

AGENCE D'ESSAI FERROVIAIRE



RAPPORT

**SITE DE MESURES DES PARTICULES EN CONTINU EN GARE
DE MAGENTA - 2019**

DOC054177-00 / 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 WATBLED Anaïs

10 Rue Camille MOKE

93212 SAINT DENIS

France

SITE DE MESURES DES PARTICULES EN CONTINU EN GARE DE MAGENTA - 2019

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 2019 ont été respectivement de 64 et 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 2019.

La comparaison des données disponibles en 2019 avec les exercices 2016, 2017 et 2018 a montré une augmentation des concentrations moyennes en PM10 et PM2,5. Ces dernières ont augmenté de 5% et 14% pour les PM10 et les PM2,5 entre 2018 et 2019, et de 68% et 85% respectivement pour les PM10 et PM2,5 entre 2016 et 2019.

Elaboration du rapportRédacteur

Nom : BRUN Ghislain

Fonction : Technicien supérieur en qualité de l'air

Vérificateur

Nom : CARRILHO Heidi

Fonction : Responsable du centre de compétence

Approbation du rapport

Nom : DUPONT Laurent

Fonction : Responsable du Pôle

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 2019 Surveillance et information en Ile-de-France

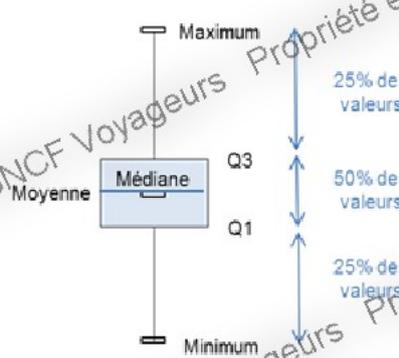
DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE INTERNE AEF

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)
DOC050453	Site de mesures de particules en continu en gare de Magenta (2018)
DOC054178	Site de mesure de particules en continu en gare de Sevrans-Beaudottes (2019)

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	10
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)	24
4 - FACTEURS D'INFLUENCE ET DE CONFORT	26
4.1 - Trafic ferroviaire et fréquentation	26
4.2 - Ventilation	29
4.3 - Qualité de l'air extérieur	30
5 - CONCLUSION	36
ANNEXES	37
SOMMAIRE DES ANNEXES	38

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 étudiant les facteurs d'influence. Il n'existe pas de décret d'application spécifique à la surveillance de la qualité de l'air dans les 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 2019.

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 ses 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 mécanique 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). Il y a toutefois eu une estimation non précise du nombre de voyageurs en 2019. Le nombre de trains (théorique) circulant par jour en gare de Magenta est de 409 les jours ouvrés, de 369 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 réglementairement dans l'air extérieur, dont les concentrations sont plus élevées en général dans les EFS que dans l'air ambiant extérieur, en particulier sur les quais souterrains.

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 (PM2,5).

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 aérodynamique (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).

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) repose 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, en masse, 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, 2017 et 2018). 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 fonctionnant en continu, ce rapport détaille les mesures effectuées du 01/01/2019 au 31/12/2019 inclus. Cette période d'un an permet d'avoir suffisamment de données collectées et validées donnant une robustesse aux statistiques présentées dans les résultats.

Les rapports annuels sont déjà disponibles en ligne pour les années précédentes, de 2016 à 2018.

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les deux tailles.

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 palier 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 supérieures 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 ;
- à des arrêts des analyseurs pour cause de travaux en gare (gare fermée au public pendant ces travaux).

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

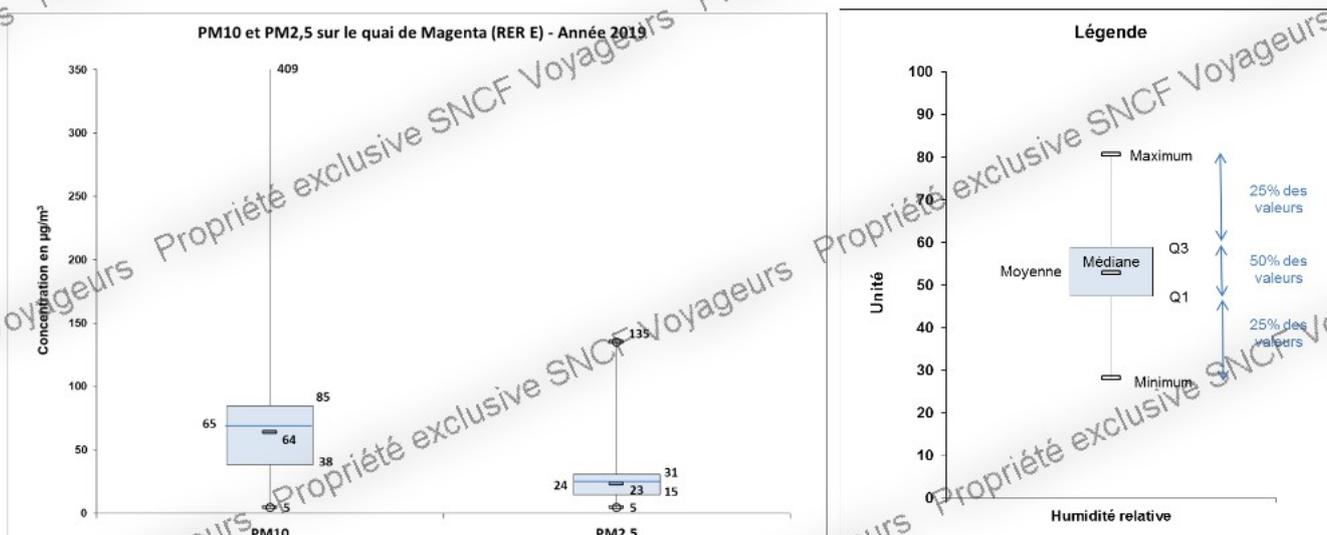


Figure 2 - Boîtes à moustaches des concentrations en moyennes horaires en PM2,5 et en PM10 exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en gare de Magenta pour l'année 2019

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 2019 en **Figure 2**. Il est à noter qu'en 2019, il n'y a pas eu suffisamment de données lors des mois de juillet et août (période de fermeture de la gare du 15 juillet au 02 septembre – gare fermée au public), en raison d'une indisponibilité de l'analyseur de poussières pour cause de travaux en gare. De plus, la gare a été fermée du 5 au 15 décembre 2019 pour cause de mouvement social (grève nationale).

Les boîtes à moustaches montrent une distribution « équilibrée » des concentrations pour les PM10 et les PM2,5, avec cependant des valeurs maximales ponctuelles et importantes. Concernant les PM10, la moitié des concentrations mesurées sont comprises entre **38 et 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , avec une moyenne de **65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** et une médiane de **64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Pour les PM2,5, la moitié des concentrations mesurées sont comprises entre **15 et 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , avec une moyenne de **24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** et une médiane à **23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . La proportion moyenne de particules PM2,5 dans les particules PM10 est de **41%**, soit un **ratio moyen PM2,5/PM10 de 0,41** 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 30 avril 2019 de 04h00 à 05h00. La concentration en PM10 a atteint **409 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** en moyenne horaire soit **6 fois la concentration moyenne annuelle** mesurée en gare de Magenta. La concentration en particules fines PM2,5 mesurée durant ce pic a atteint **75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** soit **3 fois la concentration moyenne annuelle en PM2,5**. Ce pic de concentrations est survenu suite aux travaux d'avril qui se sont déroulés en gare de Magenta.

Conclusion :

Les concentrations moyennes annuelles en PM10 et en PM2,5 sont respectivement de **65 µg/m³** et **24 µg/m³**. Il est à noter qu'en 2019, une partie des données lors des mois de juillet et août sont absentes, en raison d'une indisponibilité de l'analyseur de poussières. Les concentrations horaires maximales mesurées pour chacune des deux fractions de particules PM10 et PM2,5 ne sont pas représentatives d'une situation ordinaire et sont très supérieures aux concentrations moyennes mesurées en gare de Magenta.

