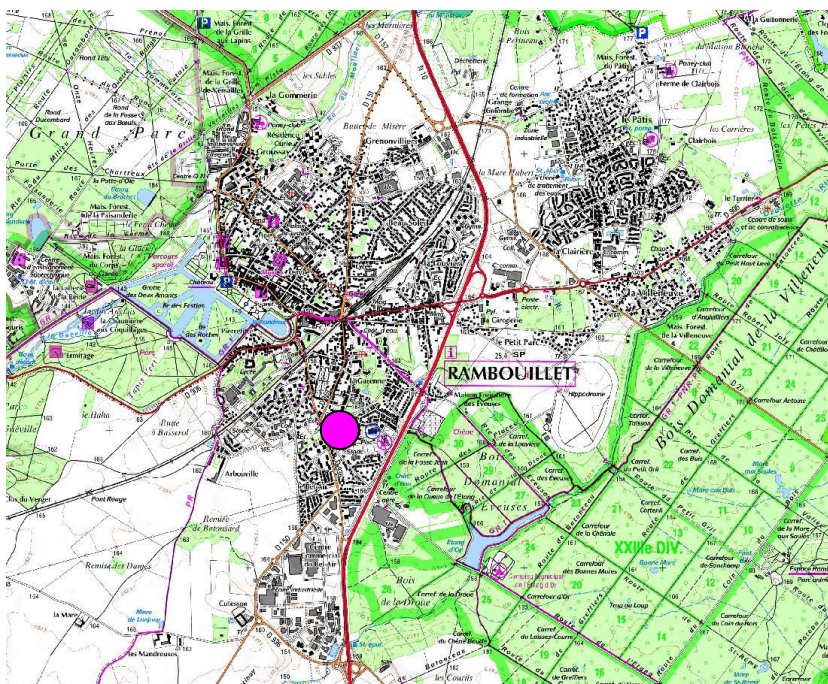


Figure 5 : Carte de la commune de Rambouillet.
En fuchsia, le site de mesure temporaire.

Les sites de mesure des zones de Rambouillet et de Coulommiers correspondent à des sites de fond : situés à l'écart de l'impact direct des sources de pollution, en particulier des axes routiers, ils mesurent la pollution « moyenne » sur la commune. Ils sont situés dans des zones résidentielles pavillonnaires, susceptibles d'être influencées par du chauffage résidentiel, et plus particulièrement du chauffage au bois.

Sur la commune de Rambouillet, une station permanente du réseau est installée depuis le 18/12/2014 (Figure 6). Sur cette station sont mesurées les particules PM_{10} et $PM_{2.5}$ ainsi que l'ozone. Des mesures de BaP particulières sont réalisées en parallèle pendant la durée de la campagne afin de déterminer l'impact du chauffage au bois résidentiel, sur la commune, et potentiellement l'impact de la chaufferie bois d'une puissance de 3 MW située à proximité du site de mesure.



Stade du vieux Moulin – Rue de l'Étang d'Or – Rambouillet

Figure 6 : Site de mesure de la commune de Rambouillet

Le site de Coulommiers est localisé dans le jardin de la bibliothèque située au 16 de l'impasse Vénétroutrival. Ce site est entouré de mur d'enceinte élevé mais l'appareil est placé à une distance suffisante des murs pour éviter leurs impacts sur les niveaux de pollution (Figure 7). Autour de la station, il y a principalement des maisons individuelles et de petits immeubles.



Bibliothèque municipale de Coulommiers – 16 impasse Vénétroutrival

Figure 7 : Site de mesure de la commune de Coulommiers

Deux appareils de mesures ont été installés sur la commune de Pommeuse (Figure 8). Le premier, de type Leckel permettant de mesurer le BaP particulaire, a été placé dans l'école du champ du seigle (Figure 8) sur un terrain dégagé à 270°. Le deuxième, un TEOM, est localisé derrière la mairie, sur un terrain composé de sable et de petits cailloux mais sur lequel il n'y a pas de circulation. Ce TEOM permet de mesurer le niveau de $PM_{2.5}$ de la zone. La ville de Pommeuse est de petite taille et est composée presque exclusivement de petites maisons individuelles.



Ecole du champ de Seigle
30 rue de Paris

Mairie de Pommeuse – Avenue Huerne

Figure 8 : Site de mesure de la commune de Pommeuse

Le site de Mouroux a été implanté à proximité d'un terrain de tennis et d'une école maternelle. Le sol est composé de gravier mais il n'y a pas de circulation (Figure 9). Mouroux est une ville de petite taille, composée presque exclusivement de maisons individuelles.



186 rue du Moulin – Mouroux

Figure 9 : Site de mesure dans la commune de Mouroux

Le site de Boissy-le-Châtel est localisé à proximité de la salle des fêtes, sur un site dégagé (Figure 10). Boissy-le-Châtel est une petite ville, composée quasi exclusivement de maisons individuelles.



Salle des fêtes de Boissy-le-Châtel – 14 rue des Carrières

Figure 10 : Site de mesure dans la commune de Boissy-le-Châtel

III.2. Matériel et méthode

Les cinq sites présentés ont été équipés d'un préleveur de particules pour les mesures de benzo(a)pyrène particulaire (dans la fraction PM_{10} , conformément à la réglementation) et deux des cinq sites (Pommeuse et Rambouillet) ont été équipés, en parallèle, d'un préleveur de $PM_{2.5}$.

La campagne de mesure a duré 8 semaines, du 1^{er} décembre 2014 au 24 janvier 2015. Pour le BaP particulaire, la durée de prélèvement est de 24 heures et le débit de 2.3 m³/h. Les filtres qui ont permis les analyses de benzo(a)pyrène particulaire ont été prélevés un jour sur trois par des instruments de mesure de type Leckel. Les analyses chimiques du BaP particulaire ont été réalisées par Micropolluants Technologie. Concernant les PM_{2,5}, un suivi des concentrations horaires est assuré.

III.3. Météorologie

La campagne de mesure débute au mois de décembre avec des températures légèrement au-dessus de la normale. Le flux est souvent perturbé donnant un temps humide et gris. Le vent varie de direction entre le sud-ouest et le nord. Il est souvent faible ou faible à modéré au gré des perturbations. L'hiver se déclare en fin de mois.

Le mois de janvier alterne douceur mêlée d'orages, vent, pluies verglaçantes et neiges. Les températures maximales sont souvent au-dessus des normales. Les vents sont plutôt faibles mais peuvent certains jours soufflés en rafale.

La Figure 11 représente la fréquence d'occurrence des différents secteurs de vent à la station Météo-France Chevrus, située à proximité de Rambouillet et à la station Météo-France de Dourdan, proche de Coulommiers. La campagne de mesure se caractérise par une large prédominance de vents faibles à modérés (de 2 m/s à supérieur à 4 m/s) de secteur sud-ouest. Les vents de nord-est sont très peu représentés, la campagne n'est donc pas représentative des conditions météorologiques d'une année moyenne.

