

AGENCE D'ESSAI FERROVIAIRE



RAPPORT

**SITE DE MESURES DE PARTICULES EN CONTINU EN GARE DE
MAGENTA - 2018**

DOC050453-00 / MES018933

AGENCE D'ESSAI FERROVIAIRE

21, avenue du Président Allende

F - 94407 Vitry sur Seine CEDEX – France

affaire.aef@sncf.fr

TEL : +33 (0)1 47 18 84 11 / FAX : +33 (0)1 47 18 84 00

Laboratoire Matériaux - Environnement - Structure

Destinataire :

DIRECTION GENERALE DES GARES D'ILE DE FRANCE
A l'attention de Mme SCHWANGER Emilie
10 Rue Camille MOKE
93212 SAINT DENIS
France

SITE DE MESURES DE PARTICULES EN CONTINU EN GARE DE MAGENTA - 2018

Résumé :

L'Agence d'Essai Ferroviaire réalise depuis 2016 des mesures de la qualité de l'air en gare de Magenta (site en continu). Les mesures portent sur les concentrations en particules PM10 et PM2,5.

Les concentrations moyennes annuelles en PM10 et PM2,5 pour l'année 2018 ont été respectivement de 61 et 21 µg/m³. La répartition mensuelle des concentrations moyennes a montré l'existence de deux périodes (estivale et automnale) durant lesquelles les niveaux de particules mesurés ont été plus importants en 2018.

La comparaison des données disponibles en 2018 avec les exercices 2016 et 2017 a montré une augmentation des concentrations moyennes en PM10 et PM2,5. Ces dernières ont augmenté de 49% et 31% pour les PM10 et les PM2,5 entre 2017 et 2018, et de 60% pour les deux fractions de particules entre 2016 et 2018.

Elaboration du rapport

Rédacteur

Nom : GHOZZI Fayes
Fonction : Ingénieur d'essai

Vérificateur

Nom : CARRILHO Heidi
Fonction : Ingénieur spécialiste

Approbation du rapport

Nom : DUPONT Laurent
Fonction : Responsable d'activité

Avertissement :

Les résultats présentés dans ce document ne se rapportent qu'aux produits soumis à l'essai, suivant les conditions indiquées dans son contenu.

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

SUIVI DES MODIFICATIONS

Version	Date de publication	Motivation et Objet de la Modification	Paragraphe(s) concerné(s)
Version 00	Indiquée sur la signature numérique		

La dernière version Annule et Remplace les versions précédentes

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE EXTERNE AEF

Références	Intitulé
Airparif Site internet : http://www.airparif.asso.fr/etat-air/bilan-annuel	Bilan de la qualité de l'air – Année 2018 Surveillance et information en Ile-de-France

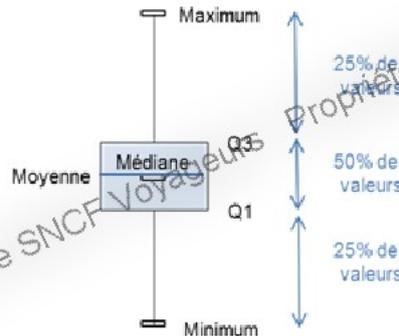
DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE INTERNE AEF

Références	Intitulé
DOC047931	Site de mesures de particules en continu en gare de Magenta (2016)
DOC049057	Site de mesures de particules en continu en gare de Magenta (2017)
DOC051390	Site de mesure de particules en continu en gare de Sevrans-Beaudottes (2018)

SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS

Symboles (unités)	Définitions
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Microgramme par mètre cube

DÉFINITIONS

Termes	Définitions
Boîte à moustaches	<p>Une boîte à moustache est un graphique représentant la répartition d'une série statistique. Ce traitement de données permet de représenter plusieurs informations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La médiane de l'ensemble des données ; - La moyenne de l'ensemble des données ; - Les percentiles 25 (Q1) et 75 (Q3) qui correspondent aux extrémités de la boîte et qui contiennent 50% des données ; - Les minima et maxima aux extrémités des moustaches. 
Coefficient de Pearson	Le coefficient de corrélation linéaire simple, dit de Bravais-Pearson (ou de Pearson), est une normalisation de la covariance par le produit des écarts-type des variables (définition Université Lumière Lyon 2).
Humidité relative	L'humidité relative est donnée par le rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air et la quantité de vapeur d'eau maximale possible (définition Météo France)
Médiane	La médiane est l'indicateur statistique qui partage la distribution d'un ensemble de données statistiques en deux parties égales, de sorte que 50% des données se situent au-dessus de la médiane et 50% des données se situent en dessous de cette valeur. (Définition INSEE)
Moyenne	La moyenne est l'indicateur statistique le plus répandu et le plus simple afin de résumer l'information fournie par un ensemble de données statistiques. Elle est égale à la somme de ces données divisée par leur nombre. (Définition INSEE)
PM10	Particules de diamètre aérodynamique moyen inférieur à 10 micromètres (µm)
PM2,5	Particules de diamètre aérodynamique moyen inférieur à 2,5 micromètres (µm)
TEOM	Tapered Element Oscillating Microbalance (microbalance à élément conique oscillant) : principe de mesure qu'utilise l'analyseur automatique de poussières.

SOMMAIRE DU RAPPORT:

1 - OBJET	7
2 - METHODOLOGIE.....	7
2.1 - Descriptif de la gare	7
2.2 - Polluants mesurés.....	7
2.3 - Moyens de mesure	8
2.4 - Emplacement du site et période de mesure.....	9
2.5 - Méthodologie d'acquisition et de gestion des données	9
3 - RESULTATS ET COMMENTAIRES.....	11
3.1 - Niveaux moyens observés sur le quai en gare de Magenta	11
3.2 - Variabilité temporelle	12
3.3 - Comparaison des principaux résultats avec les campagnes antérieures.....	19
3.4 - Comparaison des données avec le site continu en gare de Sevrans-Beaudottes (RER B)	23
4 - FACTEURS D'INFLUENCE ET DE CONFORT	25
4.1 - Trafic ferroviaire et fréquentation.....	25
4.2 - Ventilation.....	29
4.3 - Qualité de l'air extérieur.....	29
5 - CONCLUSION.....	36
ANNEXES	37

1 - OBJET

La Direction des Gares d'Île-de-France (DGIF) a sollicité l'Agence d'essai ferroviaire (AEF) concernant la réalisation de différentes études relatives à la pollution particulaire dans l'air des gares souterraines et mixtes d'Île-de-France afin d'en approfondir les connaissances. Dans ce cadre, il a été décidé de suivre l'évolution dans le temps de cette pollution. La gare de Magenta (RER E) a ainsi été équipée d'une station de mesure permettant la surveillance en continu des particules fines PM10 et PM2,5.

L'amélioration de la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines (EFS) est un sujet sur lequel la SNCF s'est impliquée depuis 2000. La gare de Magenta a fait l'objet de plusieurs campagnes de mesures de polluants gazeux et particulaires, notamment en 2000, 2002 et 2006. Le programme mis en place depuis 2016 s'inscrit quant à lui dans le cadre du renforcement de la surveillance de la qualité de l'air intérieur, prévu par le Grenelle de l'Environnement, dans le but de mieux renseigner les niveaux d'empoussièrement tout en tenant compte des facteurs d'influence. Il n'existe pas de décret d'application spécifique aux EFS, ni de norme en vigueur dans ces lieux recevant du public.

Le présent rapport restitue les résultats relatifs à l'exploitation du site de mesure en continu des particules PM10 et PM2,5 dans la gare de Magenta pour l'année 2018.

2 - METHODOLOGIE

2.1 - Descriptif de la gare

La gare de Magenta se situe sur la ligne E du RER, dans le 10^{ème} arrondissement de Paris. Cette gare possède de nombreuses correspondances sur le réseau d'Île-de-France notamment avec les lignes de métro 2, 4 et 5. La gare comporte également deux grands ensembles reliant les quais à la gare du Nord et au quartier proche de la gare de l'Est. La gare de Magenta comporte deux quais et quatre voies (51, 52, 53 et 54) sur béton. Les quais comprennent un tunnel central (section de 50 m²) à deux voies et deux tunnels latéraux (section 32 m²), chacun à une voie. Un système de ventilation est en place et assure une ventilation de deux types : désenfumage et confort.

Le nombre de voyageurs « montants » en Gare de Magenta (RER E) est de 76 401 voyageurs par jour (carte des « montants » 2016 comptage du 04/10/2016). Le nombre de trains (théorique) circulant par jour en gare de Magenta est de 449 les jours ouvrés, de 375 les samedis et 388 les dimanches.

Un descriptif des caractéristiques la gare figure en **Annexe 1**.

2.2 - Polluants mesurés

Les mesures ont porté sur les concentrations en particules en suspension dans l'air : PM10 et PM2,5. Elles font partie des polluants, parmi ceux mesurés, dont les concentrations sont plus élevées en général dans les EFS que dans l'air ambiant extérieur.

De par les études menées antérieurement à la SNCF et dans d'autres réseaux ferroviaires souterrains, il est établi que leur présence est essentiellement due à l'activité ferroviaire :

- lors de l'usure des matériaux de freinage du fait de la friction roue-frein ;
- lors du contact roue-rail ;
- lors des contacts entre le matériel roulant et le système d'alimentation électrique.

La concentration en particules est également sous l'influence de l'air extérieur. Cette influence varie en fonction d'un certain nombre de paramètres qui ont été déterminés lors d'études antérieures, tels que la profondeur de la gare ou encore son fonctionnement aéraulique (volumétrie de la gare, existence ou non d'un système de ventilation). L'évolution de la concentration dans l'air extérieur, notamment lors de pics de pollution, aura donc un impact plus ou moins fort sur la qualité de l'air dans les EFS. Les voyageurs sont également une source de particules (usure des vêtements, des chaussures, des sols).

Ces particules sont capables de pénétrer dans l'appareil respiratoire et peuvent se déposer au niveau des alvéoles pulmonaires pour la fraction la plus fine (PM_{2,5}).

2.3 - Moyens de mesure

Le site de mesure en continu mis en place en gare de Magenta est équipé d'un analyseur automatique de particules (TEOM 1405-D) installé dans une baie de mesure.



Figure 1 – Baie de mesure en gare de Magenta et visuel sur l'analyseur automatique de particules (TEOM)

Le principe de mesure du TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance – ou microbalance à élément conique oscillant) porte sur une analyse de la variation de fréquence d'un élément conique oscillant supportant un filtre. La quantité de poussières aspirées et retenues sur le filtre augmente la masse du système oscillant et produit alors une décroissance de la fréquence de vibration de l'élément conique. Cette variation de fréquence mesurée en continu est alors convertie en variation de masse permettant ensuite d'obtenir une concentration des particules en suspension dans l'air (PM₁₀ et PM_{2,5}). L'analyseur automatique renseigne les concentrations en particules avec un pas de temps de 15 minutes. Ce pas de temps permet de disposer de données temporelles fines sur les niveaux de particules en gare.

2.4 - Emplacement du site et période de mesure

Le site de mesure a été installé sur le quai de la voie 51 dans le sens de circulation Paris-banlieue parisienne, en direction de Chelles - Gournay et de Villiers-sur-Marne. Le point de mesure est situé à proximité du local DA61, à l'identique de l'emplacement retenu lors de précédentes campagnes de mesure réalisées en gare de Magenta (octobre 2000, juin 2002, février 2006, site en continu 2016 et 2017). Cet emplacement se situe au milieu du quai, ce qui permet d'obtenir les données les plus représentatives. La localisation du point de mesure figure en **Annexe 2**.

Le site de mesure étant continu, ce rapport détaille les mesures effectuées du 01/01/2018 au 31/12/2018 inclus. Cette période d'un an permet d'avoir suffisamment de données collectées et validées donnant une robustesse aux statistiques présentées dans les résultats.

2.5 - Méthodologie d'acquisition et de gestion des données

Les protocoles d'acquisition des données, de surveillance du site, de traitement et de validation des données sont décrits dans les documents internes de l'AEF et repris brièvement ci-dessous.

2.5.1 - Acquisition des données

L'intervalle d'acquisition des données des TEOM a été fixé à quinze minutes. Ce pas de temps a été retenu car il correspond à un compromis entre la sensibilité de l'analyseur TEOM (liée à la masse minimale détectable et à la concentration en particules pendant les périodes d'ouverture au public de la gare) et le suivi des évolutions des concentrations sans perte d'information notable sur les phénomènes ponctuels ou transitoires. Cet intervalle d'acquisition des données conduit à une concentration minimale détectable de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.5.2 - Protocole de surveillance et de suivi

Le protocole de surveillance du matériel de mesure et de suivi des données est basé sur les connaissances préalables de l'AEF sur la maintenance des TEOM et sur l'évolution des niveaux des concentrations en particules dans les gares souterraines.

La nécessité d'un niveau élevé de disponibilité des données impose une surveillance régulière des analyseurs pour pallier à toute défaillance (la plus fréquente étant la rupture d'alimentation électrique). La récupération des données est réalisée à distance depuis le site de mesure au moyen d'un boîtier connecté à l'analyseur. Il permet la récupération automatique et le rapatriement des données de qualité de l'air vers les serveurs informatiques situés à l'AEF. Ce système a permis de suivre le bon fonctionnement de l'analyseur à distance au cours de l'année.