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 en 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 PM2,5 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 (+8,9% en moyenne sur l'année pour les PM10 et +8,6% en moyenne sur l'année pour les PM2,5) 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.

Propriété exclusive SNCF Voyageurs

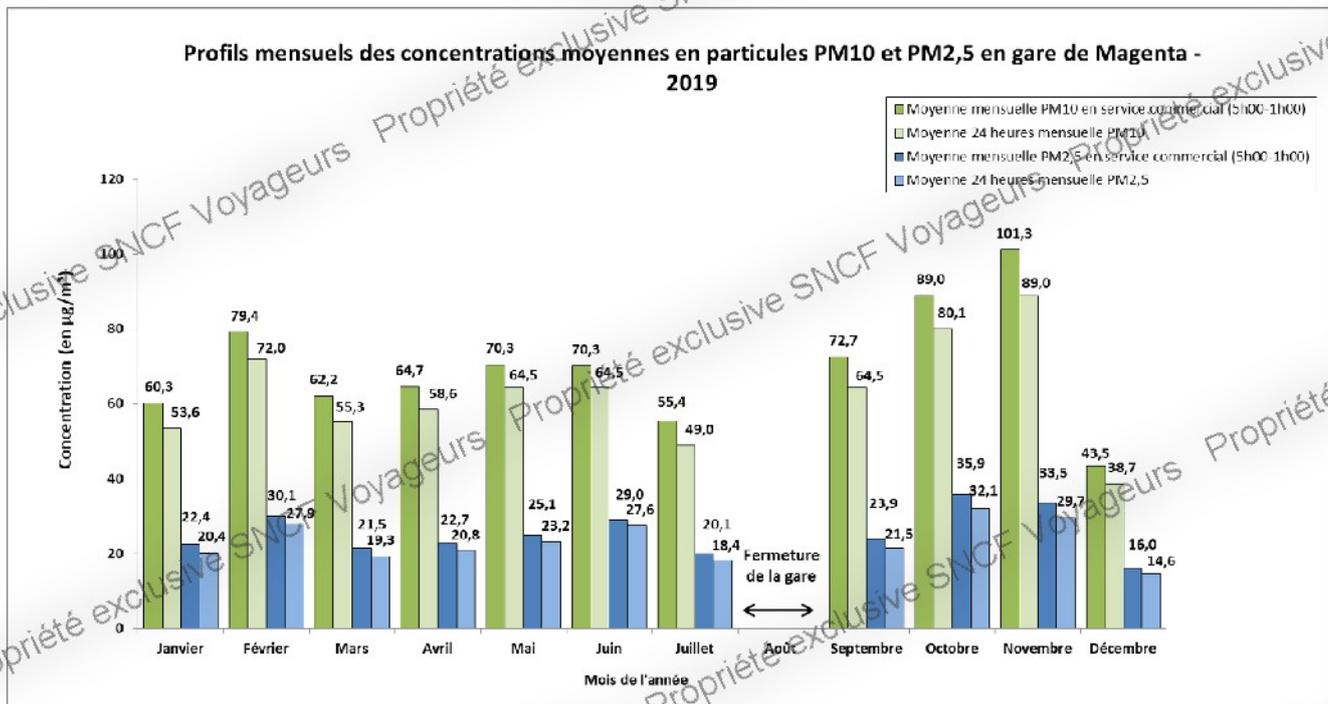


Figure 3 - Evolution des profils mensuels en PM10 et en PM2,5 exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en gare de Magenta (RER E) pour l'année 2019.

DOC054177-00 / MES018933

ZAF0000202

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 :

- Les concentrations moyennes les plus faibles de l'année ont été observées lors des mois de juillet et décembre 2019. Les travaux d'été 2019 ont impliqué la mise à l'arrêt du TEOM (42% de taux de disponibilité des données en juillet pendant la période d'ouverture de la gare) et la grève de décembre a eu notamment pour conséquence la fermeture de la gare de Magenta du 5 décembre au 12 décembre. Des baisses respectives de 28% et 34% des concentrations en PM10 et PM2,5 ont été observées en comparaison avec les concentrations mesurées en décembre 2018, avec en moyenne d'1 train sur 4 en circulation du 12 au 31 décembre.
- Une période est distinctement identifiée, durant laquelle les concentrations moyennes en particules ont été les plus élevées de l'année : octobre – novembre.
- Les autres mois de l'année (janvier, février, mars, avril, mai et juin) ont montré des concentrations moyennes mensuelles en PM10 et en PM2,5 inférieures à la période octobre/novembre.

Pour le premier trimestre, le mois de février se démarque légèrement des autres mois de cette période avec une moyenne plus élevée en service commercial de $79,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 et $30,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM2,5.

Ainsi, la période **mars – juin** révèle des **augmentations progressives** des concentrations moyennes mensuelles, en service commercial, en particules qui ont été comprises **entre 62,2 et 70,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10** et **entre 21,5 et 29,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM2,5**.

Le mois d'**octobre** est marqué par une augmentation des concentrations moyennes en PM10 et PM2,5 **avec 89,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10** et **35,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5** soit une des concentrations moyennes mensuelle parmi les plus élevées de l'année 2019. Le mois de **novembre** montre **les concentrations moyennes mensuelles les plus élevées en particules PM10**.

Le mois de **décembre** montre des **concentrations moyennes en PM10 et PM2,5 très inférieures à celles observées durant l'année** du fait de la grève de fin d'année qui a réduit fortement le trafic.

L'écart entre la concentration mensuelle la plus faible et la plus élevée est de $57,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 ($43,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en décembre contre $101,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en novembre soit une augmentation de 67%) et de $19,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($16,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en décembre contre $35,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en octobre soit une concentration ayant un peu plus que doublé entre ces deux mois).

De manière particulière, sur le mois de décembre, les données disponibles montrent que la concentration moyenne en PM10 en service commercial durant les jours de grève est de $35,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contre $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la même période en dehors des jours de grève.

Conclusion :

Les résultats ont montré que les concentrations moyennes mensuelles en particules ont été les plus faibles lors des mois de juillet et décembre 2019. 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. Cependant, ces données ne sont pas représentatives d'un trafic normal pour cause de début des travaux d'été en juillet et de la grève en décembre.

La période octobre – novembre est caractérisée par les concentrations moyennes en particules PM10 et PM2,5 les plus élevées de l'année avec une moyenne mensuelle maximale de $101,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 lors du mois de novembre et $35,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM2,5 lors du mois d'octobre.

Les mois de janvier, mars, avril, mai et juin ont montré des concentrations moyennes en particules assez proches en PM10 et PM2,5 respectivement comprises entre $60,3$ et $70,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et entre $21,5$ et $29,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le mois de février se démarque avec des concentrations de $79,4$ et $30,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivement en PM10 et PM2,5.

L'année a également été marquée par une période de grève importante en décembre sur le RER E, avec des suppressions de trains observées sur plusieurs dates en gare de Magenta.

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**.