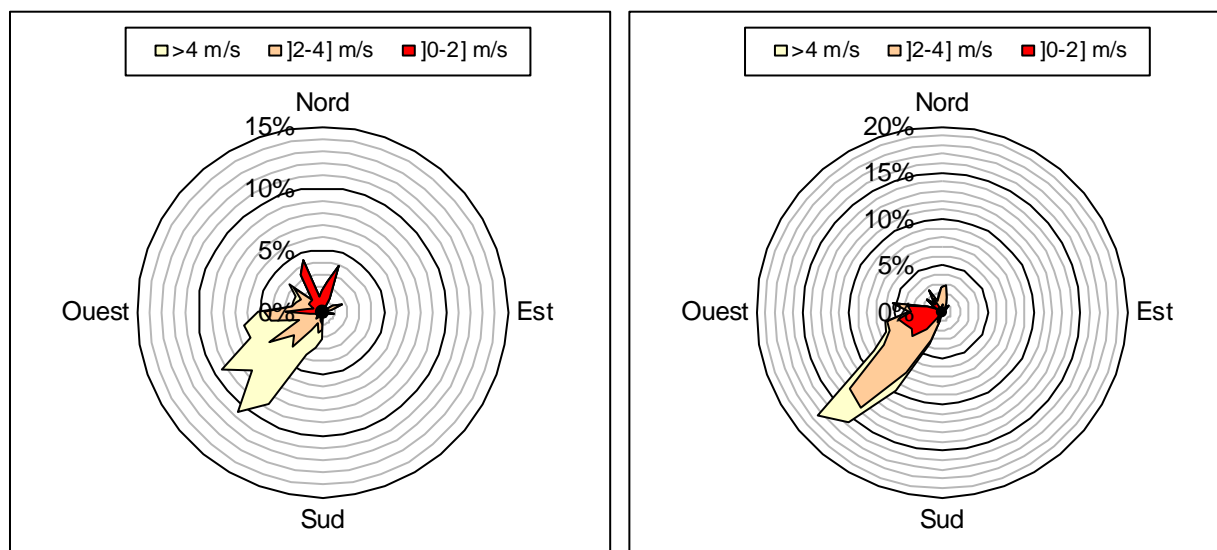


Figure 11 : Fréquence d'occurrence des différents secteurs de vent du 2 décembre 2014 au 25 janvier 2015. A gauche : à la station de Chevrus, située à proximité de Rambouillet. A droite : à la station de Dourdan, proche de Coulommiers (Source : Météo-France).

III.4. Situation atmosphérique pendant la campagne

Pour qualifier simplement la qualité de l'air, l'indice ATMO ainsi que le nombre d'épisodes de pollution qui ont eu lieu pendant la campagne de mesure sont observés (Figure 12).

Pendant le premier mois de la campagne, les conditions météorologiques sont propices à la dispersion des polluants. La qualité de l'air est ainsi généralement bonne pendant presque tout le

mois. En décembre, cinq journées ont néanmoins connues une qualité de l'air médiocre, début décembre et en fin de mois (Figure 12).

En janvier, la qualité de l'air est moins bonne qu'en décembre puisque quatre journées présentent une qualité de l'air médiocre et trois journées une qualité de l'air mauvaise.

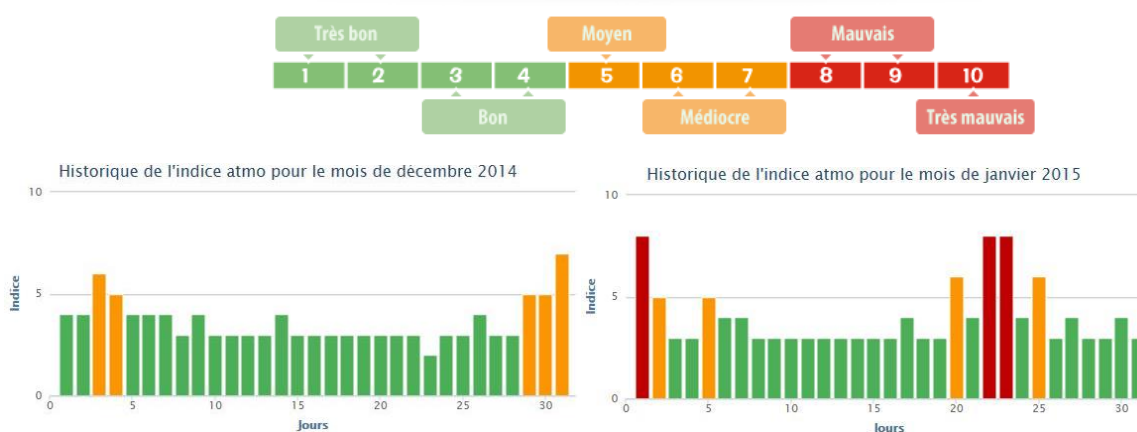


Figure 12 : Historique de l'indice ATMO pour les mois de décembre 2014 et janvier 2015.

Pendant la période du 1^{er} décembre 2014 au 24 janvier 2015, le seuil d'information est dépassé 3 fois, une fois le 31 décembre et pendant deux jours consécutifs les 22 et 23 janvier. Le seuil d'alerte est dépassé une fois le 1^{er} janvier. Ce dépassement du seuil d'alerte fait suite au dépassement du seuil d'information du 31 décembre (Tableau 1).

Niveau	Polluant	Date	Critère de dépassement
Information	PM ₁₀	31/12/2014	Plus de 100km ² sur la région Île-de-France Plus de 10% de la population d'un département d'Île-de-France
Alerte	PM ₁₀	01/01/2015	Plus de 10% de la population d'un département d'Île-de-France
Information	PM ₁₀	22/01/2015	Plus de 100km ² sur la région Île-de-France Plus de 10% de la population d'un département d'Île-de-France
Information	PM ₁₀	23/01/2015	Plus de 100km ² sur la région Île-de-France Plus de 10% de la population d'un département d'Île-de-France

Tableau 1 : Liste des dépassements des seuils d'information et d'alerte entre le 1^{er} décembre 2014 et le 24 janvier 2015 en Ile-de-France

IV- Résultats de la campagne de mesure

IV.1. Concentrations de PM_{2.5}

Les concentrations de PM_{2.5} ont été mesurées sur le site de Pommeuse (77) du 1 décembre 2014 au 24 janvier 2015 et sur le site de Rambouillet (78) à partir du 18 décembre 2014. Ces mesures de PM_{2.5} permettent de vérifier la représentativité des sites temporaires par rapport aux sites du réseau de mesure.