2.5.3 - Protocole de validation et de traitement des données

Le protocole de validation est basé sur un traitement des données brutes collectées par le TEOM. Les données brutes sont mises en base sur les serveurs de l'AEF au moyen d'un logiciel de traitement associé. Celui-ci permet de mettre en évidence par un code de couleur, la qualité de la donnée brute fournie par l'analyseur de poussières et d'effectuer par la suite une validation des données. Ainsi tous les éventuels dysfonctionnements du matériel de mesure (bruit électronique, colmatage du filtre de collection, dépassement de

valeurs limites en débit, température, hygrométrie, etc.), ainsi que les intervalles entre deux données supérieurs à 15 minutes traduisant un arrêt de l'alimentation électrique (valeurs manquantes) sont renseignées dans l'interface logiciel.

Les valeurs manquantes sont liées :

- aux coupures de courant. Ces coupures sont dues à des arrêts volontaires pour maintenance des installations électriques ou des arrêts involontaires suite à des défaillances ;
- aux périodes de maintenance des analyseurs, ce sont des maintenances nécessaires pour maintenir la qualité des mesures.

Les données validées de concentrations en particules et de températures sont ensuite exportées au sein de fichiers Excel sous forme de rapports hebdomadaires simplifiés. Ces rapports simplifiés contiennent la mise en forme des données à travers des tableaux de moyennes horaires et quart horaires ainsi que des tableaux de moyennes par périodes (24 heures, nuit, pointes du matin et du soir, service commercial). Le fichier final comporte l'ensemble de ces éléments sur une semaine d'acquisition de données.

3 - RESULTATS ET COMMENTAIRES

Les résultats sont dans un premier temps représentés sous forme de statistiques, boîtes à moustaches, du fait du grand nombre de données disponibles (site en continu). Les boîtes à moustaches sont des représentations graphiques qui permettent d'observer plus facilement la distribution d'une série de données. Une définition, ainsi qu'une illustration sont fournies en début de rapport et rappelées en Figure 2.

Ce paragraphe contient également les profils de concentrations en particules à différentes échelles : journalière, hebdomadaire et mensuelle.

3.1 - Niveaux moyens observés sur le quai en gare de Magenta

Le traitement des données de concentrations en moyenne horaire en particules PM10 et PM2,5 est présenté sous forme de boîte à moustaches pour l'année 2018 en Figure 2. Il est à noter qu'en 2018, il n'y a pas eu suffisamment de données lors des mois de mars et avril, en raison d'une indisponibilité de l'analyseur de poussières.

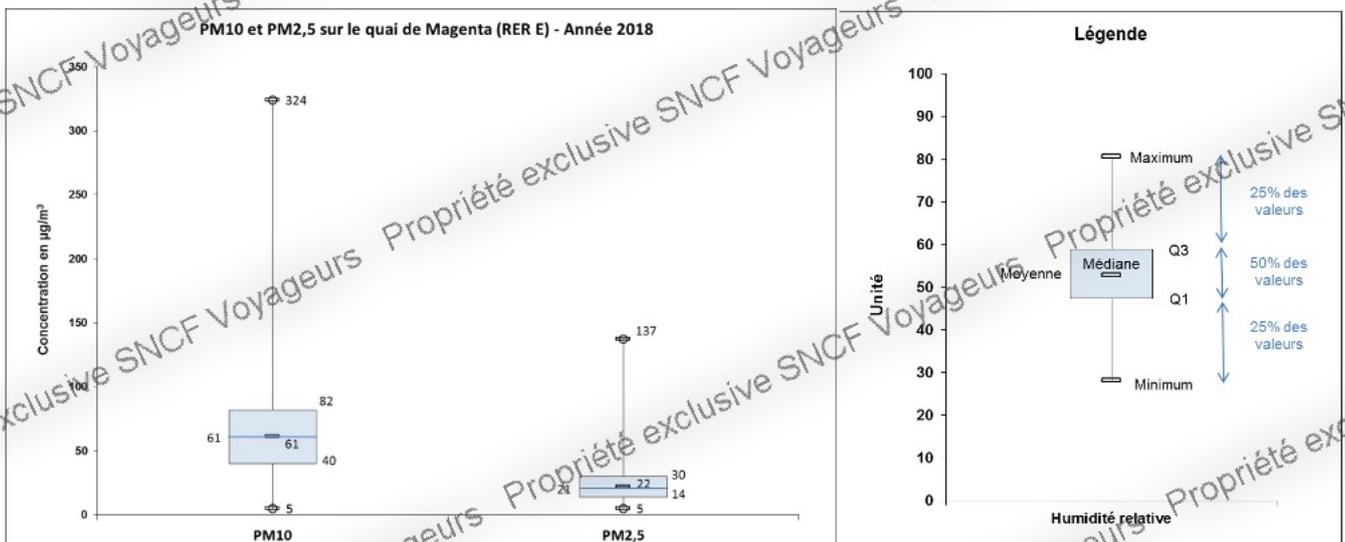


Figure 2 - Boîtes à moustaches des concentrations en moyennes horaires en PM2,5 et en PM10 exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en gare de Magenta pour l'année 2018.

Les boîtes à moustaches montrent une distribution « équilibrée » des concentrations pour les PM10 et les PM2,5, avec cependant des valeurs maximales isolées et importantes. Concernant les PM10, la moitié des concentrations mesurées sont comprises entre **40 et 82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , avec une moyenne et une médiane de **61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Pour les PM2,5, la moitié des concentrations mesurées sont comprises entre **14 et 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , avec une moyenne de **21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** et une médiane à **22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . La proportion moyenne de particules PM2,5 dans les particules PM10 est de **40%**, soit un **ratio moyen PM2,5/PM10 de 0,40** calculé à partir des ratio horaires PM2,5/PM10 tout au long de l'année.

Les concentrations maximales en PM10 et PM2,5 ont été mesurées lors de la journée du 24 octobre 2018 de 22h00 à 23h00. La concentration en PM10 a atteint **324 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** en moyenne horaire soit **plus de 5 fois la concentration moyenne annuelle** mesurée en gare de Magenta. La concentration en particules fines PM2,5 mesurée durant ce pic a atteint **137 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** soit **6,5 fois la concentration moyenne annuelle en PM2,5**.

Ce pic de concentration dont la source n'a pas été formellement identifiée ne semble pas être en lien avec la réalisation de travaux. En effet, le détail des données horaires

disponibles montre une rapide décroissance des concentrations en particules mesurées sur la période 00h00-05h00 durant la nuit du 24 au 25 octobre 2018.

Conclusion :

Les concentrations moyennes annuelles en PM₁₀ et en PM_{2,5} sont respectivement de **61 µg/m³** et **21 µg/m³**. Il est à noter qu'en 2018, il n'y a pas eu suffisamment de données disponibles lors des mois de mars et avril, en raison d'une indisponibilité de l'analyseur de poussières. Les résultats des précédentes campagnes menées en 2016 et 2017 montrent que les niveaux de particules les moins élevés sont en général mesurés sur la période mars-juin. Par conséquent il n'est pas à exclure que l'absence de données sur cette période a conduit à obtenir des niveaux moyens globalement plus élevés vis-à-vis des années précédentes. Les concentrations horaires maximales mesurées pour chacune des deux fractions de particules PM₁₀ et PM_{2,5} ne sont pas représentatives d'une situation ordinaire et sont très supérieures aux concentrations moyennes mesurées en gare de Magenta. Ces valeurs sont synonymes de l'existence de **pics ponctuels de concentrations en particules** dont l'origine n'a parfois pas pu être établie. Lorsque ces pics interviennent la nuit, en dehors de la période d'ouverture de la gare au public ils peuvent être imputables à des travaux de nuit, dans d'autres cas leur origine est n'a pas pu être identifiée.

3.2 - Variabilité temporelle

Pour une question de lisibilité, il est difficile de présenter les relevés horaires sur l'ensemble de la campagne de mesures du fait de la nature du site (site continu) et de la période couverte lors de cette campagne (1 an). Les données présentées contiennent des profils journaliers, hebdomadaires et mensuels.

3.2.1 - Variabilité mensuelle

Les profils mensuels en particules PM₁₀ et PM_{2,5} mesurées en gare de Magenta sont présentés en Figure 3.

Les niveaux moyens mensuels ont été calculés en effectuant la moyenne des concentrations hebdomadaires sur chaque mois. Une distinction a été effectuée entre les niveaux moyens hebdomadaires obtenus à partir des moyennes journalières sur 24 heures et des moyennes journalières calculées sur la période correspondante à l'ouverture de la gare (5h00 (J) à 1h00 (J+1)). Cette distinction permet de tenir compte de l'absence de circulation des trains de voyageurs en dehors des périodes d'ouverture de la gare. Les niveaux observés en service commercial sont plus importants (+7,5% en moyenne sur l'année pour les PM₁₀ et +5,7% en moyenne sur l'année pour les PM_{2,5}) car les concentrations mesurées les plus faibles, qui sont principalement observés lors des périodes de fermeture de la gare, n'entrent pas dans le calcul des concentrations moyennes mesurées en service commercial.

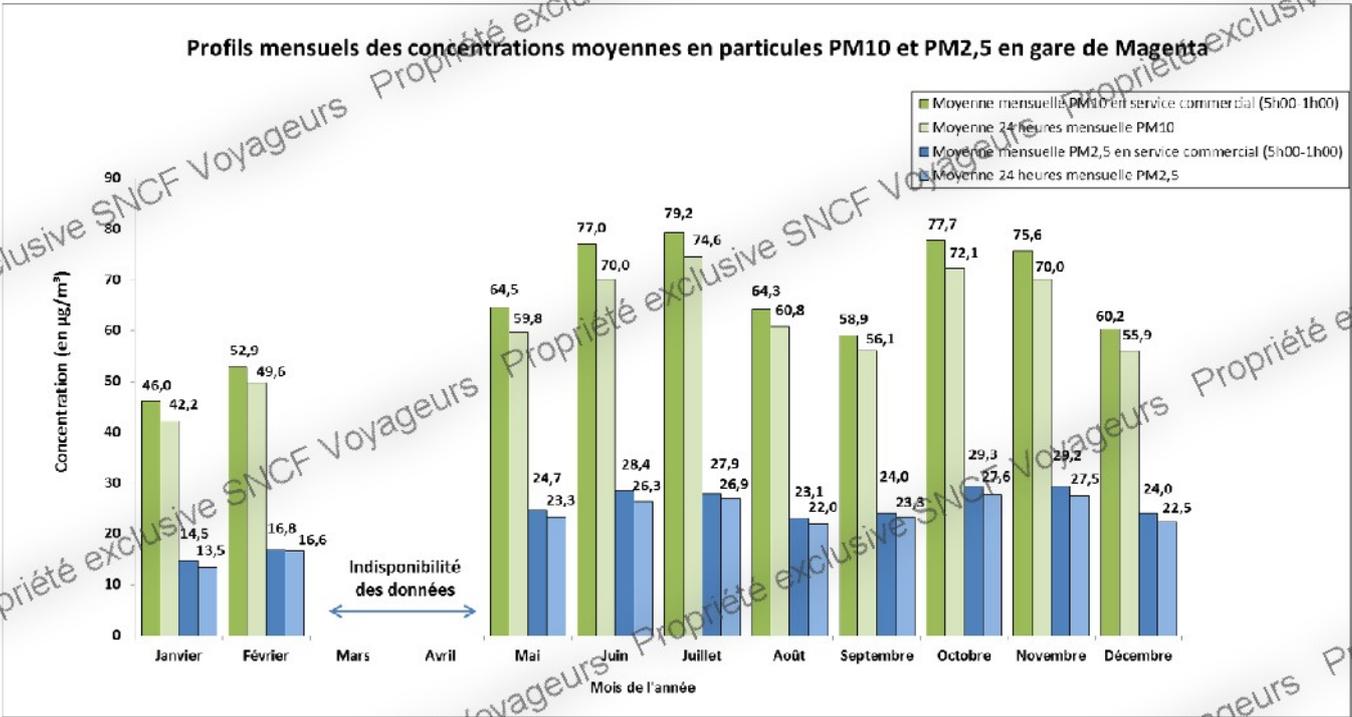


Figure 3 - Evolution des profils mensuels en PM10 et en PM2,5 exprimés en µg/m³ en gare de Magenta (RER E) pour l'année 2018.

L'observation des niveaux moyens mensuels en particules PM10 et PM2,5 sur la période d'ouverture de la gare permettent d'établir les constats suivants, sachant que les données sont manquantes pour les mois de mars et d'avril :

- Les concentrations moyennes les plus faibles de l'année ont été observées lors des mois de janvier et février 2018.
Entre **janvier et février**, les concentrations en particules mesurées en service commercial sont en légère hausse (de l'ordre de 15% pour les deux fractions de particules). Les concentrations moyennes mensuelles en PM10 se trouvent alors **proches de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** et celles en PM2,5 sont **proches de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .
Deux périodes sont distinctement identifiées, durant lesquelles les concentrations moyennes en particules ont été les plus élevées de l'année et assez proches :
 - o La période juin – juillet ;
 - o La période octobre – novembre.
- Les autres mois de l'année (mai, août, septembre et décembre) ont montré des concentrations moyennes mensuelles en PM10 et en PM2,5 légèrement inférieures aux périodes juin/juillet et octobre/novembre.