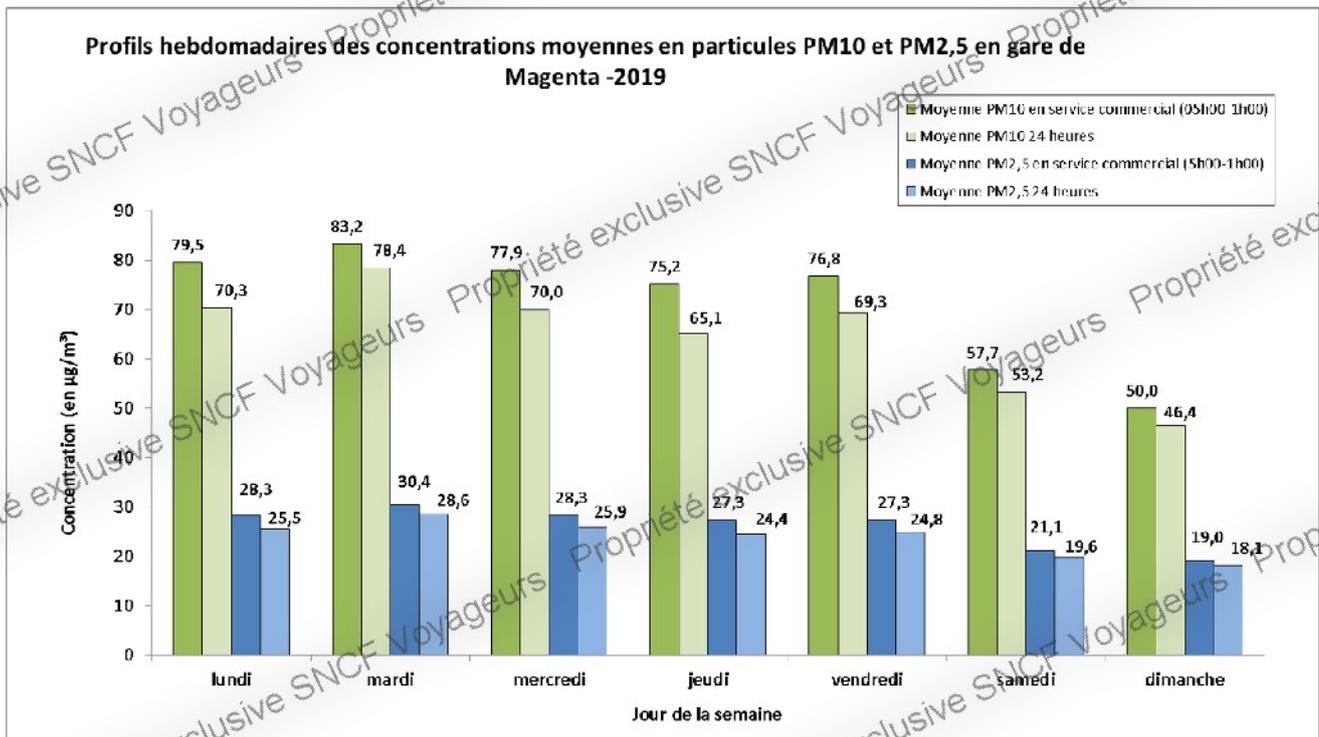


Figure 4 - Evolution des profils hebdomadaires en PM10 et en PM2,5 exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en gare de Magenta (RER E) pour l'année 2019.

DOC054177-00 / MES018933

Les niveaux moyens en particules sont stables les jours ouvrés (du lundi au vendredi) : environ **79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules PM10** et environ **28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5** sur la période d'ouverture au public de la gare (moyenne en service commercial).

Une 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 **29% pour les PM2,5** avec une concentration moyenne de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- de l'ordre de **32% pour les PM10** avec une concentration moyenne de $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 409 trains par jour pour les jours ouvrés (du lundi au vendredi), contre 379 trains en moyenne par jour pour les week-ends, soit une diminution de l'ordre de 7%. 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**. Elle représente les niveaux moyens observés chaque heure de la journée pour les jours ouvrés sur l'ensemble de l'année 2019.

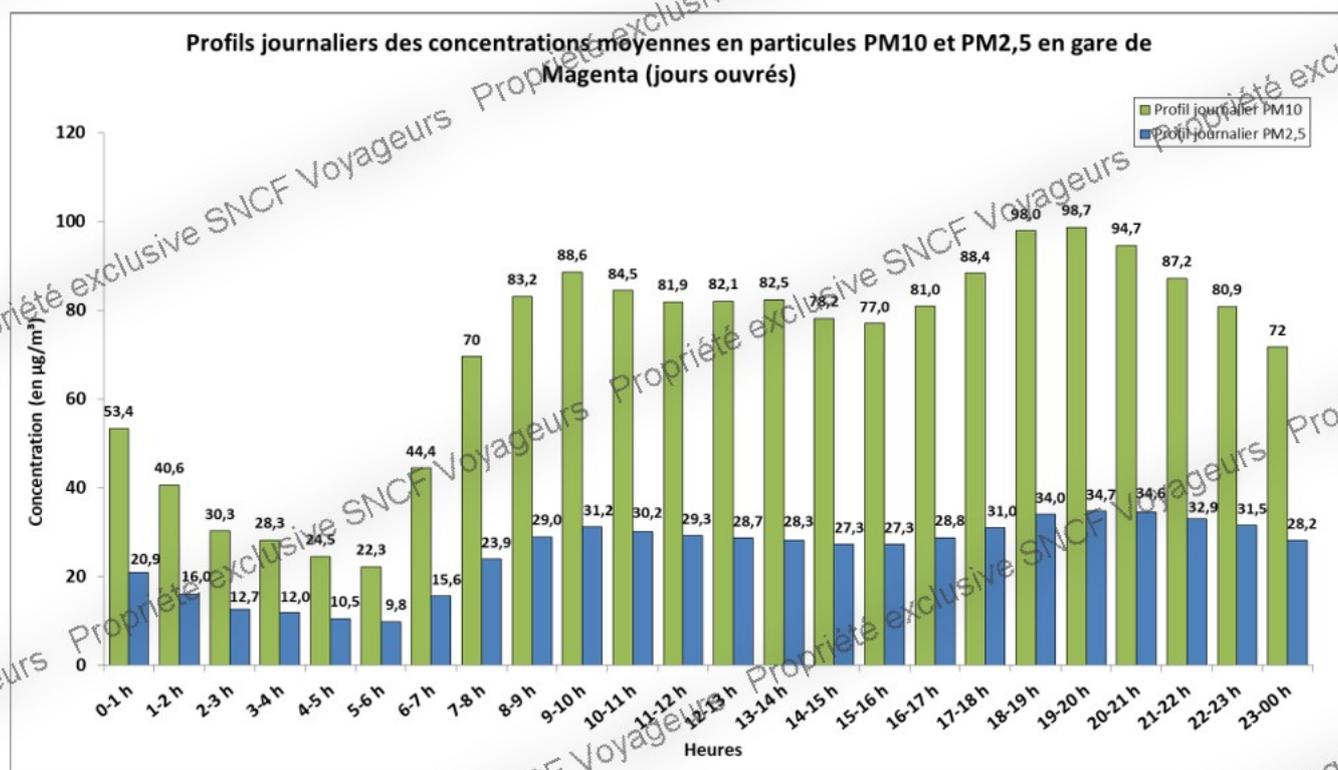


Figure 5 - Evolution des profils journaliers en PM10 et PM2,5 en gare de Magenta pour l'année 2019 (jours ouvrés)

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 du matin**, approximativement de 8h00 à 12h00 ;
- une **période de pointe du 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 09h – 10h et 19h – 20h. Ainsi, **aux heures de pointe**, les concentrations horaires moyennes sont les plus élevées en particules et sont comprises **entre 80 et 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et entre 30 et 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 **22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 2019) est présenté en Figure 6.