Les concentrations mesurées à Rambouillet sont comparables à celles mesurées sur les stations urbaines du réseau de mesure Airparif (Figure 13) ; elles sont représentatives des autres stations urbaines. Lors du pic du premier janvier, la concentration maximale mesurée à Rambouillet (environ 150 µg/m³) se situe entre les concentrations maximales mesurées à Bobigny et Gonesse (environ 200 µg/m³) et celles mesurées à Paris et Gennevilliers (respectivement 120 et 140 µg/m³).

Les concentrations mesurées sur le site de Pommeuse sont comparables à celles mesurées sur les stations rurales du réseau de mesure (Figure 14). Elles sont légèrement plus basses lors du pic de concentration du 20 janvier mais se situent, le reste du temps, dans la gamme des concentrations observées sur les autres sites.

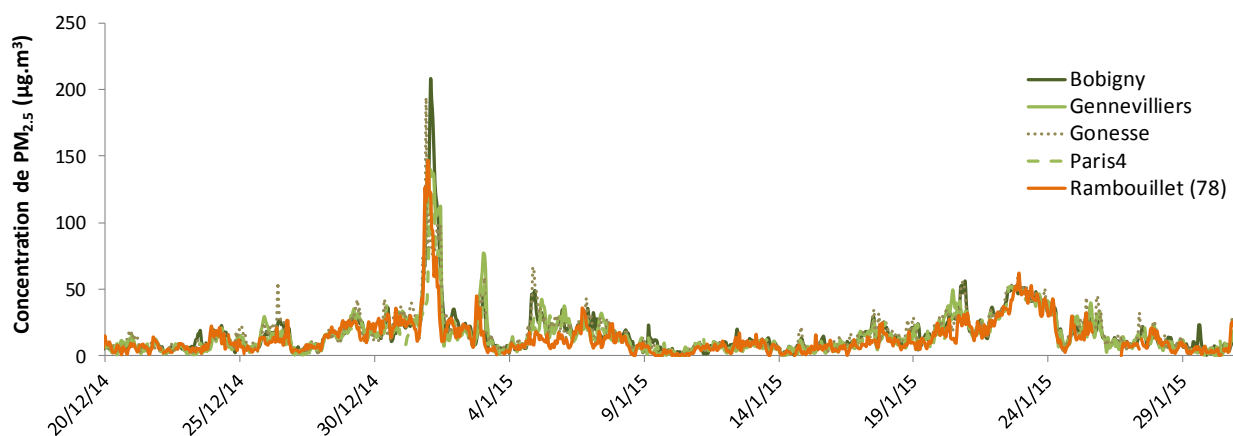


Figure 13 : Concentrations de PM_{2.5} mesurées sur le site temporaire de Rambouillet (en orange) et sur les sites urbains permanents du réseau Airparif (en dégradé de vert) – Zoom sur la période du 20/12/2014 au 14/1/2015.

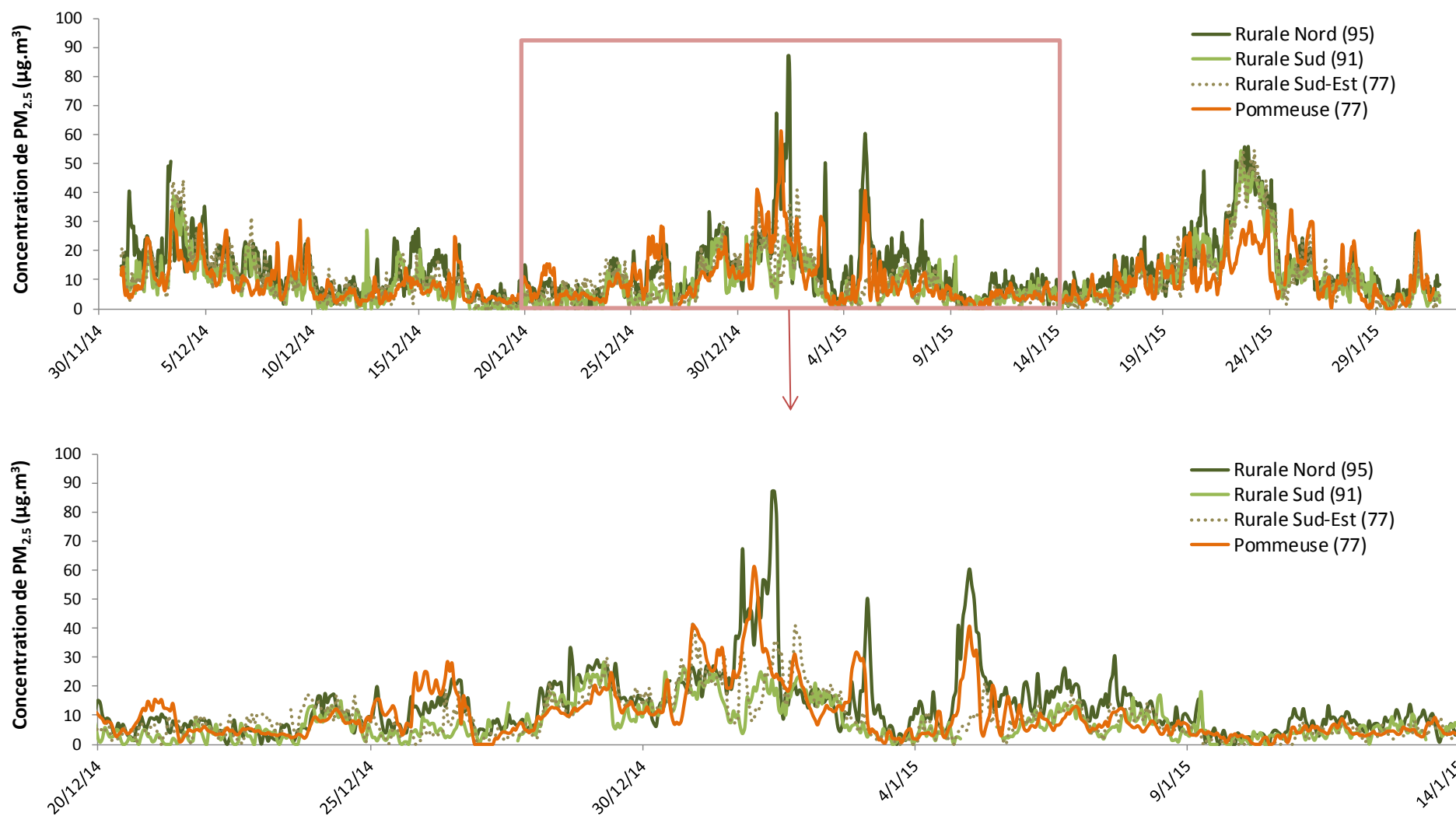


Figure 14 : Concentrations de PM_{2.5} mesurées sur le site temporaire de Pommeuse (en orange) et sur les sites ruraux permanents du réseau Airparif (en dégradé de vert) – Zoom sur la période du 20/12/2014 au 14/1/2015.