Ainsi, la période **mai – juillet** révèle des **augmentations successives** des concentrations moyennes mensuelles en particules qui ont été comprises **entre 64,5 et 79,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 et entre 24,7 et 28,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM2,5**. Le mois de juillet montre les **concentrations moyennes mensuelles les plus élevées en particules PM10**.

La période août – septembre est marquée par une **baisse des concentrations moyennes en PM10 et PM2,5**. Les concentrations moyennes sont respectivement comprises **entre 58,9 et 64,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et entre 23,1 et 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5**, ces niveaux sont similaires à ceux observés en mai 2018.

Le mois d'octobre est marqué par une nouvelle augmentation des concentrations moyennes en PM10 et PM2,5 **avec 77,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et 29,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5 soit la concentration moyenne mensuelle la plus élevée de l'année 2018**. Le mois de novembre montre des concentrations moyennes en PM10 et PM2,5 légèrement inférieures à celles observées en octobre.

L'écart entre la concentration mensuelle la plus faible et la plus élevée est de 33,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 (46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en janvier contre 79,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en juillet soit une augmentation de 72%) et de 14,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (14,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en janvier contre 29,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en octobre soit une concentration ayant un peu plus que doublé entre ces deux mois).

Conclusion :

Les résultats ont montré que les concentrations moyennes mensuelles en particules ont été les plus faibles lors des mois de **janvier et février 2018. Elles sont proches de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5.**

Les périodes juin – juillet & octobre – novembre sont caractérisées par les concentrations moyennes en particules PM10 et PM2,5 **les plus élevées de l'année** avec une moyenne mensuelle maximale de **79,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 lors du mois de juillet et 29,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en octobre.**

Les mois de mai, août, septembre et décembre ont montré des concentrations moyennes en particules assez proches en PM10 et PM2,5 respectivement comprises entre 58,9 et 64,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et entre 23,1 et 24,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Globalement, à l'échelle annuelle, en intégrant l'ensemble des résultats disponibles, il apparaît que les variables volume de voyageurs et nombre de trains soient peu corrélés avec les concentrations moyennes mesurées **à l'échelle mensuelle** sur le quai en gare de Magenta. L'année a également été marquée par des grèves locales en février sur le RER E avec des suppressions de trains observées à plusieurs dates en gare de Magenta. Au niveau local, la période d'avril à juin est également marquée par des grèves. Sur cette période, les données disponibles montrent que la concentration moyenne en PM10 durant les jours de grève est de 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contre 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la même période en dehors des jours de grève.

3.2.2 - Variabilité hebdomadaire

Les profils hebdomadaires en particules PM10 et PM2,5 (moyennes annuelles par jour) en gare de Magenta sont présentés en Figure 4.

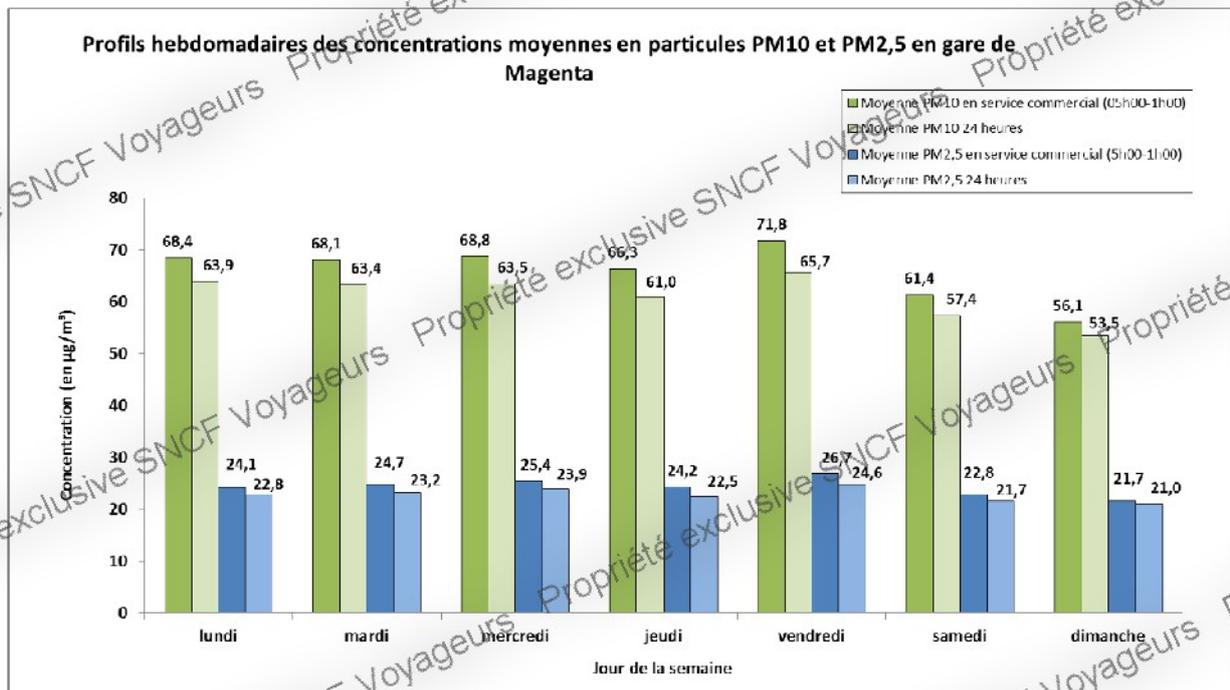


Figure 4 - Evolution des profils hebdomadaires en PM10 et en PM2,5 exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en gare de Magenta (RER E) pour l'année 2018.

Les niveaux moyens en particules sont stables les jours ouvrés (du lundi au vendredi) : environ **70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules PM10** et environ **25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5** sur la période d'ouverture au public de la gare (moyenne en service commercial).

Une faible diminution s'observe les samedis et dimanches par rapport aux jours ouvrés aussi bien pour les concentrations en PM10 qu'en PM2,5. Elle est :

- **de l'ordre de 12%** pour les PM2,5 avec une concentration moyenne de 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- **de l'ordre de 15%** pour les PM10 avec une concentration moyenne de 59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ces résultats sont en partie liés à la baisse du nombre de trains en circulation durant les week-ends. **En effet, le trafic théorique en gare de Magenta durant la campagne de mesures est de 449 trains par jour pour les jours ouvrés (du lundi au vendredi), contre 381 trains en moyenne par jour pour les week-ends, soit une diminution de l'ordre de 15%**. La diminution des concentrations en particules est du même ordre que la baisse théorique de circulations entre les jours de semaine et les week-ends, en particulier pour les PM10. La fréquentation des voyageurs (volume de voyageurs) est un autre paramètre qui peut expliquer cette différence. La fréquentation moyenne de voyageurs en gare de Magenta est moins importante les week-ends par rapport aux jours ouvrés.

3.2.3 - Variabilité journalière

Les profils journaliers des concentrations en particules PM10 et PM2,5 sont présentés en Figure 5. Ils représentent les niveaux moyens observés chaque heure de la journée pour les jours ouvrés sur l'ensemble de l'année 2018.

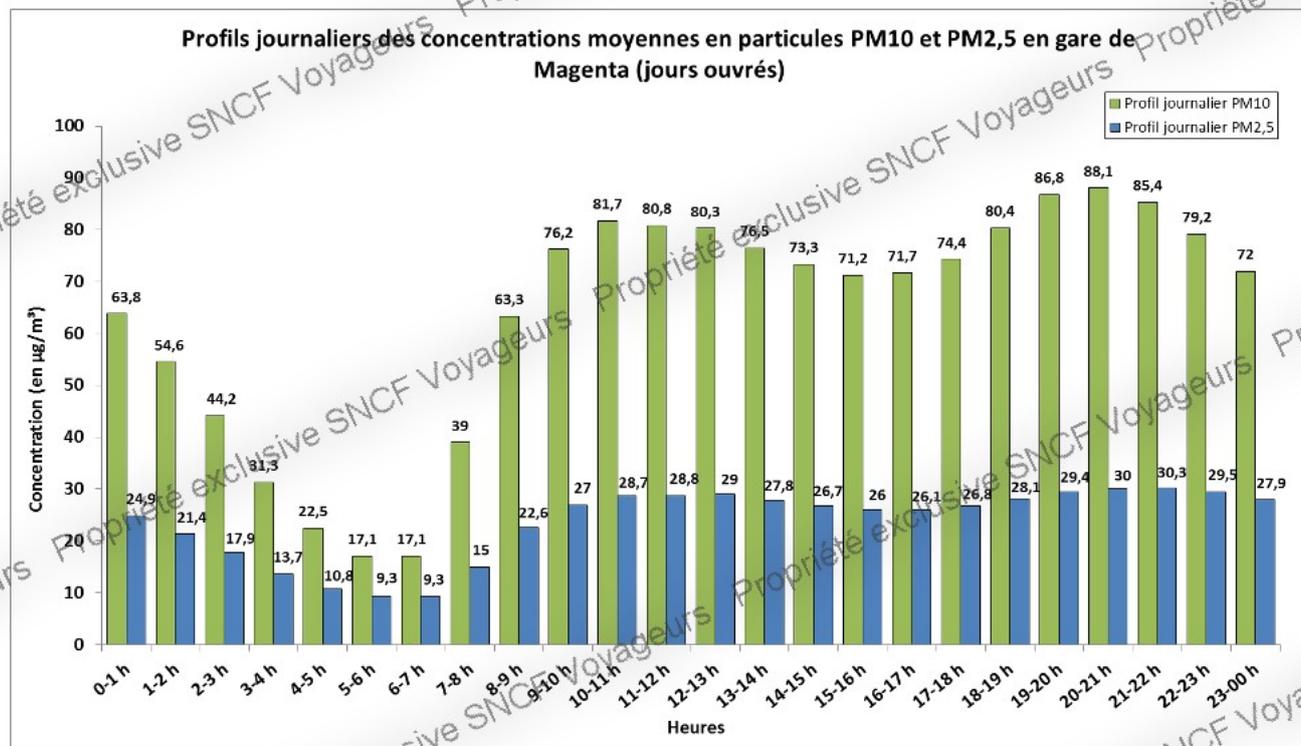


Figure 5 - Evolution des profils journaliers en PM10 et PM2,5 en gare de Magenta pour l'année 2018 (jours ouvrés)

Les profils journaliers présentés en Figure 5 pour les particules PM10 et PM2,5 sont comparables. Ils montrent la même évolution, à la fois pendant et en dehors des périodes d'ouverture de la gare. Les profils journaliers montrent 3 périodes importantes :

- une **période de pointe le matin**, approximativement de **9h00 à 12h00** ;
- une **période de pointe le soir** d'environ **18h00 à 22h00** ;
- une **période de fermeture de la gare au public de 01h00 à 05h00** (absence de circulations)

Durant les périodes de pointe, les concentrations horaires moyennes maximales sont mesurées, pour les deux types de particules, sur les créneaux horaires 10h – 11h et 20h – 21h. **Ainsi, aux heures de pointe, les concentrations horaires moyennes sont les plus élevées en particules et sont comprises entre 80 et 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et atteignent 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM2,5.**

Les concentrations les plus faibles sont mesurées durant la période de fermeture de la gare au public. Sur cette période, les niveaux diminuent jusqu'à environ 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules PM2,5.

Les fluctuations observées sur le profil PM2,5 sont de plus faible amplitude que celles observées pour les PM10. Ceci peut s'expliquer par la taille des particules émises lors des circulations ferroviaires qui sont majoritairement des particules grossières. Les fluctuations mises en évidence au sein des profils journaliers en particules, aux heures de pointe du matin et du soir, sont en lien avec les activités dans la gare et particulièrement avec la circulation ferroviaire. Le temps de dépôt des particules en suspension varie selon leur taille, ainsi la différence observée concernant l'amplitude des variations horaires peut en partie s'expliquer du fait que les particules les plus grosses se déposent plus rapidement.

3.2.4 - Variations horaires sur une semaine

Le détail des variations horaires des concentrations moyennes en particules sur une semaine (moyennes des 52 semaines de l'année 2018) est présenté en Figure 6.