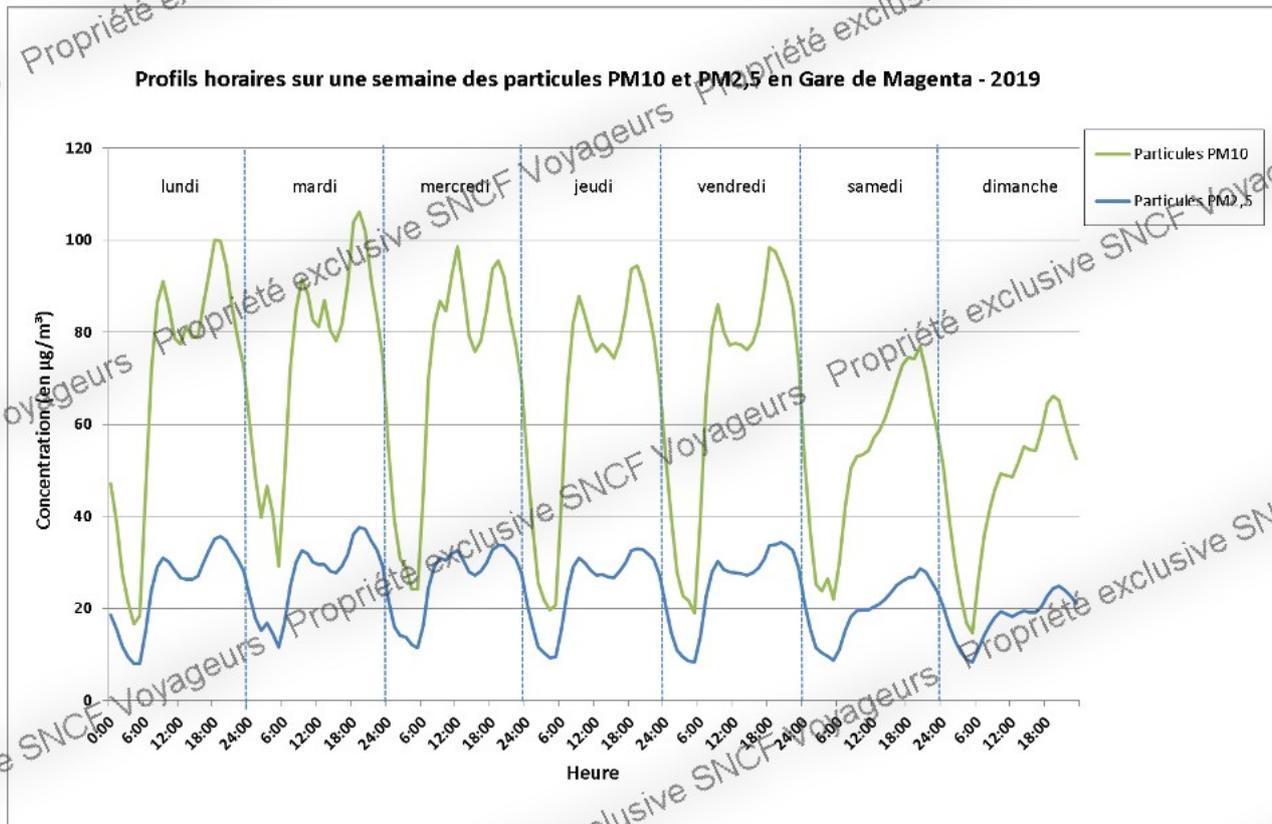


Figure 6 – Evolution des profils horaires sur une semaine complète en PM10 et en PM2,5 en gare de Magenta sur l'ensemble de l'année 2019

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).

3.3 - Comparaison des principaux résultats avec les campagnes antérieures

Les campagnes de mesures en continu réalisées en 2016, 2017, 2018 et 2019 ont permis de collecter des données en quantité suffisante chaque année, rendant possible la comparaison des résultats obtenus lors de ces quatre 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, 2018 et 2019.

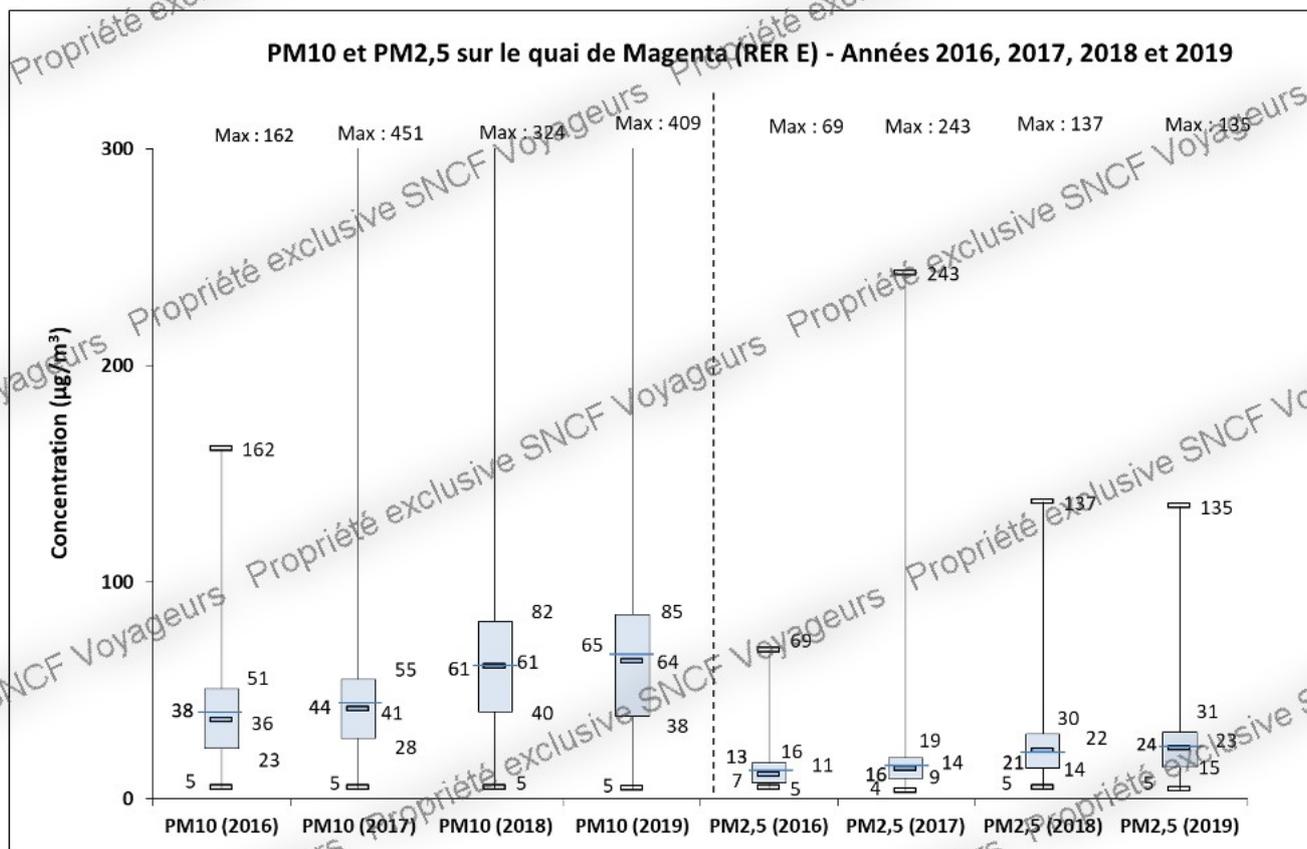


Figure 7 – Boîtes à moustaches des concentrations en moyenne horaire en PM10 et PM2,5 en gare de Magenta pour les années 2016, 2017, 2018 et 2019.

Les résultats indiquent qu'en 2019, une hausse de la concentration moyenne en PM10 a été observée par rapport à 2016, 2017 et 2018. Une **augmentation des concentrations moyennes de 5% et 14%** a respectivement été observée pour les PM10 et les PM2,5 **entre 2018 et 2019**. Cette hausse des concentrations moyennes est de l'ordre de **68%** pour les PM10 et **84%** pour les PM2,5 **entre 2016 et 2019**. **Entre 2017 et 2019**, la concentration moyenne a augmentée de **45% en PM10 et 50% en PM2,5**.

Les concentrations maximales en PM10 mesurées en 2019 sont très élevées par rapport à celles mesurées en 2018 en revanche, elle est plus faible pour les PM2,5. Ces concentrations maximales ont toutefois été six fois moins élevées en 2016. Il est à noter qu'en 2019, une partie des données lors des mois de juillet et août sont absentes, en raison d'une indisponibilité de l'analyseur de poussières.

3.3.2 Comparaison des données mensuelles

La **Figure 8 et 9**, présente les concentrations moyennes mensuelles en PM10 et PM2,5 en service commercial obtenues lors des campagnes 2016, 2017, 2018 et 2019 en gare de Magenta.

Les résultats des quatre 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 7**, confirment les similitudes observées entre les profils mensuels des années 2016 et 2017. L'année 2018 est en rupture avec une hausse des concentrations sur les deux fractions de PM par rapport aux années précédentes et en 2019 la tendance observée en 2018 se poursuit malgré quelques différences dans l'observation des profils mensuels.