Ce comportement des stations temporaires est confirmé par l'analyse de la distribution des concentrations mesurées sur les sites de Rambouillet et de Pommeuse en comparaison de la distribution des concentrations mesurées sur les sites urbains et ruraux du réseau. Ainsi, comme le montre la Figure 15, la distribution des concentrations sur les sites de Pommeuse et de Rambouillet⁴ sont proches de celles des stations rurales et urbaines du réseau.

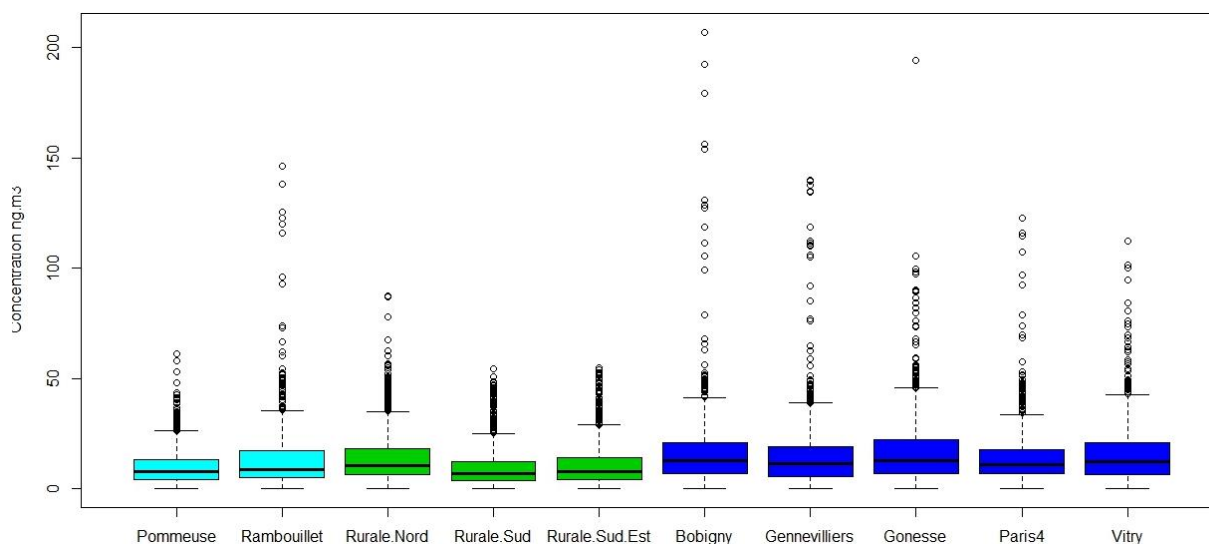


Figure 15 : Boxplot des concentrations de $PM_{2,5}$ sur les sites de Pommeuse et Rambouillet (en bleu clair) et sur les sites du réseau permanent : ruraux (en vert) et urbains (en bleu) entre le 1/12/2014 et le 24/01/2015

IV.2. Evolution temporelle des concentrations de BaP

Les concentrations de BaP particulières ont été mesurées tous les trois jours du 1^{er} décembre 2014 au 24 janvier 2015 sur 5 communes : Rambouillet (78), Coulommiers (77), Boissy-le-Châtel (77), Pommeuse (77) et Mouroux (77). Ces trois dernières communes sont situées à proximité de Coulommiers. Ces concentrations, qui correspondent à des moyennes journalières, sont comparées à celles mesurées sur le réseau de mesure⁵ permanent qui est composé des stations de fond urbain de Vitry (94), Gennevilliers (92), Paris 13^{ème}, Argenteuil (pour le mois de janvier uniquement) et de la station de proximité au trafic située à proximité du Boulevard Périphérique à l'est de Paris.

Comme le montre la Figure 16, les concentrations mesurées sur les communes de Mouroux et surtout de Pommeuse sont notablement supérieures à celles de l'ensemble des stations du réseau. Les concentrations mesurées à Coulommiers et Boissy-le-Châtel sont, quant à elles, proches ou légèrement supérieures à celles des stations du réseau présentant les plus fortes concentrations : Gennevilliers, Argenteuil et le boulevard périphérique Est. En revanche, les concentrations mesurées sur la station de Rambouillet sont faibles, légèrement inférieures à celles mesurées sur la station de Paris 13^{ème}.

⁴ Les mesures de $PM_{2,5}$ sur le site de Rambouillet ont débuté le 18 décembre 2014 et ont vocation à se pérenniser puisque Rambouillet devient une station du réseau permanent en 2015.

⁵ Sur le réseau de mesure, les concentrations de BaP du 31 décembre 2014 ont été obtenues avec un critère de qualité sur la mesure inférieur à la norme fixée par le laboratoire en charge des mesures (le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris). Les concentrations reportées ici pour le 31 décembre sur le réseau de mesure sont probablement légèrement sous-estimées (taux d'extraction de 78 % le 31/12 pour une norme à 87 %).

Lors du pic de pollution du 31 décembre, le site de Pommeuse se démarque de l'ensemble des sites temporaires et permanents puisque la concentration en BaP qui y est mesurée dépasse $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, elle est donc de 2 à 3 fois supérieures aux concentrations mesurées sur les autres sites.

Les concentrations les plus fortes sont donc observables sur les sites localisées dans de très petites villes (Pommeuse, Mouroux et Boissy-le-Châtel).

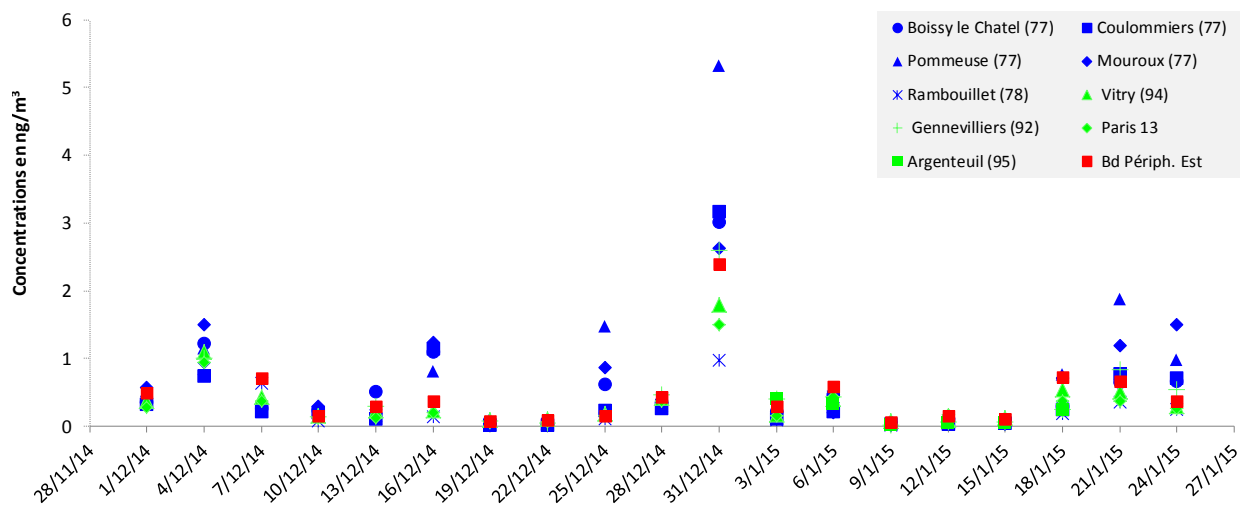


Figure 16 : Concentrations journalières de benzo(a)pyrène particulaire du 1 décembre 2014 au 24 janvier 2015