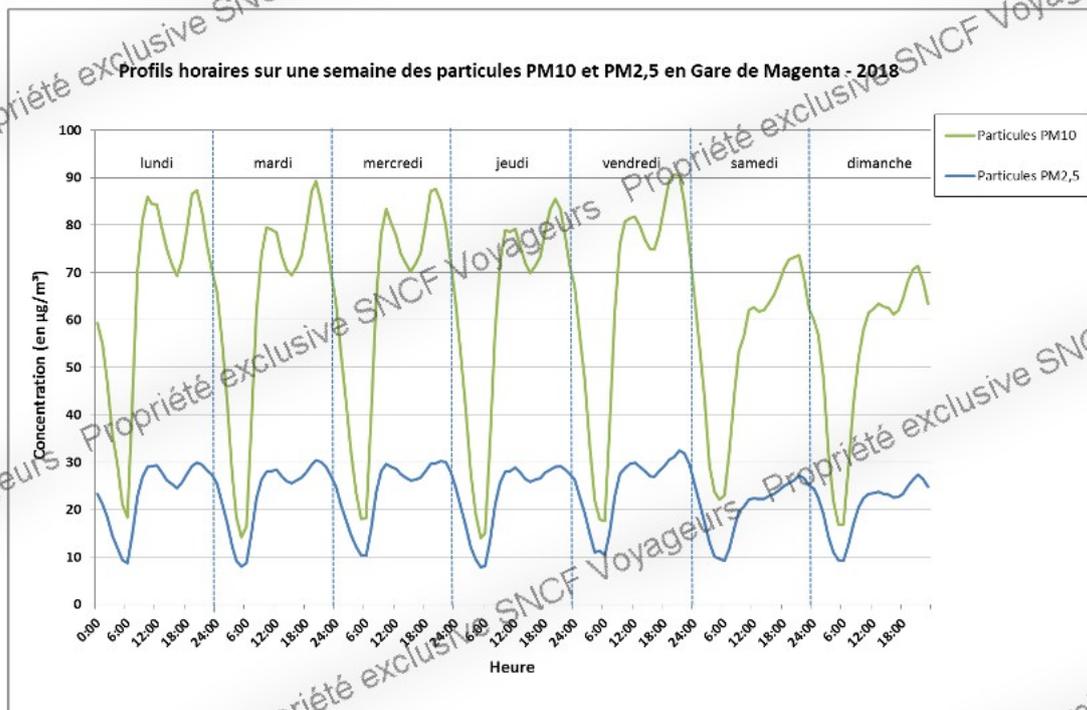


Figure 6 - Evolution des profils horaires sur une semaine complète en PM10 et en PM2,5 en gare de Magenta sur l'ensemble de l'année 2018

Ce graphique montre d'une part les variations journalières avec l'existence de deux pics de concentrations aux heures de pointes et les niveaux les plus faibles mesurés la nuit. D'autre part, il montre également la différence entre les variations observées les jours ouvrés et celles observées les samedis et dimanches (absence d'un réel pic de concentration le matin et atténuation des maximaux aux heures de pointe en fin de journée). Pour les jours ouvrés, il apparaît qu'à l'exception du lundi, le pic de concentration en PM10 est moins important le matin que le soir.

3.3 - Comparaison des principaux résultats avec les campagnes antérieures

Les campagnes de mesures en continu réalisées en 2016, 2017 et 2018 ont permis de collecter des données en quantité suffisante chaque année, rendant possible la comparaison des résultats obtenus lors de ces trois exercices sur divers pas de temps.

3.3.1 - Comparaison de la distribution des données

La Figure 7 permet de confronter la distribution des données de PM10 et PM2,5 lors des campagnes 2016, 2017 et 2018.

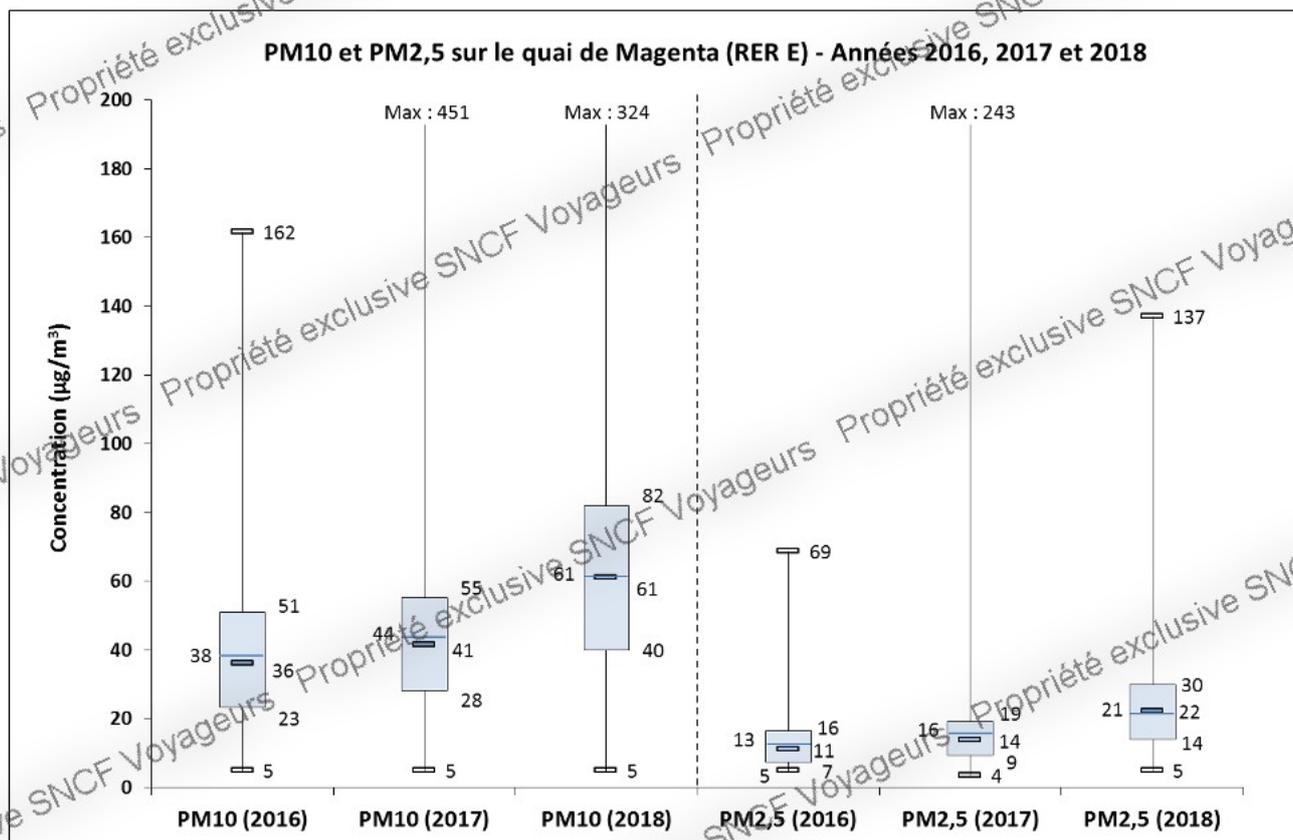


Figure 7 – Boîtes à moustaches des concentrations en moyenne horaire en PM10 et PM2,5 en gare de Magenta pour les années 2016, 2017 et 2018.

Les résultats indiquent qu'en 2018, une hausse des concentrations moyennes en PM10 et en PM2,5 a été observée par rapport à 2016 et 2017. Une augmentation des concentrations moyennes de 49% et 31% à respectivement été observée pour les PM10 et les PM2,5 entre 2017 et 2018. Cette hausse des concentrations moyennes est de l'ordre de 60% pour les deux fractions de particules entre 2016 et 2018. Les concentrations maximales en PM10 et PM2,5 mesurées en 2018 sont légèrement moins élevées par rapport à celles mesurées en 2017. Ces concentrations maximales ont toutefois été deux fois moins élevées en 2016. Il est à noter qu'en 2018, il n'y a pas eu suffisamment de données lors des mois de mars et avril, en raison d'une indisponibilité de l'analyseur de poussières. Cette indisponibilité de données s'est produite sur une période (mars – avril) pour laquelle il a été constaté, les années précédentes (2016 et 2017) des concentrations mensuelles mesurées parmi les plus basses de l'année. L'absence de données en 2018 à cette période, est peut-être en partie responsable de la hausse des concentrations annuelles mesurées pour les deux fractions de particules en 2018.

3.3.2 - Comparaison des données mensuelles

La Figure 8, en page suivante, présente les concentrations moyennes mensuelles en PM10 et PM2,5 obtenues lors des campagnes 2016, 2017 et 2018 en gare de Magenta.

Les résultats des trois années de mesures en continu montrent des différences dans l'observation des profils de concentrations en PM10 et PM2,5. Les résultats relatifs à la distribution annuelle des concentrations en particules issus de la représentation en boîtes à moustaches en Figure 8, confirment les similitudes observées entre les profils mensuels des années 2016 et 2017.

Les résultats 2018 montrent que :

- En janvier – février, les concentrations moyennes mensuelles en PM10 et PM2,5 sont comprises entre celles mesurées en 2016 et 2017 avec en moyenne d'environ **50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 et 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM2,5.**
- En septembre 2018 : les concentrations mensuelles en PM10 et PM2,5 sont sensiblement identiques à celles mesurées en 2016.

En dehors de ces périodes, **les concentrations en PM10 et PM2,5 mesurées en 2018 sont systématiquement supérieures à celles mesurées en 2016 et 2017.** Il est également intéressant de noter qu'en 2018, la période mai-juillet est synonyme de concentrations élevées similaires à celles observées en octobre-novembre, alors que cette période montrait jusqu'alors des concentrations moins élevées en 2016 et en 2017.

Propriété exclusive SNCF Voyageurs

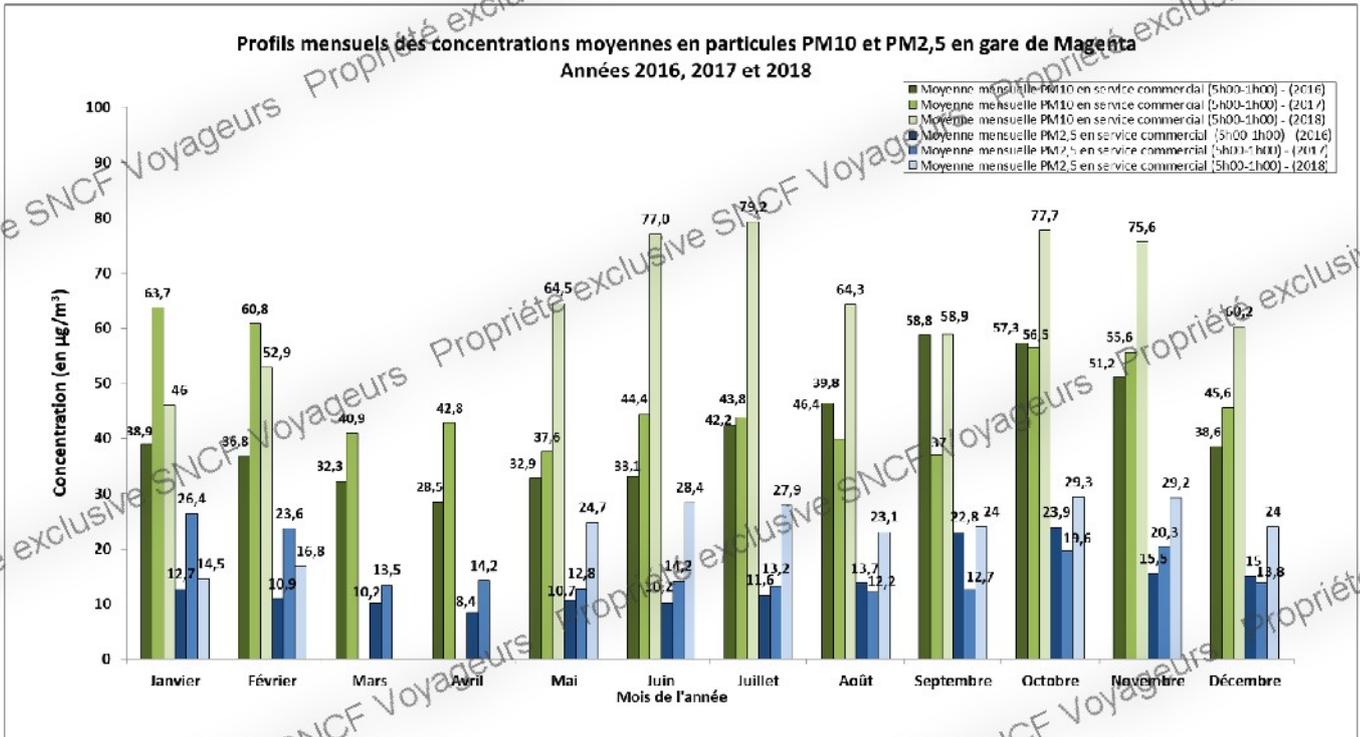


Figure 8 – Comparaison des profils mensuels de concentration en particules M10 et PM2,5 en gare de Magenta de 2016 à 2018

3.4 - Comparaison des données avec le site continu en gare de Sevrans-Beaudottes (RER B)

3.4.1 - Comparaison de la distribution des données

La Figure 9 permet de mettre en regard la distribution des données de PM10 et de PM2,5 mesurées lors des campagnes menées en gare de Magenta et Sevrans Beaudottes pour l'année 2018. Sur le site de Magenta l'acquisition des données s'est déroulée en continu du 01/01/2018 au 31/12/2018 alors que le site de mesure en continu en gare de Sevrans Beaudottes a permis l'acquisition de données du 06/06/2018 au 31/12/2018. La comparaison des données est réalisée sur les deux périodes mentionnées. En 2019, la comparaison des données sera effectuée sur une année complète pour les deux sites.