Les résultats 2019 montrent que :

- En janvier, les concentrations moyennes mensuelles en PM10 et PM2,5 sont comprises entre celles mesurées en 2017 et 2018 avec en moyenne d'environ **60,3 µg/m³ en PM10 et 22,4 µg/m³ en PM2,5**.
- En juillet et décembre 2019, les concentrations mensuelles en PM10 et PM2,5 sont inférieures à celles mesurées les années précédentes (sauf pour décembre 2016 et 2017).

En dehors de ces périodes, **les concentrations en PM10 et PM2,5 mesurées en 2019 sont, dans une grande majorité, supérieures à celles mesurées en 2016, 2017 et 2018.**

Aucune valeur n'a été enregistrée durant le mois d'août 2019 du fait que la gare était fermée pour cause de travaux.

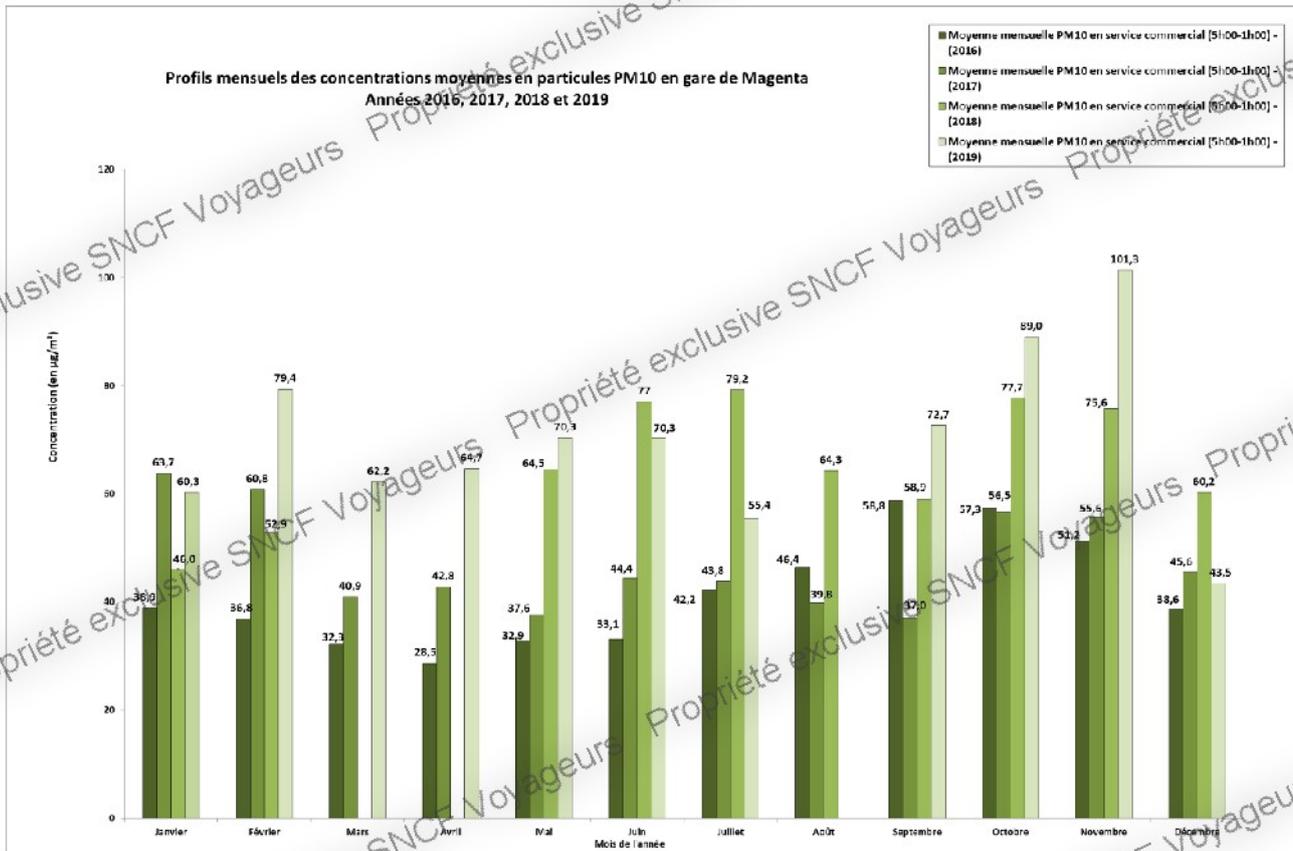


Figure 8 – Comparaison des profils mensuels de concentrations en particules PM10 en gare de Magenta de 2016 à 2019

SNCF Voyageurs Propriété exclusive SNCF Voyageurs

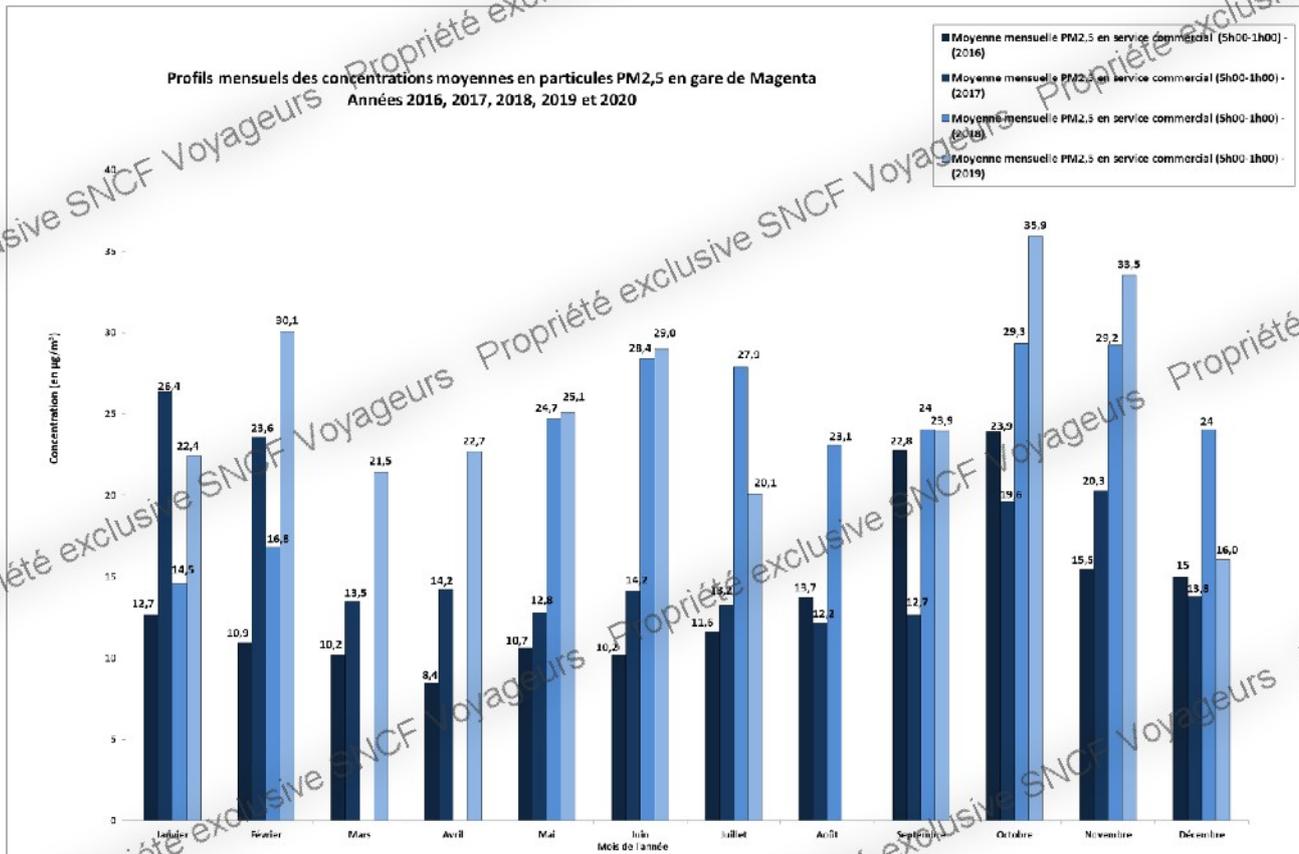


Figure 9 – Comparaison des profils mensuels de concentrations en particules PM_{2,5} en gare de Magenta de 2016 à 2019

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 10 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 2019.