IV.3. Distribution des concentrations de BaP

La distribution des concentrations sous forme de boxplot (Figure 17) permet de comparer les concentrations mesurées sur les stations temporaires avec celles du réseau permanent. Cette figure confirme que les stations temporaires de Coulommiers et de Rambouillet présentent des comportements similaires aux stations permanentes urbaines du réseau. La distribution des concentrations à Rambouillet est similaire à celle de la station de Paris 13^{ème} tandis que la distribution des concentrations à Coulommiers est similaire à celle de Gennevilliers, station urbaine permanente présentant les plus fortes concentrations du réseau. Sur ces cinq stations, les concentrations moyennes sont comprises entre $0,3$ et $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau 2).

Les trois stations situées dans des petites villes très pavillonnaires présentent quant à elles des concentrations moyennes plus élevées, supérieure à $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour Boissy-le-Châtel, supérieure à $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour Mouroux et proche de $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la station de Pommeuse.

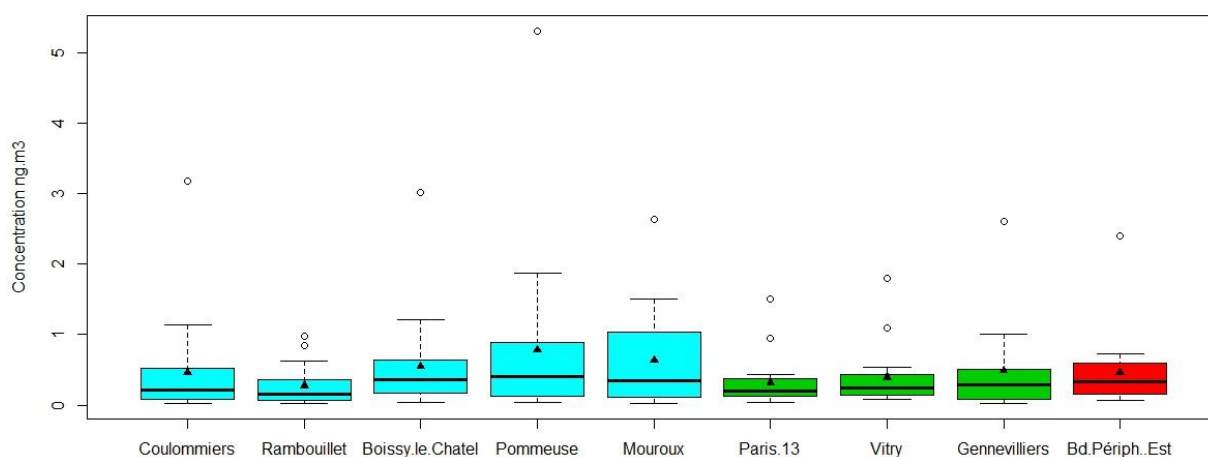


Figure 17 : Boxplot des concentrations de BaP sur les stations temporaires (en bleu clair), sur les stations urbaines permanentes (en vert), et sur la station de proximité au trafic (en rouge).

	Benzo(a)pyrène* (ng/m³)
Boissy le Châtel	0.54
Pommeuse	0.78
Mouroux	0.63
Coulommiers	0.46
Rambouillet	0.27
Vitry	0.39
Gennevilliers	0.48
Paris 13	0.32
Bd Périph. Est	0.45

Tableau 2 : Concentrations moyennes de BaP sur les sites temporaires et les sites du réseau

Les concentrations de BaP à Rambouillet sont faibles malgré la présence d'une chaufferie. Néanmoins, les vents étaient principalement de secteur sud-ouest pendant la campagne et la chaufferie bois est située au sud / sud-est du site de mesure. Pour affiner cette conclusion sur l'impact présumé de la chaufferie bois sur les concentrations de HAP, une campagne de mesure serait nécessaire. Plusieurs sites de mesures situés sous les vents dominants de la chaufferie pourraient alors être équipés afin d'en estimer l'impact.

IV.4. Corrélation avec le Carbone Suie

Comme indiquée sur la Figure 12, les concentrations de PM_{2,5} sur les sites de Pommeuse (77) et de Rambouillet (78) sont représentatives des stations rurale et urbaine du réseau de mesures. Les concentrations à Pommeuse sont faibles et plus proches de celles mesurées sur les stations Sud (91) et Sud-Est (77) que celles mesurées sur la station Nord (95). Les concentrations mesurées à Rambouillet sont supérieures à celles mesurées à Pommeuse et sont globalement similaires à celles mesurées sur les stations urbaines du réseau. L'impact de la direction des vents, et donc de l'agglomération parisienne sur les concentrations de PM_{2,5}, est peu visible ici puisque le vent était principalement orienté Sud / Sud-Ouest et que les stations rurales Nord et de Rambouillet présentent les concentrations les plus élevées.

Le comportement du BaP est différent de celui des particules, puisque pour ce polluant, les concentrations sur le site de Pommeuse sont plus élevées que sur le site de Rambouillet. L'hypothèse d'un impact fort du chauffage au bois dans les petites communes composées principalement de maisons individuelles par rapport à des communes de plus grande taille, composées à la fois de maisons individuelles et d'immeubles, peut être avancée. Ainsi, la commune de Rambouillet présenterait des concentrations plus fortes de particules en raison du trafic, important sur cette commune de grande taille, tandis que les petites communes de type Pommeuse, serait moins impactée par le trafic et plus par le chauffage au bois.

L'impact relatif du chauffage au bois sur les concentrations de BaP suivant les communes est visible sur la Figure 18⁶. Sur cette figure, les concentrations de carbone suie attribuables à la combustion de

⁶ Les concentrations de BC sont mesurées sur la station rurale Sud ce qui induit une limite à cette comparaison entre des polluants mesurés sur des sites géographiquement éloignés. Néanmoins, une comparaison entre l'allure des courbes de BC chauffage bois et celles des PM_{2,5} des stations rurales Sud, Sud-Est et Nord montre qu'une telle comparaison est justifiée (voir Annexe 4).

biomasse, et donc par extrapolation au chauffage au bois, sont indiquées en pointillés. Les concentrations de BaP sur l'ensemble des stations temporaires suivent les mêmes tendances que la courbe de carbone suie attribuable au chauffage au bois, les fluctuations sont ainsi parfaitement corrélées. Néanmoins, les stations de Pommeuse, de Boissy-le-Châtel, de Mouroux et dans une moindre mesure de Coulommiers présentent une amplitude de concentrations plus importante que la station de Rambouillet, qui semble moins impactée par le chauffage au bois.