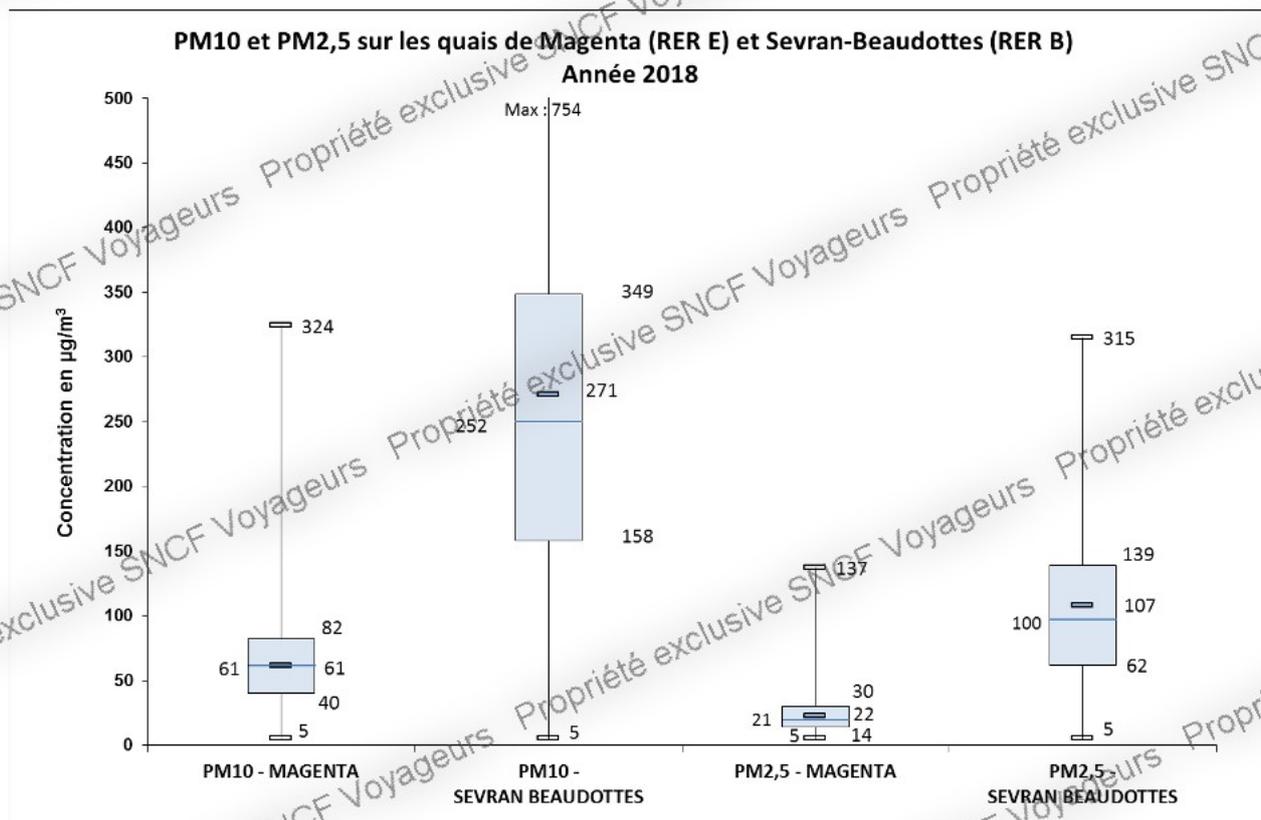


Figure 9 - Boîtes à moustaches des concentrations en moyenne horaire pour les PM10 et les PM2,5 en gare de Magenta et de Sevrans-Beaudottes pour l'année 2018.

La comparaison des données des deux sites de mesure indique que les concentrations moyennes lors du second semestre 2018 sur le site de Magenta sont :

- Plus de 4 fois moins importantes que la moyenne annuelle mesurée sur le site de Sevrans-Beaudottes pour la fraction de particules PM10 ;
- Près de 5 fois moindres que la valeur moyenne annuelle mesurée sur le site de Sevrans-Beaudottes pour la fraction de particules PM2,5.

Les concentrations horaires maximales mesurées en gare de Magenta sont plus de 2 fois inférieures aux concentrations maximales mesurées en gare de Sevrans-Beaudottes pour les deux fractions de particules.

3.4.2 - Comparaison des données mensuelles

La Figure 10 présente les concentrations moyennes mensuelles en service commercial pour les PM10 et PM2,5 lors des campagnes 2018 pour les gares de Magenta et Sevrans-Beaudottes.

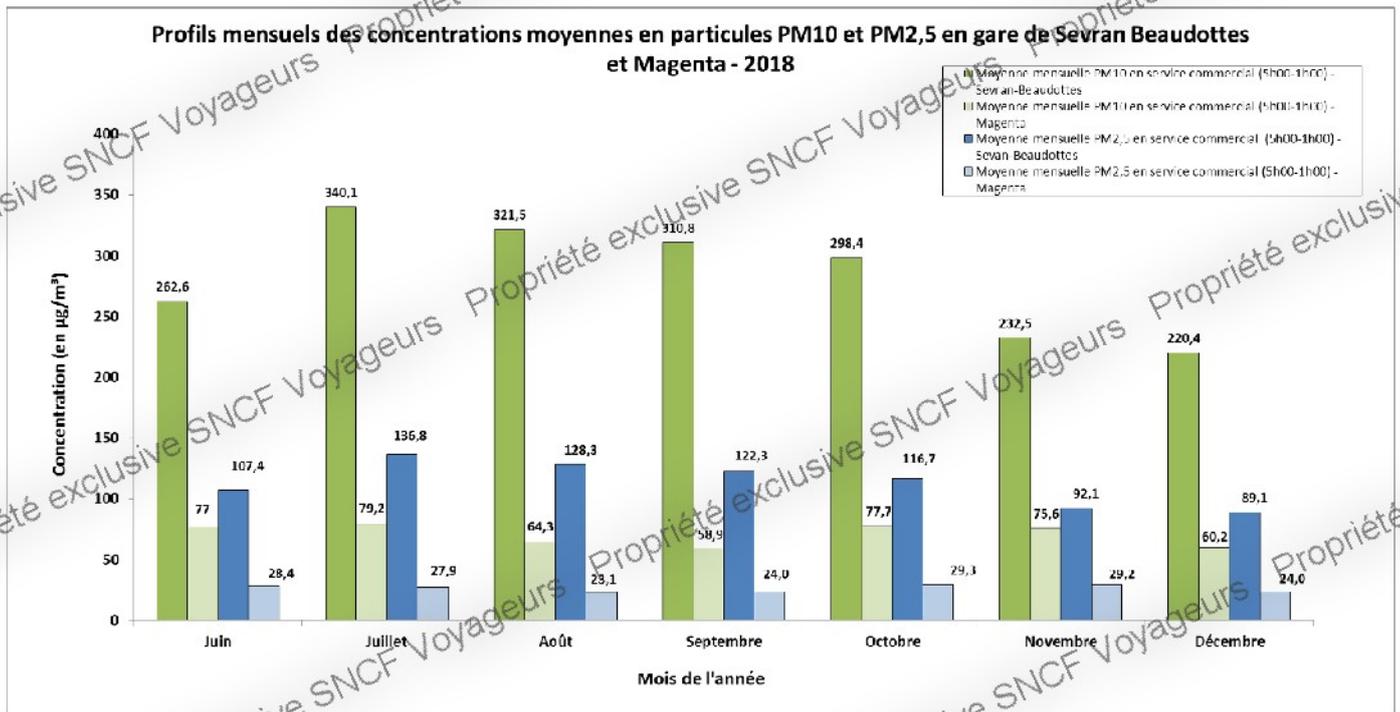


Figure 10 - Comparaison des profils mensuels de concentration en particules PM10 et PM2,5 en gare de Magenta (RERE E) et en gare de Sevrans-Beaudottes (RER B) - second semestre 2018.

Les résultats de la Figure 10 rendent compte des différences qui existent entre les concentrations mesurées en gare de Sevrans-Beaudottes et Magenta sur le second semestre 2018. Pour les PM₁₀, les concentrations moyennes mesurées en gare de Magenta sur la période juin à décembre 2018 sont comprises entre **58,9 et 79,2 µg/m³** contre des valeurs comprises entre **220,4 et 340,1 µg/m³ en gare de Sevrans-Beaudottes**. L'évolution des profils de PM₁₀ pour ces deux gares sont différents. Il est toutefois possible de constater que les concentrations en PM₁₀ les plus importantes pour chacune des deux gares sont observées lors du mois de juillet. La différence entre les profils réside dans le fait qu'en gare de Sevrans, après le mois de juillet les concentrations moyennes mensuelles diminuent progressivement jusqu'à atteindre la concentration moyenne mensuelle en service commercial la plus faible de l'année en décembre. Pour Magenta, les concentrations moyennes diminuent dès le mois d'août avant de connaître une nouvelle augmentation lors du mois d'octobre, bien que les concentrations soient légèrement inférieures à celles mesurées en juillet.

L'examen des profils de concentrations moyennes en PM_{2,5} montre que les concentrations sont comprises entre **23,1 et 29,3 µg/m³ en gare de Magenta** contre des valeurs comprises entre **89,1 et 136,8 µg/m³ en gare de Sevrans-Beaudottes** sur la période juin-décembre 2018. Le profil des concentrations en PM_{2,5} en gare de Sevrans-Beaudottes montre une évolution similaire au profil de concentrations décrit pour les PM₁₀. Le profil des concentrations en PM_{2,5} en gare de Magenta est également proche de celui des PM₁₀ dans cette même gare, avec cependant une concentration moyenne mensuelle maximale mesurée en octobre 2018.

Les ratios PM_{2,5}/PM₁₀ calculés à partir des concentrations moyennes mensuelles pour chacune des deux gares précédemment citées ont permis de calculer un ratio moyen PM_{2,5}/PM₁₀ sur la période juin-décembre 2018. **Ainsi en gare de Magenta le ratio PM_{2,5}/PM₁₀ est de 0,38 alors qu'en gare de Sevrans-Beaudottes le ratio moyen PM_{2,5}/PM₁₀ est de 0,40.** En dehors des différences de concentrations moyennes observées dans ces deux gares pour chacune des fractions de particules, il apparaît tout de même que la proportion de PM_{2,5} dans les PM₁₀ est proche pour ces deux gares.

4 - FACTEURS D'INFLUENCE ET DE CONFORT

4.1 - Trafic ferroviaire et fréquentation

Le trafic théorique en gare de Magenta (nombre théorique de trains par heure) pour l'année 2018 a été transmis par Transilien en fonction des jours ouvrés, samedis et dimanches sur la période couvrant la campagne de mesures. Le nombre théorique de trains circulant par jour en gare de Magenta est de 449 pour les jours ouvrés, de 375 pour les samedis et de 388 les dimanches.

La Figure 11 reprend sur un même graphique le nombre de trains en circulation avec les profils journaliers des concentrations moyennes en particules PM₁₀ pour les jours ouvrés.

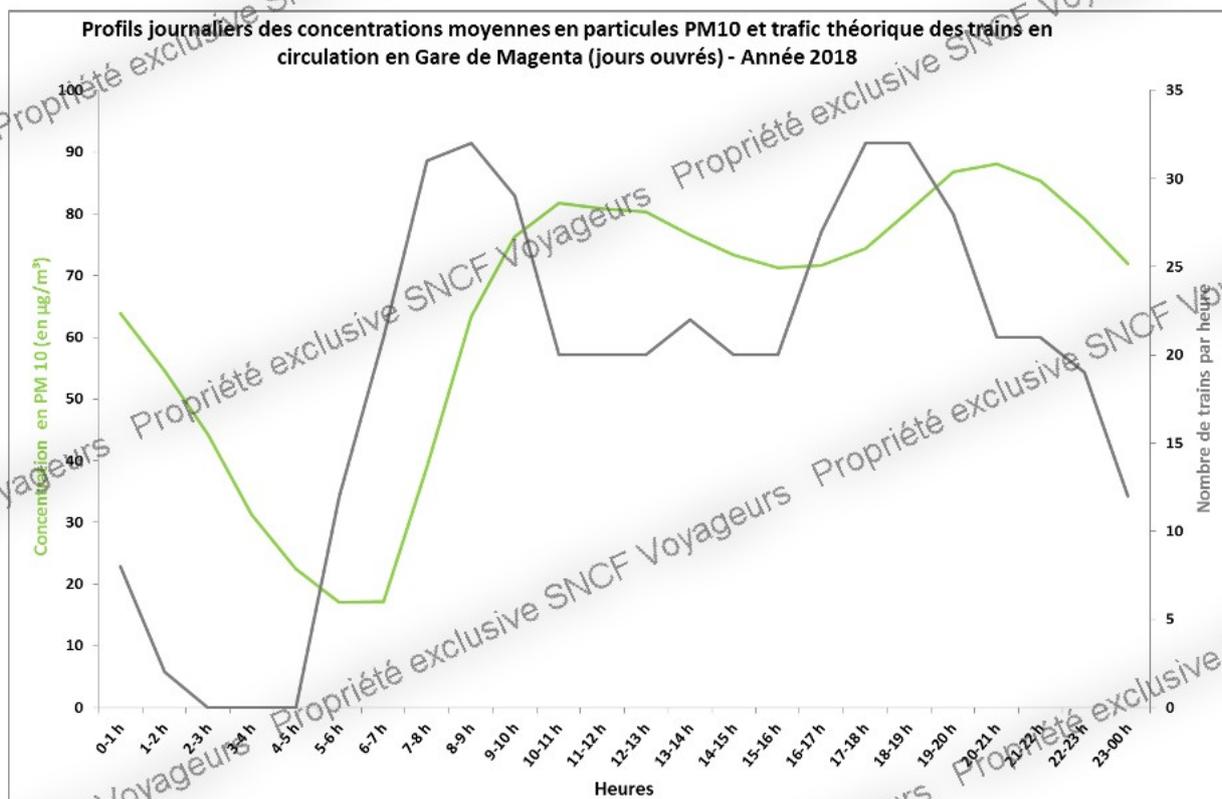


Figure 11 - Comparaison entre les profils journaliers en particules PM10 et le trafic théorique des trains en circulation en gare de Magenta lors des jours ouvrés pour l'année 2018

Les profils journaliers des concentrations en particules montrent un profil similaire au nombre théorique de trains en circulation en gare de Magenta. Il apparaît un décalage d'une heure entre les pics de concentration en PM10 et les pics de circulations des trains. Ceci s'explique en partie par le délai de la mesure. La valeur lue à 19h00 correspond aux valeurs mesurées entre 18h00 et 19h00.