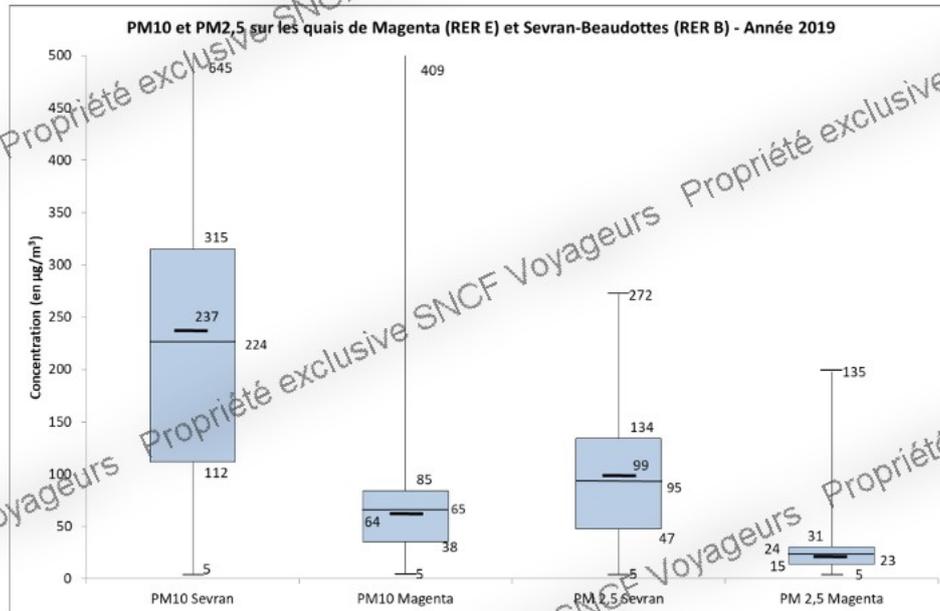


Figure 10 - Boîtes à moustaches des concentrations en moyenne horaire pour les PM10 et les PM2,5 en gare de Magenta et de Sevrans-Beaudottes pour l'année 2019.

La comparaison des données des deux sites de mesure indique que, lors de l'année 2019 sur le site de Magenta :

- La concentration moyenne annuelle en PM10 est 3,5 fois moins importante que la concentration moyenne annuelle mesurée sur le site de Sevrans-Beaudottes ;
- La concentration moyenne annuelle en PM2,5 est 4 fois moins importante que la concentration moyenne annuelle mesurée sur le site de Sevrans-Beaudottes.

Les concentrations horaires maximales mesurées en gare de Magenta sont 2 fois moins importantes que les concentrations maximales mesurées en gare de Sevrans-Beaudottes pour les deux fractions de particules.

Les ratios PM2,5/PM10 calculés à partir des concentrations moyennes mensuelles pour chacune des deux gares précédemment citées ont permis de calculer un ratio moyen PM2,5/PM10 sur 2019. Ainsi, en gare **Magenta le ratio PM2,5/PM10 est de 0,36** alors qu'en gare de **Sevrans-Beaudottes le ratio moyen PM2,5/PM10 est de 0,42**. 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 PM2,5 dans les PM10 reste proche pour ces deux gares.

3.4.2 - Comparaison des données mensuelles

La Figure 11 présente les concentrations moyennes mensuelles en service commercial pour les PM10 et PM2,5 lors des campagnes 2019 pour les gares de Magenta et Sevrans-Beaudottes.

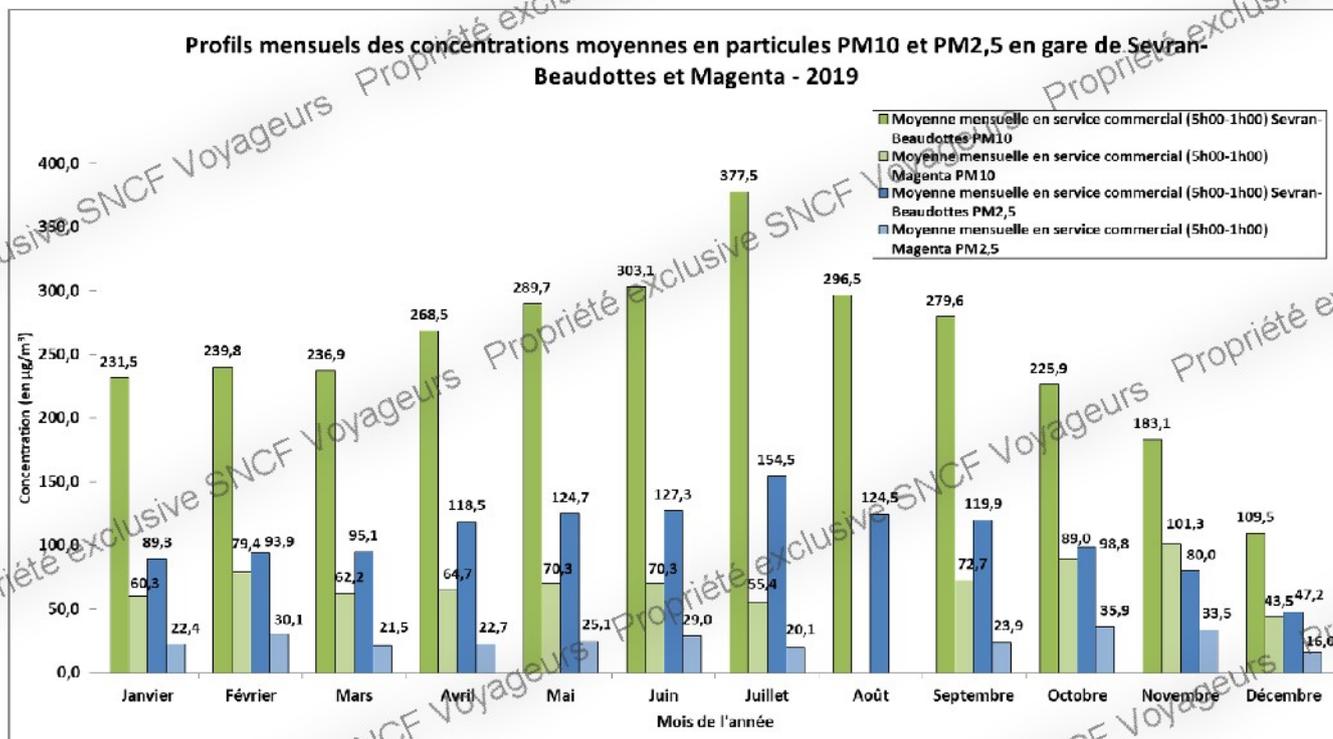


Figure 11 - Comparaison des profils mensuels de concentration en particules PM10 et PM2,5 en gare de Magenta (RER E) et en gare de Sevrans-Beaudottes (RER B) - 2019.

DOC054177-00 MES018933

Les résultats de la **Figure 11** rendent compte des différences qui existent entre les concentrations mesurées en gare de Sevrans-Beaudottes et Magenta sur l'année 2019. Pour les PM₁₀, les concentrations moyennes mesurées en gare de Magenta sur 2019 sont comprises entre **43,5 et 101,3 µg/m³** contre des valeurs comprises entre **109,5 et 377,5 µg/m³** en gare de Sevrans-Beaudottes. L'évolution des profils de PM₁₀ pour ces deux gares est différente. 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 oscillent et rencontrent une augmentation importante lors du mois d'octobre / novembre, pour enfin finir par diminuer en décembre.

L'examen des profils de concentrations moyennes en PM_{2,5} montre que les concentrations sont comprises entre **16,0 et 35,9 µg/m³** en gare de Magenta contre des valeurs comprises entre **47,2 et 154,5 µg/m³** en gare de Sevrans-Beaudottes. 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 2019.

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 2019 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 409 pour les jours ouvrés, de 369 pour les samedis et de 388 les dimanches.