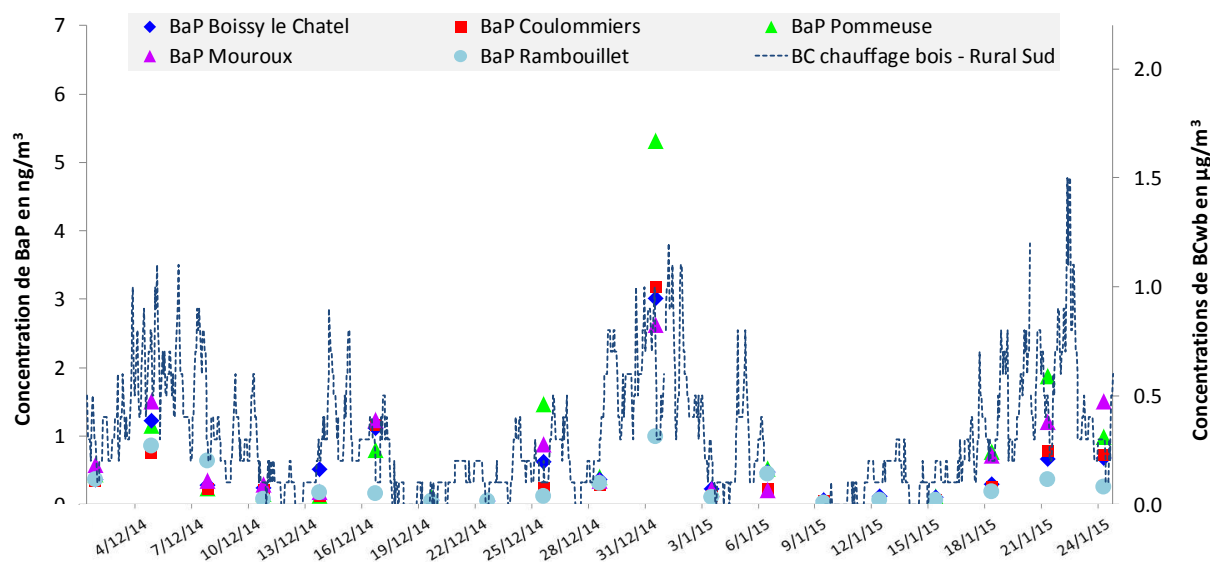


Figure 18 : Concentration de BaP mesurées sur les stations temporaires (échelle de gauche) et concentrations de carbone suie spécifique du chauffage au bois (BCwb échelle de droite) mesurées entre le 1^{er} décembre 2014 et le 24 janvier 2015.

V- Estimation de la situation au regard des seuils réglementaires

D'après la directive 2008/50/CE, « les dépassements des seuils d'évaluation minimaux et maximaux sont déterminés sur la base des concentrations mesurées au cours des cinq années précédentes pour lesquelles des données suffisantes sont disponibles. Un seuil d'évaluation est considéré comme dépassé s'il a été franchi pendant au moins trois années de calendrier au cours de ces cinq années précédentes.

Toutefois, lorsque les données disponibles concernent moins de cinq ans, les États membres peuvent combiner des campagnes de mesure de courte durée, mises en œuvre au moment de l'année et en des lieux susceptibles de correspondre aux plus hauts niveaux de pollution, avec les résultats fournis par les inventaires des émissions et par la modélisation, afin de déterminer les dépassements des seuils d'évaluation minimaux et maximaux. »

Les concentrations moyennes mesurées pendant la période de la campagne ont ainsi été comparées à celles du réseau de mesure (Figure 19). Les concentrations moyennes de BaP sur les sites de Pommeuse, de Mouroux et de Boissy-le-Châtel sont supérieures à celles mesurées sur les stations du réseau de mesure. La concentration moyenne relevée à Coulommiers est proche de celle mesurée à Gennevilliers et celle mesurée à Rambouillet est du même ordre de grandeur que celle de Paris 13^{ème}.

Les concentrations moyennes annuelles sont ensuite comparées, à titre indicatif, aux seuils d'évaluation inférieur et supérieur (Figure 18). Les concentrations moyennes mesurées sur les stations de Pommeuse et de Mouroux dépassent le seuil d'évaluation supérieur tandis que celles mesurées sur les stations de Boissy-le-Châtel et Coulommiers sont comprises entre les seuils inférieur et supérieur.

Sur la durée de la campagne de mesure, les stations du réseau permanent de Gennevilliers et de Boulevard Périphérique Est présentent des concentrations moyennes comprises entre les deux seuils d'évaluation.

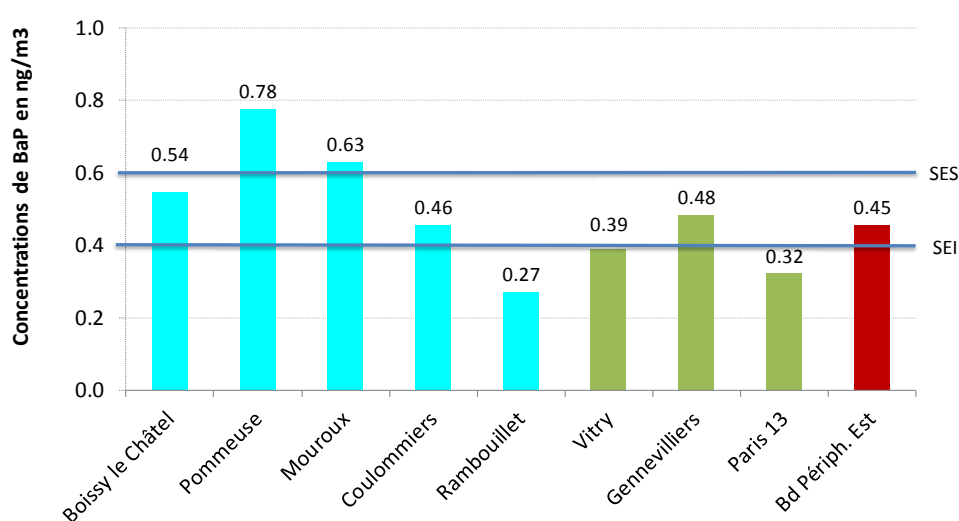


Figure 19 : Concentrations moyennes de benzo(a)pyrène sur les sites de campagne (en bleu) et les stations permanentes (en vert et rouge) entre le 01 décembre 2014 et le 24 janvier 2015. Superposition des seuils d'évaluation inférieur (SEI) et Supérieur (SES) à titre indicatif.