Les niveaux en particules mesurés sur le quai en période d'ouverture de la gare au public (de 5h00 (J) à 1h00 (J+1)) sont plus importants que ceux mesurés en dehors de la période d'ouverture. Durant les périodes de pointe (de 8h00 à 10h00 et de 18h00 à 20h00), la densité du trafic est plus importante et l'émission de particules, ainsi que la remise en suspension le sont également. Au vu de ces résultats, il apparaît que la circulation des trains est une source d'émission en particules (génération et remise en suspension de particules).

La Figure 12 renseigne sur l'évolution mensuelle des concentrations en particules PM10 et du nombre de voyageurs en gare de Magenta pour l'année 2017.

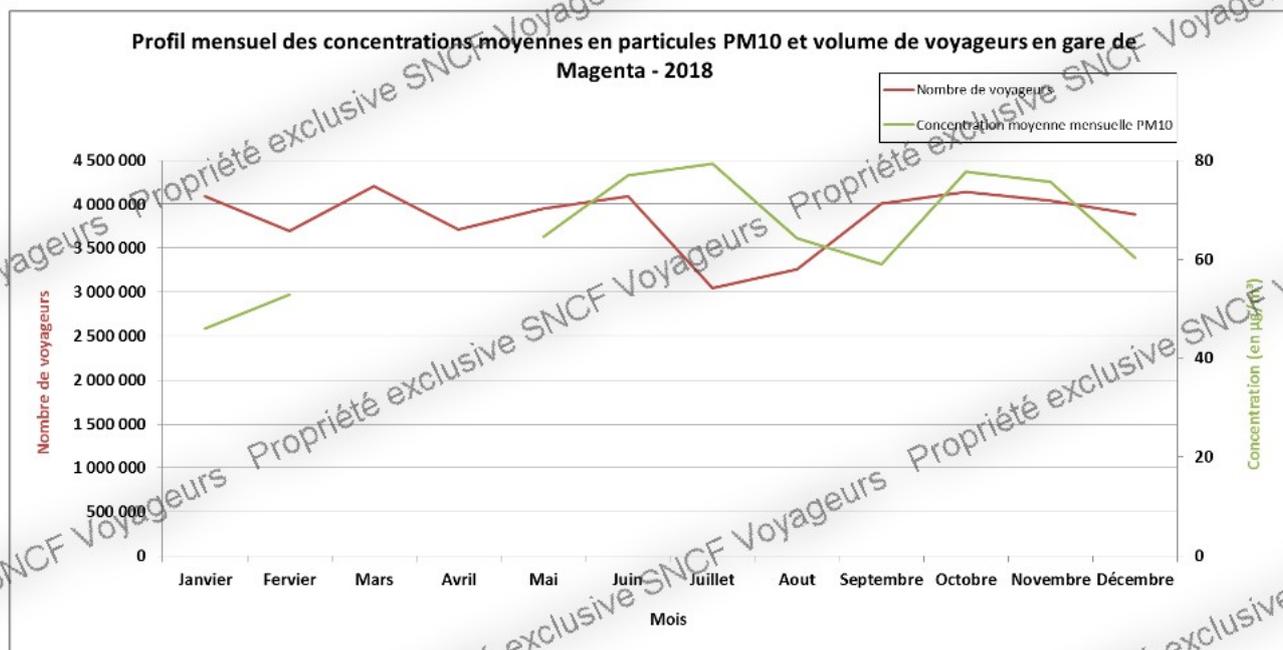


Figure 12 – Evolution mensuelle de la concentration en particules PM10 et du nombre de voyageurs en gare de Magenta pour l'année 2018.

Les résultats montrent qu'à l'échelle mensuelle il n'y a pas de corrélation entre le nombre de voyageurs ayant fréquenté la gare de Magenta et les concentrations moyennes de particules PM10 mesurés en 2018. L'évolution des courbes ne montre pas de similitudes particulières. Lors du mois de juillet par exemple, une importante diminution du nombre de voyageurs est observée probablement en lien avec le début de la période estivale alors qu'en parallèle la concentration moyenne mensuelle en PM10 est en hausse et affiche même la concentration moyenne mensuelle la plus importante de l'année 2018.

Comme en 2017, le lien entre le volume de voyageurs et les concentrations mesurées en PM10 n'est pas établi en 2018 contrairement à la campagne de mesure menée en 2016 pour laquelle les deux paramètres ont montré plus de concordances.

La Figure 13 renseigne l'évolution mensuelle du volume de voyageurs (ou fréquentation voyageurs) et du nombre de trains (ou circulations ferroviaires) en gare de Magenta pour l'année 2018.

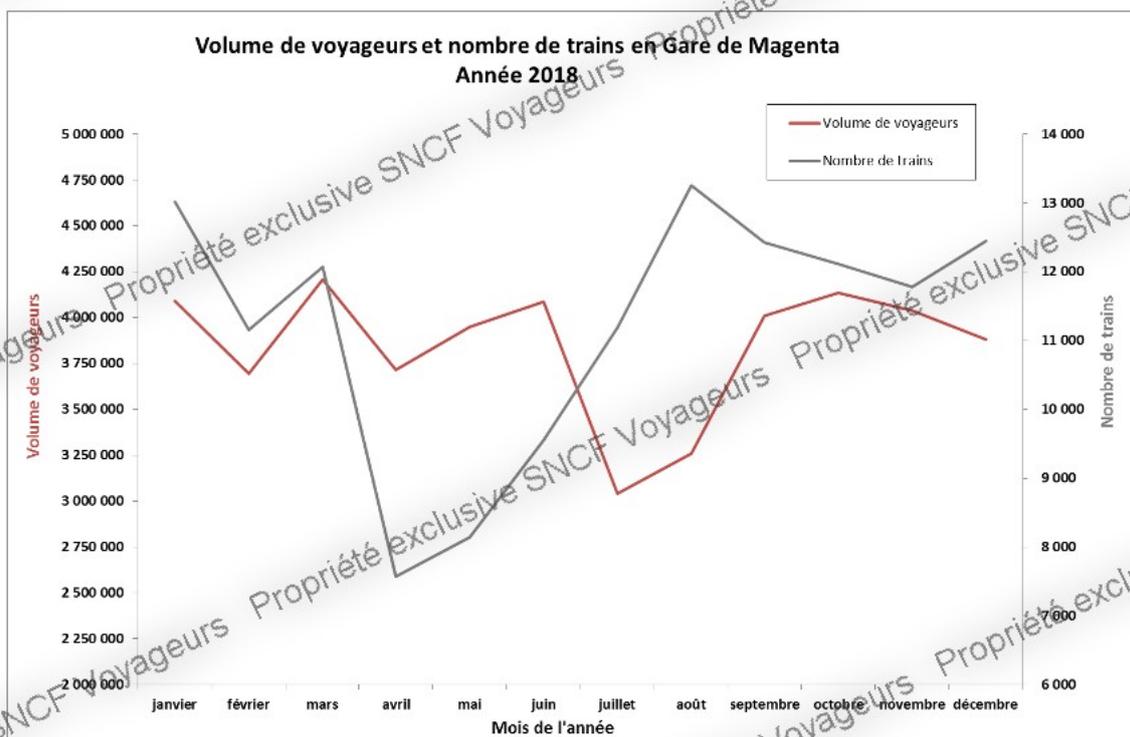


Figure 13 - Evolution mensuelle du volume de voyageurs et du nombre de trains en gare de Magenta pour l'année 2018.

Les données présentées en Figure 13 montrent les points suivants :

- Le volume de voyageurs et le nombre de trains ont une évolution globalement **similaire sur la période de janvier à mars**.
- La période **d'avril à juin 2018 est marquée par des épisodes de grèves**. Ces derniers sont à l'origine de la **diminution importante du nombre de trains** observée dès le mois d'avril avec 7571 trains ayant circulés contre 12072 trains en circulation en mars 2018. Dans le même temps, le volume de voyageurs diminue tout d'abord entre mars et avril passant de plus de 4 200 000 voyageurs à un peu plus de 3 700 000 avant de croître de nouveau lors des mois de mai et juin avec respectivement 3 949 360 et 4 087 226 voyageurs .
- Suite à cette période de grève, le **nombre de trains ayant circulé en gare de Magenta est en hausse lors des mois de juillet et août** avec respectivement 11180 et 13246 trains. **Le volume de voyageurs a dans un premier temps considérablement diminué** entre juin et juillet passant de 4 087 000 à 3 042 406 de voyageurs avant de connaître une légère augmentation en août pour atteindre 3 256 947.
- **Les deux paramètres sont ensuite assez stables en fin d'année** sur la période septembre-décembre 2018 avec en moyenne un peu plus de 4 000 000 de voyageurs et 12 000 trains ayant circulé en gare de Magenta.

4.2 - Ventilation

Il existe 2 types de ventilation en gare de Magenta :

- La ventilation de désenfumage. Cette ventilation a pour but d'évacuer les fumées produites par un incendie. Pour cela, divers scénarios de ventilation sont pilotés via un poste de commandement. Il est choisi en fonction de la localisation de l'incendie. Les scénarios et le fonctionnement des divers ventilateurs sont validés périodiquement par des essais de désenfumage effectués de nuit, hors périodes d'ouverture de la gare.

- La ventilation de confort. Son rôle est de renouveler l'air des gares et des tunnels. Elle joue également un rôle de régulation de la température en extrayant l'air chaud par les puits Papillon. Les particules générées par la circulation ferroviaire en tunnel sont donc dirigées préférentiellement vers l'extérieur plutôt que vers la gare. Ce trajet élimine également la chaleur produite par les rames en tunnel pour éviter de réchauffer la gare.

Un schéma descriptif est repris en Figure 14.

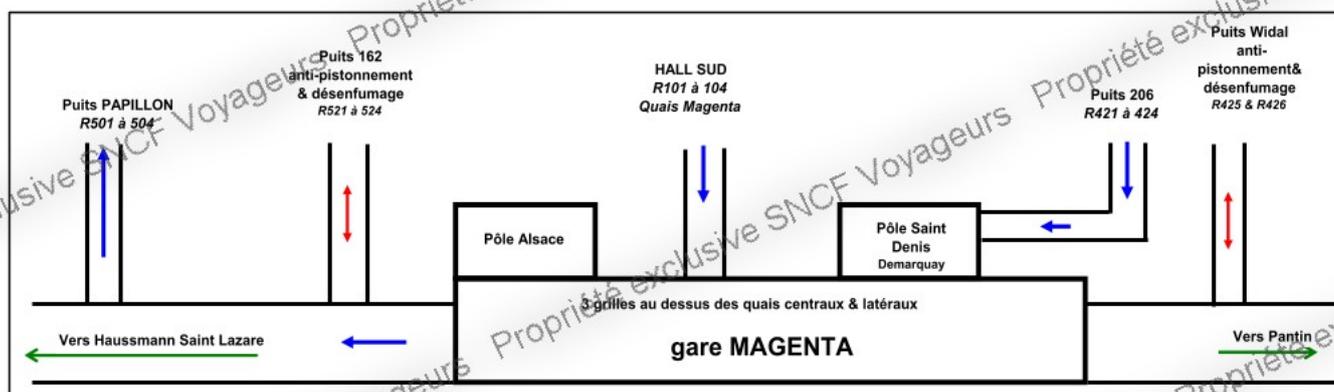


Figure 14 - Représentation schématique de la ventilation du RER E.