La **Figure 12** reprend sur un même graphique le nombre de trains en circulation avec le profil journalier des concentrations moyennes en particules PM₁₀ pour les jours ouvrés.

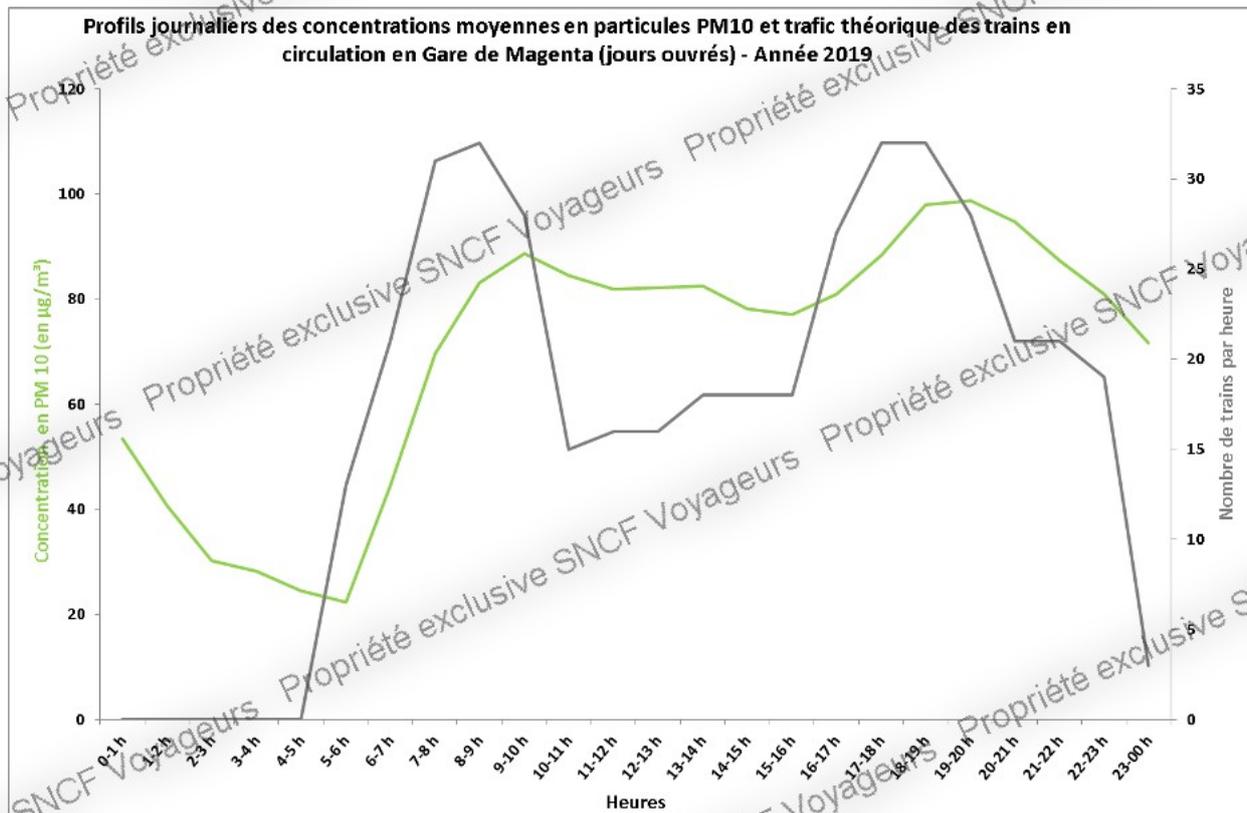


Figure 12 - Comparaison entre les profils journaliers en particules PM10 et le trafic théorique des trains en circulation en gare de Magenta lors des jours ouvrés pour l'année 2019.

L'évolution journalière des concentrations en particules montre un profil similaire à celui du 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 circulation des trains (de 8h00 à 10h00 et de 18h00 à 20h00), où la densité du trafic est plus importante, l'émission de particules, ainsi que leur remise en suspension le sont également. Au vu de ces résultats, il apparaît que la circulation des trains est un facteur d'influence important sur les concentrations en particules à l'échelle journalière (génération et remise en suspension de particules).

La **Figure 13** renseigne sur l'évolution mensuelle des concentrations en particules PM10 en service commercial et du nombre de voyageurs en gare de Magenta pour l'année 2019.

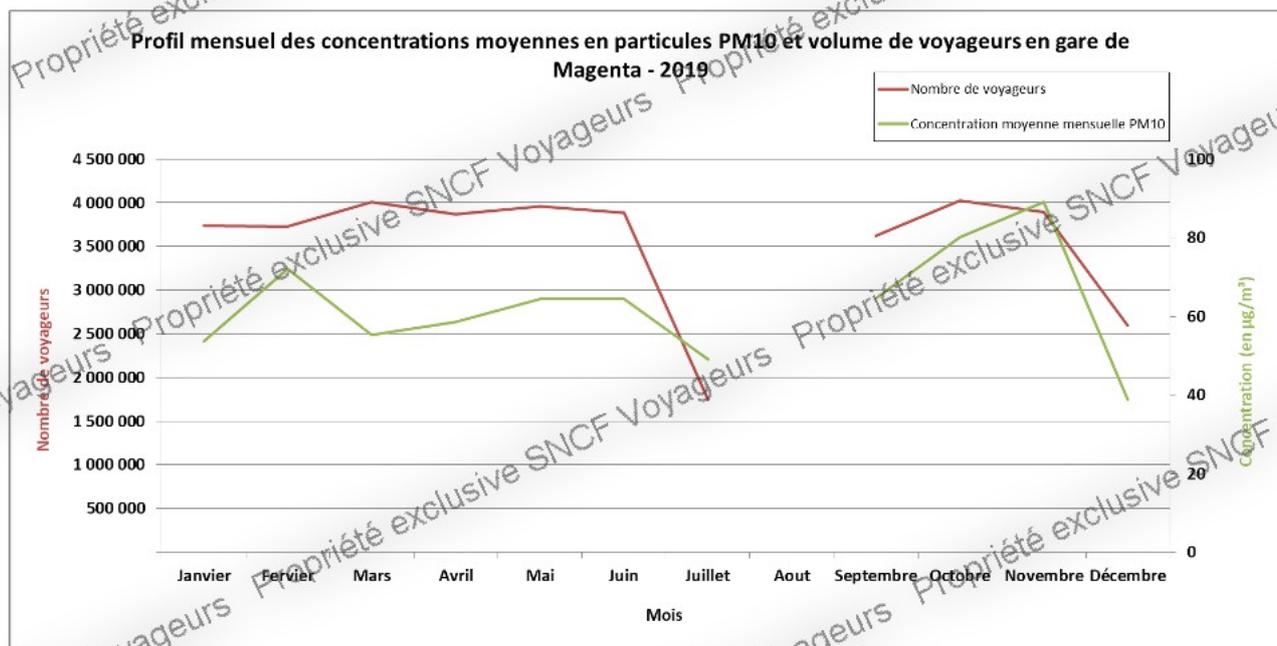


Figure 13 – Evolution mensuelle de la concentration en particules PM10 et du nombre de voyageurs en gare de Magenta pour l’année 2019.

Les résultats montrent qu’à l’échelle mensuelle il y a une corrélation entre le nombre de voyageurs ayant fréquenté la gare de Magenta et les concentrations moyennes de particules PM10 mesurées en 2019. L’évolution des courbes montre des similitudes particulières.

A l’opposé de 2018, le lien entre le volume de voyageurs et les concentrations mesurées en PM10 semble être établi en 2019, tout comme durant la campagne de mesure menée en 2016 pour laquelle les deux paramètres ont montré des concordances.

La **Figure 14** 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 2019.