VI- Conclusions

Le dimensionnement du dispositif de surveillance d'un polluant dépend des niveaux rencontrés sur la région. Ce dispositif de mesure doit permettre de documenter les niveaux maximum dans les zones potentielles de forte exposition. Sur la base de l'évaluation actuelle, cinq sites fixes sont nécessaires pour répondre aux exigences réglementaires : un sixième site est prévu pour compléter ce dispositif.

Un programme de mesure des HAP a été mis en place en 2012. Il prévoit trois campagnes ayant pour objectif de vérifier la pertinence du réseau de mesure actuel des HAP. La première campagne a été réalisée pendant l'hiver 2012-2013 dans des zones résidentielles fortement consommatrices de bois de chauffage afin de tester l'impact de ce dernier sur les concentrations de benzo(a)pyrène, au nord-ouest de l'agglomération parisienne. Elle avait montré des niveaux supérieurs aux sites de mesure du réseau Airparif sur le site d'Argenteuil. Au 1^{er} janvier 2015, la station d'Argenteuil est venue remplacer la station de Neuilly-sur-Seine et fait ainsi partie du réseau permanent.

La deuxième campagne, en décembre 2013 et janvier 2014, a été réalisée dans le secteur de Cergy, en bordure de l'agglomération parisienne, toujours dans des zones résidentielles fortement consommatrices de bois de chauffage. Comme la campagne précédente, les mesures montrent des résultats très variables, proches des sites fixes du réseau, le site de Cergy présentant néanmoins des résultats légèrement plus élevés.

La troisième campagne, qui fait l'objet de ce rapport, a été réalisée dans deux zones rurales distinctes. La première zone comprend Coulommiers et trois communes environnantes : Boissy-le-Châtel, Mouroux et Pommeuse et la deuxième zone comprend la commune de Rambouillet. Les villes investiguées sont soit de petites villes (de l'ordre de 3000 habitants), c'est le cas de Boissy-le-Châtel, Mouroux et de Pommeuse, soit des villes de taille moyenne, comme Coulommiers et Rambouillet. Dans la ville de Rambouillet, à proximité du site de mesure, est située une chaufferie au bois de 3 MW de puissance.

Un premier résultat de cette étude est l'impact avéré du chauffage au bois sur les concentrations de benzo(a)pyrène sur l'ensemble des stations temporaires. En effet, il existe une corrélation forte entre les concentrations de benzo(a)pyrène et celle de carbone suie provenant du chauffage au bois.

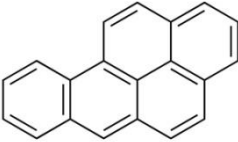
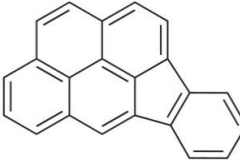
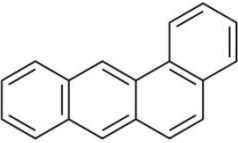
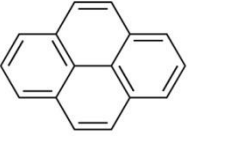
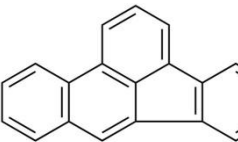
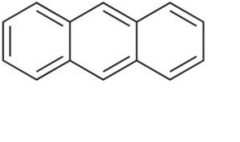
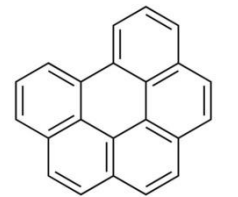
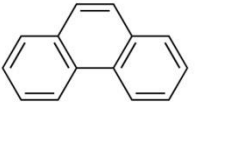
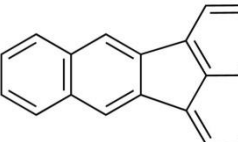
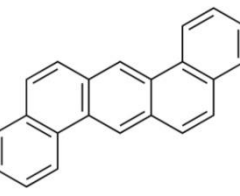
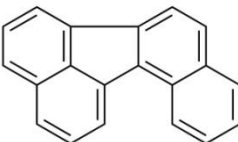
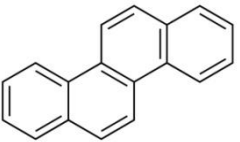
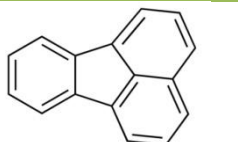
Un deuxième résultat concerne l'amplitude de cet impact. Deux comportements bien distincts des stations temporaires sont ainsi observés. En effet, les villes de taille moyenne telles que Coulommiers et Rambouillet présentent un comportement très similaire aux stations du réseau Airparif. En revanche, les communes de petites tailles, composées principalement de maisons individuelles présentent des concentrations de benzo(a)pyrène supérieures aux stations actuelles du réseau. Les concentrations de BaP mesurées dans des petites villes localisées hors de l'agglomération parisienne sont plus fortes que celles mesurées dans le cœur de Paris. Cet élément doit être pris en compte dans la révision de l'implantation du réseau de mesure permanent des HAP.

Enfin, cette campagne n'a pas permis d'évaluer l'impact d'une chaufferie bois sur les concentrations de HAP. En effet, sur la commune de Rambouillet, la station de mesure ne se trouvait pas sous le vent de la chaufferie pendant la campagne de mesure. Une campagne de mesure spécifique serait nécessaire pour évaluer l'impact de cette chaufferie sur les concentrations de HAP. Plusieurs sites autour de la chaufferie pourraient ainsi être instrumentés afin d'évaluer son impact quelle que soit la direction du vent.

VII- Annexes

Annexe 1 : Structure de 16 HAP parmi lesquels les 8 HAP qui doivent faire l'objet d'une surveillance suivant la Directive Européenne 2004/107/CE

(benzo(a)pinène, benzo(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène, benzo(j)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, dibenz(a,h) anthracène) - (Verschueren, 1996).

Nom	Formule chimique	Nom	Formule chimique
Benzo(a)pyrène		Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	
Benz(a)anthracène		Pyrène	
Benzo(b)fluoranthène		Anthracène	
Benzo(g,h,i)pérylène		Phénanthrène	
Benzo(k)fluoranthène		Dibenz(a,h)anthracène	
Benzo(j)fluoranthène		Chrysène	
Fluoranthène			

Annexe 2 : Classement par ordre alphabétique des HAP et détail des sources anthropiques (INERIS, 2005)

A

Acénaphène : sa présence anthropique dans l'environnement résulte du raffinage du pétrole, de la distillation du goudron de charbon, de la combustion du charbon et des échappements d'engins diesels.