Sur ce schéma, les **flèches bleues** correspondent au sens de l'air induit par les ventilateurs via les grilles, couloirs et tunnels. Les **flèches rouges** correspondent aux puits de désenfumage où le sens de l'air alterne en fonction de l'effet piston produit par la circulation ferroviaire.

Il n'a pas été noté de dysfonctionnement du système de ventilation durant l'année 2018.

Les exercices de désenfumage réalisés au mois de septembre n'ont pas montré de variations particulières des concentrations en particules PM10 et PM2,5.

Il n'a donc pas été possible cette année d'étudier l'influence de variations de la ventilation sur les concentrations en particules.

4.3 - Qualité de l'air extérieur

4.3.1 - Généralités

La qualité de l'air ambiant mesurée à l'extérieur diffère de celle mesurée dans les enceintes ferroviaires souterraines (EFS), mais les polluants de l'air extérieur peuvent tout de même influencer la qualité de l'air mesurée en ces lieux.

Dans les EFS, la qualité de l'air peut être influencée par les caractéristiques suivantes :

- la typologie de la gare : souterraine ou mixte (c'est-à-dire à la fois aérienne et souterraine) ;
- sa profondeur ;
- son système de ventilation (entretien et maintien des performances) ;
- sa fréquentation (nombre de voyageurs) ;
- la fréquence de circulation du matériel roulant ;
- son ancienneté ;
- son environnement dans le milieu urbain et en particulier ses liaisons avec l'extérieur.

L'influence de la pollution extérieure sera d'autant plus marquée que la gare est peu profonde et qu'il existe divers accès vers l'extérieur. De manière générale, les émissions anthropiques (relatives aux activités humaines) et les conditions météorologiques conditionnent la qualité de l'air ambiant extérieur.

Les conditions météorologiques sont variables d'une année à l'autre et peuvent à elles seules être synonymes de conditions favorables ou défavorables à l'accumulation des polluants atmosphériques, comme les polluants particulaires (PM10 et PM2,5). En effet, des conditions météorologiques dépressionnaires associées généralement à un temps pluvieux ou venteux sont en général favorables à la dispersion des polluants atmosphériques. Alors qu'à l'inverse des conditions anticycloniques associées à des vents de faible intensité et/ou à la présence d'inversions de températures sont souvent favorables à l'accumulation de la pollution dans les basses couches de l'atmosphère.

4.3.2 - Comparaison avec une station de mesure extérieure voisine

Les niveaux moyens mensuels en PM10 mesurés en gare de Magenta sont comparés à ceux mesurés par la station extérieure Airparif la plus proche géographiquement.

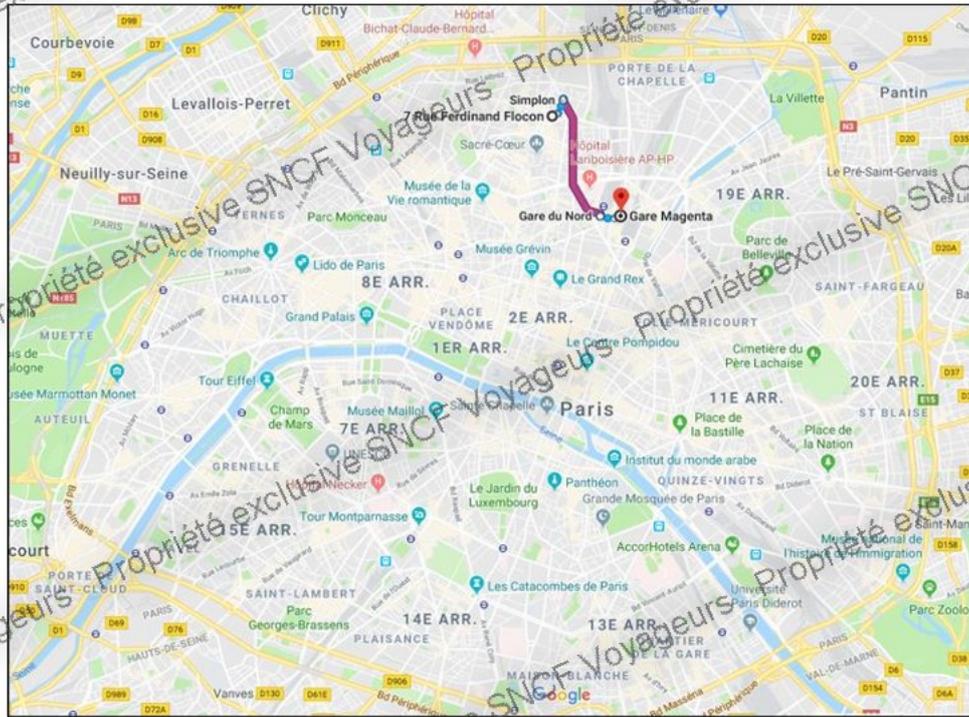


Figure 15 – Plan de situation de la gare de Magenta et de la station de fond urbaine la plus proche.

Cette station de fond urbain est située au **7 rue Ferdinand Flocon** dans le 18^{ème} arrondissement parisien. Une représentation est fournie en Figure 15.

La Figure 16 présente l'évolution des concentrations moyennes mensuelles en particules PM10 mesurées en gare de Magenta et au niveau de la station urbaine Airparif située dans le 18^{ème} arrondissement.

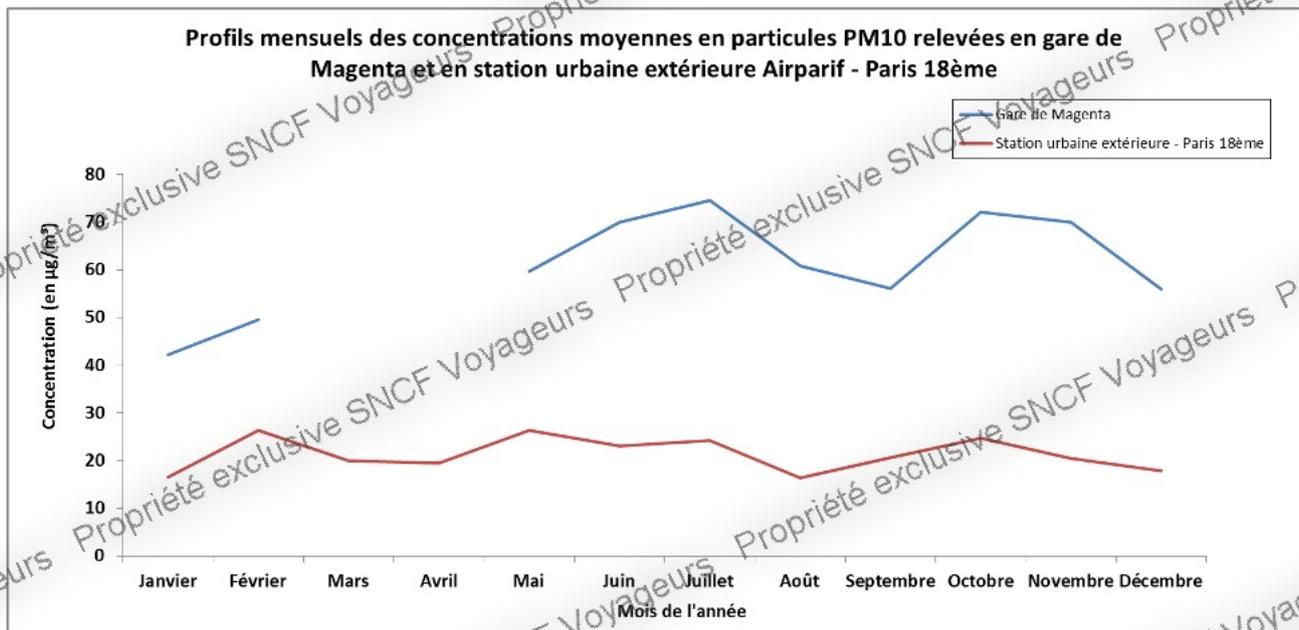


Figure 16 - Evolution mensuelle de la concentration en PM10 en gare de Magenta et en station urbaine Airparif - Paris 18^{ème}.

L'évolution des deux profils de concentrations en PM10 rend compte des différences entre les deux environnements considérés tout au long de l'année. Dans un premier temps, il apparaît que les variations de concentrations en PM10 sont de moindre importance au

niveau de l'air extérieur puisque les concentrations sont comprises en 16,4 et 26,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contre des valeurs comprises entre 42 et 74,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en gare de Magenta. Des tendances à la hausse (février, juillet et octobre) et à la baisse (août, novembre et décembre) des concentrations moyennes en PM10 sont observées à la fois en gare et au niveau de la station extérieure. Cependant, on observe également des mois où les tendances conjointes à la hausse et à la baisse de concentrations en PM10 ont été mesurées entre l'environnement extérieur et la gare souterraine, notamment en juin et septembre. De manière générale, les données montrent qu'en 2018, ces deux paramètres sont faiblement corrélés (coefficient de Pearson calculé sur les données horaires tout au long de l'année pour les deux variables est de 0,21).

4.3.3 - Influence des conditions météorologiques extérieures (bilan météorologique et épisodes de pollution)

Il a été mentionné en paragraphe 4.3.1 que les conditions météorologiques extérieures peuvent influencer de manière favorable ou défavorable les niveaux de pollution vis-à-vis de certains polluants. Dans son bilan annuel relatif à la pollution de l'air en Île-de-France publié en 2018, l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France, Airparif, montre que « 2018 se révèle être une année particulièrement chaude et ensoleillée ».

En ce qui concerne **les températures**, le bilan montre que « Les mois d'avril à juillet ont été plus chauds qu'à l'accoutumée (+1,8 °C à +3,6 °C par rapport aux normales). L'été 2018 se caractérise par des températures supérieures aux valeurs saisonnières, dont une vague de chaleur exceptionnelle (24 juillet au 8 août). La période estivale se classe ainsi au deuxième rang des étés les plus chauds, loin derrière 2003 mais devant 2017. »

Vis-à-vis du paramètre **pluviométrie**, les données indiquent que « sur l'ensemble de l'année 2018, la quantité de précipitations a été conforme à la normale, avec toutefois deux semestres bien contrastés. La pluviométrie, contrastée au fil des mois a été très excédentaire au premier semestre, puis très déficitaires à compter de juillet, à l'exception de novembre et décembre. « ». Le déficit pluviométrique lors du second semestre est compris entre - 30% et - 80% par rapport à la normale. »

Les conditions météorologiques ont montré que les épisodes de pollution aux particules ont été peu nombreux (3 jours d'épisodes de pollution en PM10 au mois de février 2018) en raison « des conditions météorologiques hivernales assez clémentes et dispersives. »

4.3.4 - Paramètres de confort

Les paramètres de confort (température ambiante et humidité relative) ont été mesurés sur le quai durant toute la période de la campagne de mesure. Le traitement des données de température et d'humidité relative à partir des relevés quart-horaires est présenté dans les boîtes à moustache en Figure 17. Il est à noter que les données d'humidité relative sont indisponibles entre mars et septembre suite à un défaut d'enregistrement sur l'appareil des données liées à ce paramètre. Les données de températures sont quant à elles indisponibles pour les mois de mars et avril en raison d'indisponibilités des appareils de mesures sur cette période.

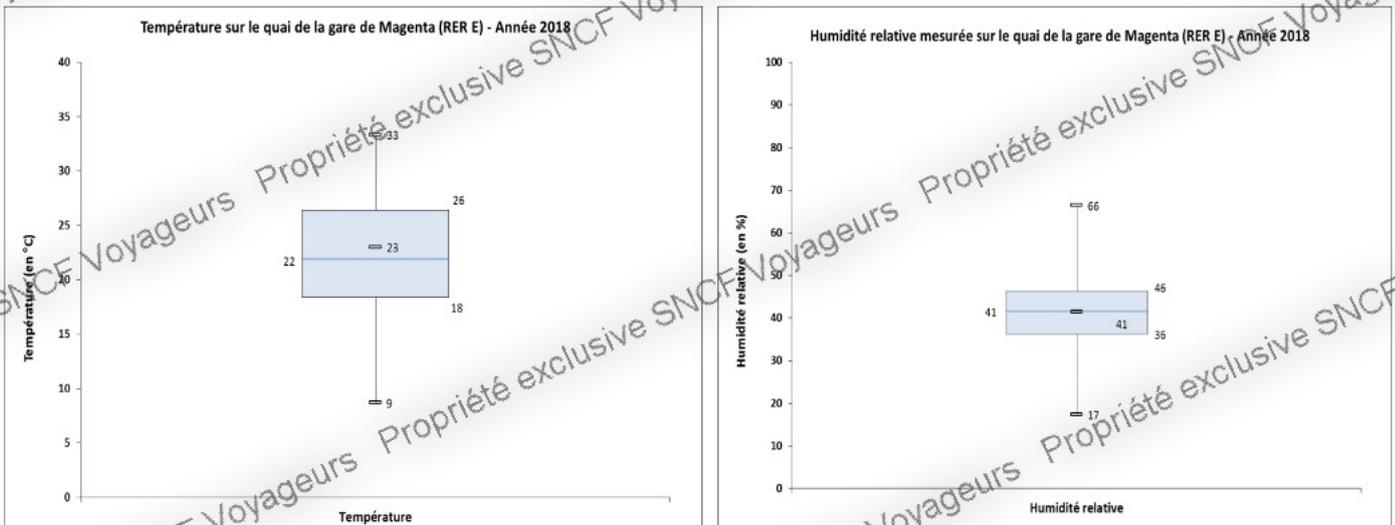


Figure 17 – Représentation en boîtes à moustaches des relevés quart-horaires de température ambiante (en °C) et d'humidité relative (en %) en gare de Magenta pour l'année 2018.