Anthracène : il est présent dans le fioul (100 à 300mg/l), dans l'essence (1,55mg/l, voir 2,6mg/l pour les essences à indice d'octane élevé (Verschueren, 1996a)). Les principales sources anthropiques d'exposition sont les échappements d'automobiles (0,02 à 6,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS, 1998), la cokéfaction et la gazéification du charbon et plus généralement les émissions des fours à charbon et des fours à fioul, le raffinage du pétrole, l'utilisation des huiles d'imprégnation pour le traitement du bois, la préparation de l'asphalte pour les revêtements routiers, la fumée de charbon de bois, la combustion de déchets pneumatiques.

B

Benzo(a)pyrène : il peut être formé lors de combustions incomplètes, lors du raffinage du pétrole, du schiste, de l'utilisation du goudron, du charbon, du coke, du kérosène, des sources d'énergie et de chaleur, dans les revêtements routiers, la fumée de cigarette, les échappements des machines à moteurs thermique, huiles moteurs, carburants, aliments fumés ou grillés au charbon de bois, huiles, graisses, margarines (...).

Benzo(b)fluoranthène : sa présence dans l'environnement est uniquement anthropique, elle résulte de la combustion incomplète d'hydrocarbures, ou de charbon. Egalement, le raffinage du pétrole, la cokéfaction du charbon et le trafic automobile constituent des sources d'exposition importante. L'OMS (1998) indique d'une part pour les raffineries de pétrole, une concentration de 1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les émissions gazeuses et une concentration pouvant atteindre 0,2 $\mu\text{g}/\text{l}$ dans les eaux rejetées après traitement, et une teneur de 3,8mg/kg dans les boues résiduelles provenant de la cokéfaction du charbon. Des concentrations élevées atteignant 10g/kg peuvent être trouvées dans l'asphalte.

Benzo(k)fluoranthène : il est émis lors de combustions incomplètes. Il se trouve également dans la fumée de cigarette, dans les gaz d'échappements automobiles, dans les émissions provenant de la combustion de charbons ou d'huiles, dans les huiles moteur et le goudron de charbon. L'OMS (1998) évalue d'une part à 100kg/an la quantité de cet HAP libéré par la cokéfaction du charbon en Hollande et en Allemagne de l'ouest en 1988, et indiquait d'autre part des concentrations de 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et pouvant atteindre 0,4 $\mu\text{g}/\text{l}$ respectivement dans les émissions gazeuses et dans les eaux usées (après traitement) de raffineries de pétrole.

C

Chrysène : il prédomine dans les émissions particulaires provenant des incinérateurs d'ordures ménagères, des appareils ménagers à gaz naturel et des dispositifs de chauffage domestique, en particulier ceux utilisant la combustion du bois.

D

Dibenzo(a,h)anthracène : les fumées d'échappements de moteur diesel constituent sa principale source. Les quantités d'aérosols de cet HAP libéré dans l'atmosphère sont respectivement de 8,3µg et de 0,33µg par kilomètre parcouru pour des automobiles munies et non munies d'un pot d'échappement catalytique (HSDB, 2001a). La fumée de cigarette, les échappements de moteurs à essence, la fumée des chaudières au charbon et des fours à coke, les huiles usagées, et les goudrons sont également responsables de la présence de cet HAP dans l'environnement.

F

Fluoranthène : il fait partie des HAP prédominants dans les émissions des incinérateurs d'ordures ménagères.

Fluorène : il est libéré dans l'atmosphère lors de la combustion d'huiles, d'essence, de fioul, de charbon de bois. Il est présent dans le goudron des revêtements routiers (teneur pouvant atteindre 1,6% (OMS, 1998)), dans les effluents de combustions incomplètes : fumée de cigarette, échappement automobile (véhicule essence : 4,3 à 7,5µg/m³, véhicules diesels : 2,7 à 4,9µg/m³) (HSDB, 2001b), émission d'incinérateurs d'ordures ménagères et dans les émissions des raffineries de pétrole (2,4µg/m³ en France (OMS, 1998)).

I

Indéno[1,2,3-c,d]pyrène : il provient de la combustion incomplète de bois, charbon, de carburant utilisé dans les moteurs thermiques (machines, propulsion automobile essence ou diesel), les fours à bois, les incinérateurs d'ordures ménagères, les fumées industrielles, les aliments grillés au charbon de bois, la fumée de cigarette. (Verschuere, 1996b) cite les teneurs suivantes : essence (en suivant l'indice d'octane : 40µg/kg à 2,9mg/kg ; huile moteur (suivant durée d'utilisation) 0,03mg/kg à 83mg/kg, goudron de charbon 8g/kg, gaz d'échappement de moteur à essence : 11 à 87 µg/m³, fumées d'incinérateurs d'ordures ménagères : 1,8pg/m³ après tour de lavage et précipitateur électrostatique <10µg/kg dans les résidus, condensats d'échappements des moteurs à essence : 268µg/g, 32 à 86 µg/l d'essence consommée, fumée de cigarette 4ng/cigarette.

N

Naphtalène : environ 89% du naphtalène présent dans l'environnement provient de combustions incomplètes (pyrolyse), principalement du chauffage domestique au bois, et de la sublimation du naphtalène utilisé comme répulsif pour les mites. Environ 10% des rejets dans l'environnement sont attribuables à la production et à la distillation du charbon tandis que les pertes liées à la production de naphtalène représentent moins de 1%. La fumée de tabac libère également de petites quantités de naphtalène.

P

Phénanthrène : provient de la combustion incomplète de certains composés organiques tels que le bois et les combustibles fossiles. Il est détecté dans la fumée de cigarette, les échappements de moteur diesel ou essence, dans les viandes grillées au charbon de bois, dans les huiles moteurs usagées, etc...

Pyrène : Libéré dans l'atmosphère lors de la combustion incomplète de charbon et de produits pétroliers : huile, essence, fioul. Des concentrations de $19,2\text{ng/m}^3$ et $35,1\text{ng/m}^3$ ont été mesurées respectivement dans les gaz d'échappements de véhicules essence et diesel (HSDB, 2002). Le pyrène est également présent dans le goudron des revêtements routiers (teneur pouvant atteindre 4,2%) (OMS, 1998). Verschueren (2001) cite d'autre part les valeurs suivantes : 1,5 à 1,7 ng/kg dans l'essence, 23 à 41 mg/l dans le fioul, 3,5 et 4,5 mg/l dans les huiles brutes, jusqu'à 750mg/l dans les huiles moteurs usagées, et 20g/l dans de la créosote provenant de goudron de charbon. La production d'aluminium, de fer et d'acier, les fonderies, la combustion de déchets et la fumée de tabac constituent également des sources d'exposition de l'environnement au pyrène.

Annexe 4 : Comparaison entre les concentrations journalières de BC_{chauffage bois} mesurées sur la station rurale Sud et les concentrations journalières de PM_{2.5} mesurées sur les stations rurales Sud, Sud-Est et Nord.