Les résultats indiquent que la température moyenne en gare de Magenta est de **22°C**, avec des valeurs mesurées **comprises entre 9 et 33°C**. La moitié des données mesurées durant l'année montre des températures comprises entre 18 et 26 °C. Ces données sont relativement proches de celles mesurées lors des campagnes précédentes :

- En 2017, la température moyenne annuelle est de 20°C.
- En 2016, la température moyenne annuelle est de 19°C.

L'humidité relative moyenne en gare de Magenta est de **41%** en 2018. Les valeurs mesurées ont été **comprises entre 17 et 66%** alors que la moitié des données mesurées durant l'année montrent des valeurs comprises entre 36 et 46%. Les données 2018 relative à ce paramètre montrent des différences avec les années précédentes :

- En 2017, l'humidité relative moyenne annuelle est de 49%.
- En 2016, l'humidité relative moyenne annuelle est de 53%.

Les données 2016 et 2017 sur le paramètre humidité relative sont assez proches mais l'écart constaté avec les résultats obtenus en 2018 peut être expliqué par le manque de données disponibles en 2018.

La Figure 18 présente l'évolution mensuelle des concentrations en particules PM10 et des températures mesurées en gare de Magenta pour l'année 2018.

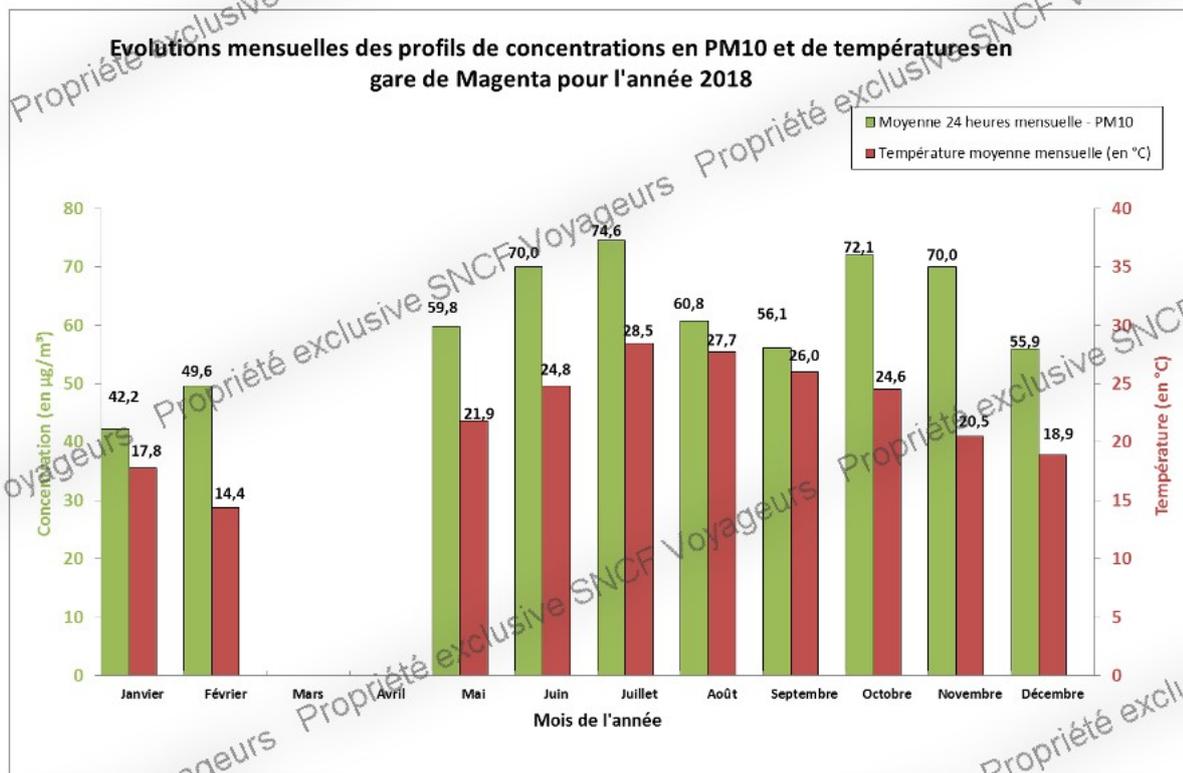


Figure 18 – Profil de concentrations en PM10 et de température en gare de Magenta – Année 2018

Les résultats de la figure 18 montrent que la période la plus chaude de l'année est le second semestre 2018. Dès le mois de juillet les températures moyennes mesurées sur le quai de Magenta ont atteint 28,5°C, soit la température moyenne mensuelle la plus importante de l'année. On note que le mois de juillet est également le mois ayant la concentration mensuelle la plus importante de l'année. Les températures moyennes sur le quai de la gare baissent ensuite progressivement tout le long de l'année mais restent légèrement plus importantes que celles mesurées 2017.

Les profils de température et les concentrations moyennes en PM10 mesurées sur le quai ne sont pas corrélés de manière forte. Les informations montrent par exemple qu'en juillet la concentration moyenne en PM10 est de 74,6 µg/m³ pour une température moyenne de 28,5°C. Lors du mois d'août la concentration moyenne mensuelle a fortement diminué pour atteindre 60,8 µg/m³ alors que la température moyenne du mois d'août reste très proche de celle mesurée durant le mois de juillet : 27,7°C. Enfin les mois d'octobre et novembre ont montré des concentrations moyennes en PM10 très proches de celles mesurées durant la période estivale alors que les températures moyennes mesurées ont diminué.

Conclusion :

L'examen des facteurs d'influence vis-à-vis des concentrations en particules en gare de Magenta a permis de montrer l'impact plus ou moins marqué, de plusieurs paramètres : circulations ferroviaires, nombre de voyageurs, conditions météorologiques extérieures, épisodes de pollution.

En effet, la comparaison des profils journaliers de concentrations en particules PM10 avec l'évolution des circulations ferroviaires montre l'importance des circulations ferroviaires sur l'émission des particules et les niveaux mesurés. Comme en 2017, la comparaison entre les flux de voyageurs mensuels et les concentrations moyennes mensuelles en particules PM10 n'a pas montré de lien évident entre ces deux paramètres.

La comparaison des données de la station urbaine d'Airparif située au plus proche de la gare de Magenta a parfois montré des similitudes en matière d'évolution des concentrations moyennes en PM10 à l'échelle mensuelle, cependant les deux paramètres semblent faiblement corrélés.

5 - CONCLUSION

Ce rapport présente les niveaux de concentration observés en gare de Magenta pour les particules PM_{2,5} et PM₁₀ dans le cadre de la campagne de mesure réalisée en continu sur l'année 2018.

La concentration moyenne annuelle en gare de Magenta sur l'ensemble de la période de mesures a été de **61 µg/m³ en PM₁₀ et de 21 µg/m³ en PM_{2,5}**. La répartition mensuelle des concentrations moyennes a montré l'existence de périodes durant lesquelles les niveaux de particules mesurés ont été plus importants en 2018. En effet, la période estivale avec les mois de **juin et juillet** et la période automnale avec les mois **d'octobre et novembre**, ont montré les concentrations moyennes mensuelles les plus importantes de l'année 2018. L'évolution des profils hebdomadaires a montré l'existence de différences des niveaux particuliers mesurés entre les jours ouvrés et les week-ends : une baisse de l'ordre de **15% pour les PM₁₀ et de 12% pour les PM_{2,5} sont observées les week-ends par rapport aux jours ouvrés**. Le détail des profils journaliers a révélé l'existence de deux pics de concentrations en particules mesurés aux heures de pointes du matin (8h-12h) et du soir (18h-22h). Ces profils ont révélé également une chute des niveaux mesurés la nuit, lors de la période de fermeture de la gare.

La circulation ferroviaire et la fréquentation des voyageurs sont a priori les principaux paramètres permettant d'expliquer les niveaux en polluants particuliers observés en gare de Magenta au vu de sa configuration (gare souterraine, construite à 30 mètres de profondeur, équipée d'un système de ventilation de confort), bien que l'influence de ces paramètres à l'échelle mensuelle et leur corrélation avec les concentrations en particules mesurés soient moins évidente. Ces paramètres constituent toutefois un ensemble complexe : c'est pourquoi la seule analyse d'un paramètre indépendamment des autres n'est parfois pas suffisante pour expliquer les niveaux de polluants particuliers mesurés.

La comparaison des données disponibles entre les exercices 2016, 2017 et 2018 a montré que les valeurs mesurées pour les particules PM₁₀ et PM_{2,5} sont légèrement à la hausse lors de l'année 2018. Les niveaux de particules mesurés sont légèrement supérieurs sur l'exercice 2018 que sur l'exercice 2017. Une augmentation des concentrations moyennes de 49% et 31% à respectivement été observée pour les PM₁₀ et les PM_{2,5} entre 2017 et 2018. Cette hausse des concentrations moyennes est de l'ordre de 60% pour les deux fractions de particules entre 2016 et 2018.

ANNEXES

RAPPORT

**SITE DE MESURES DE PARTICULES EN CONTINU EN GARE
DE MAGENTA - 2018**

SOMMAIRE DES ANNEXES

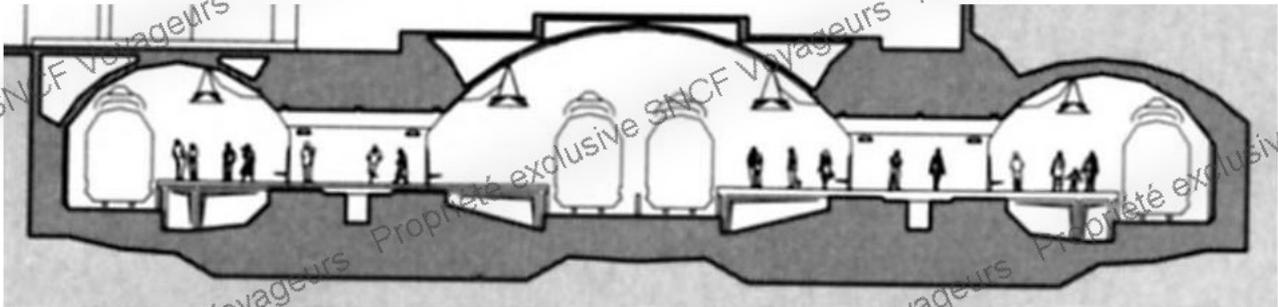
ANNEXE 1 : : Descriptif de la gare de Magenta.....	39
ANNEXE 2 : Localisation du site de mesures	40

GARE DE MAGENTA (RER E)

Caractéristiques architecturales

Le niveau des quais est situé à 30,1 m sous le niveau de la rue (rue du Faubourg Saint Denis). La gare comporte 2 quais et 4 voies (51, 52, 53 et 54) sur béton. Les quais comprennent un tunnel central (section 50 m²) à deux voies et deux tunnels latéraux (section 32 m²), chacun à une voie (voir coupe ci-dessous). Le volume au niveau des quais, calculé par l'AREP en 2011, est de 49 248 m³.

Les circulations ferroviaires s'effectuent dans les 3 tubes selon les besoins. Aux heures de pointes, les 4 voies sont utilisées. Aux heures creuses, les 2 tubes latéraux sont utilisés et des rames terminus stationnement dans le tube central. Ces divers mouvements induisent des mouvements d'air variables, en particulier dans les passages reliant les quais.



Vue en coupe des quais de la gare de Magenta

La gare comporte également deux grands ensembles reliant les quais à la gare du Nord et au quartier proche de la gare de l'Est :

- le « pôle Saint Denis » qui comprend un niveau supérieur, une passerelle intermédiaire et un niveau inférieur ;
- le « pôle Alsace » qui comprend une terrasse haute, une terrasse médiane et une terrasse basse.

Elle est encadrée par 2 tunnels d'une longueur de 2574m vers l'ouest (Hausmann-St Lazare, actuel terminus parisien du RER E) et de 1048m vers l'est (sortie vers l'extérieur).

Matériel roulant

Le type de matériel circulant en service commercial en gare de Magenta est constitué des rames MI2N (Z22 500) ainsi que des rames NAT (Z50 000).

En conditions normales de circulation, le nombre de trains par jour ouvré est de 432.

Fréquentation des voyageurs

En termes de fréquentation, la gare accueille chaque année 76401 voyageurs montants par jour ouvrable (2016).



Photographie 1 : Vue générale de la gare



Photographie 2 : Emplacement de la baie de mesure