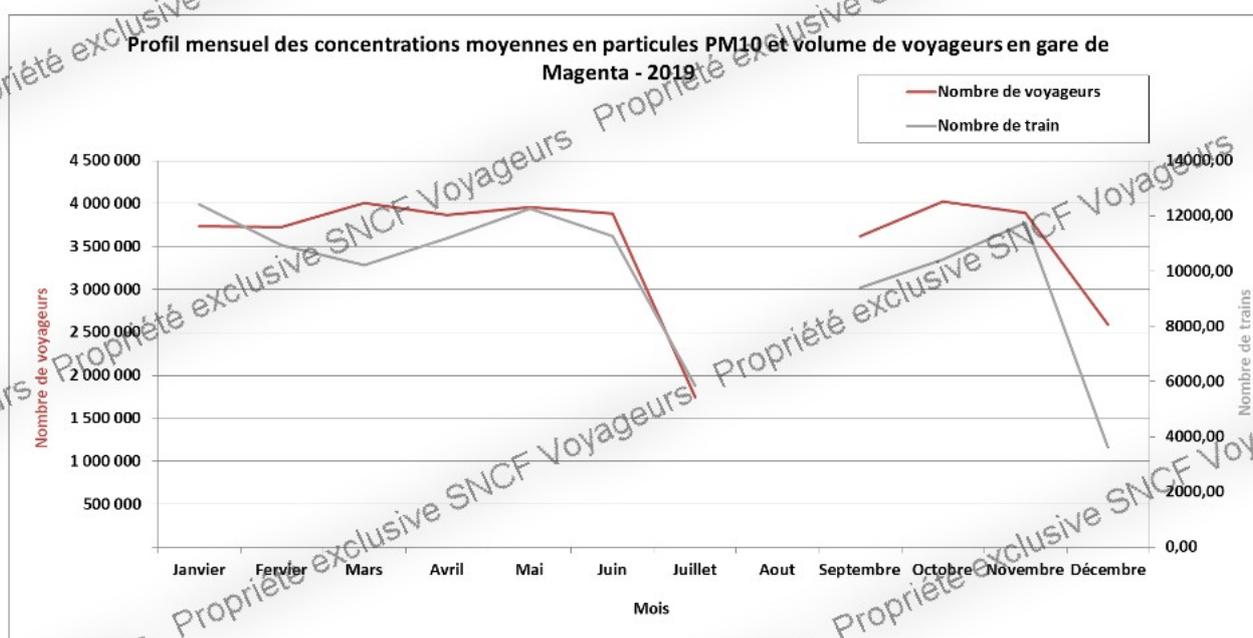


Figure 14 - Evolution mensuelle du volume de voyageurs et du nombre de trains en gare de Magenta pour l’année 2019.

Les données présentées en **Figure 14** montrent les points suivants :

- Le volume de voyageurs et le nombre de trains ont une évolution globalement similaire sur toute l'année.
- Durant le mois de Juillet, le nombre de voyageurs et de trains sont très inférieurs à la tendance annuelle. Ceci peut s'expliquer par les travaux de rehaussement des voies en gare de Magenta sur cette même période qui ont conduit à une fermeture de la gare au public du 15 juillet au 02 septembre 2019. Il peut aussi être expliqué par le fait qu'en juillet seulement la moitié du mois a accueilli des voyageurs sur les quais.
- Le mois de décembre 2019 est marqué par des épisodes de grèves importantes. Ces derniers sont à l'origine de la diminution importante du nombre de trains observée avec 3 624 trains ayant circulés contre 11 757 trains en circulation en novembre 2019. Dans le même temps, le volume de voyageurs diminue de la même façon passant de 3 888 972 en novembre à 2 591 406 voyageurs en décembre.

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 avec un apport d'air extérieur au niveau des quais. 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 15**.

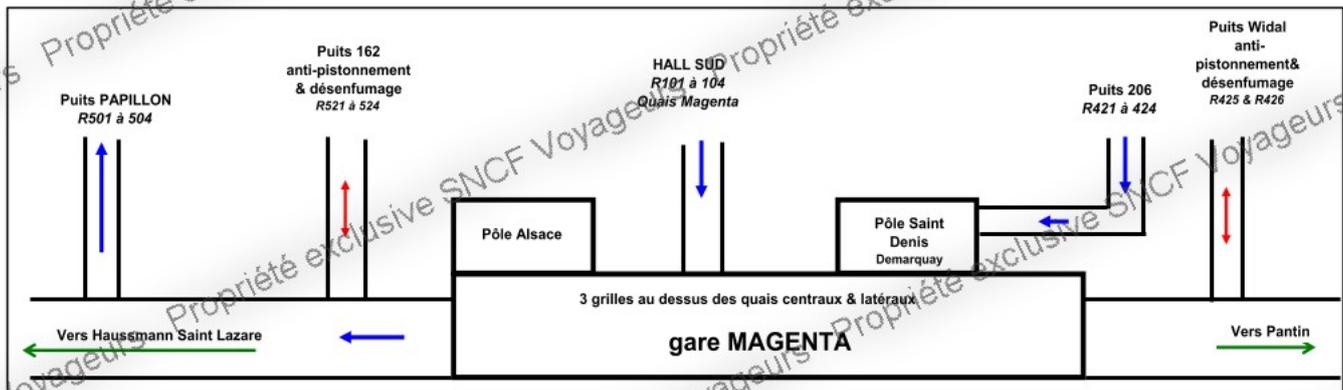


Figure 15 - Représentation schématique de la ventilation du RER E.

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.

Nous n'avons pas eu d'information en rapport avec des essais de désenfumage ou de dysfonctionnement du système de ventilation.

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

La ventilation permet toutefois d'atteindre des teneurs relativement basses que nous n'avons pas pu observer ou étudier.

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 (naturelle ou mécanique et dans ce dernier cas, 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 particuliers (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. Cette station de fond urbain est située au **7 rue Ferdinand Flocon**, dans le 18^{ème} arrondissement parisien. Une représentation est fournie en **Figure 16**.

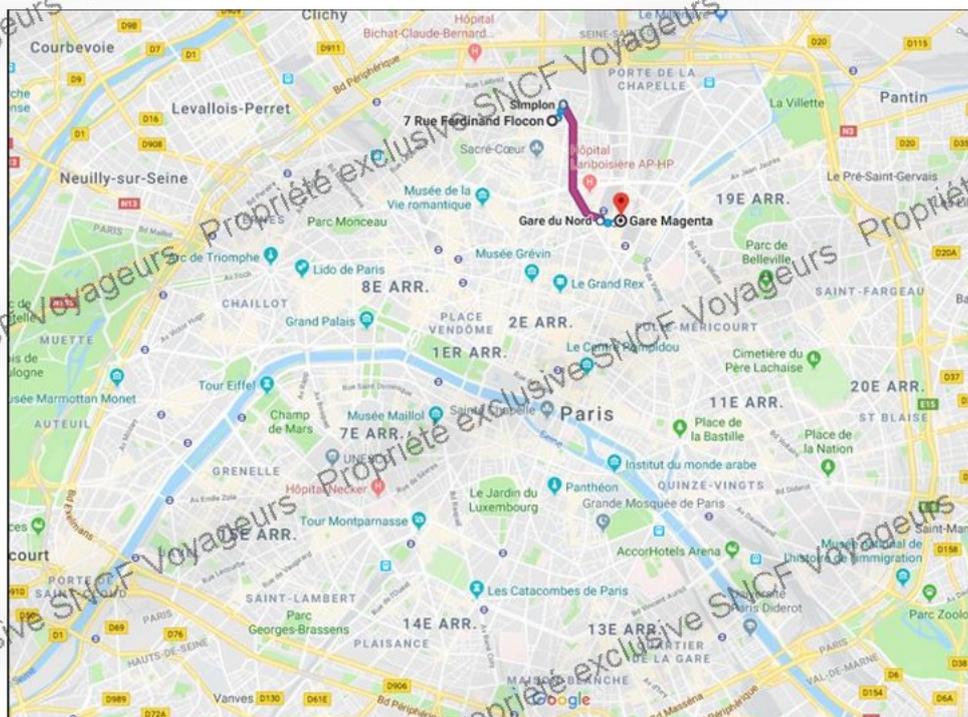


Figure 16 – Plan de situation de la gare de Magenta et de la station de fond urbaine la plus proche.

La **Figure 17** 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.

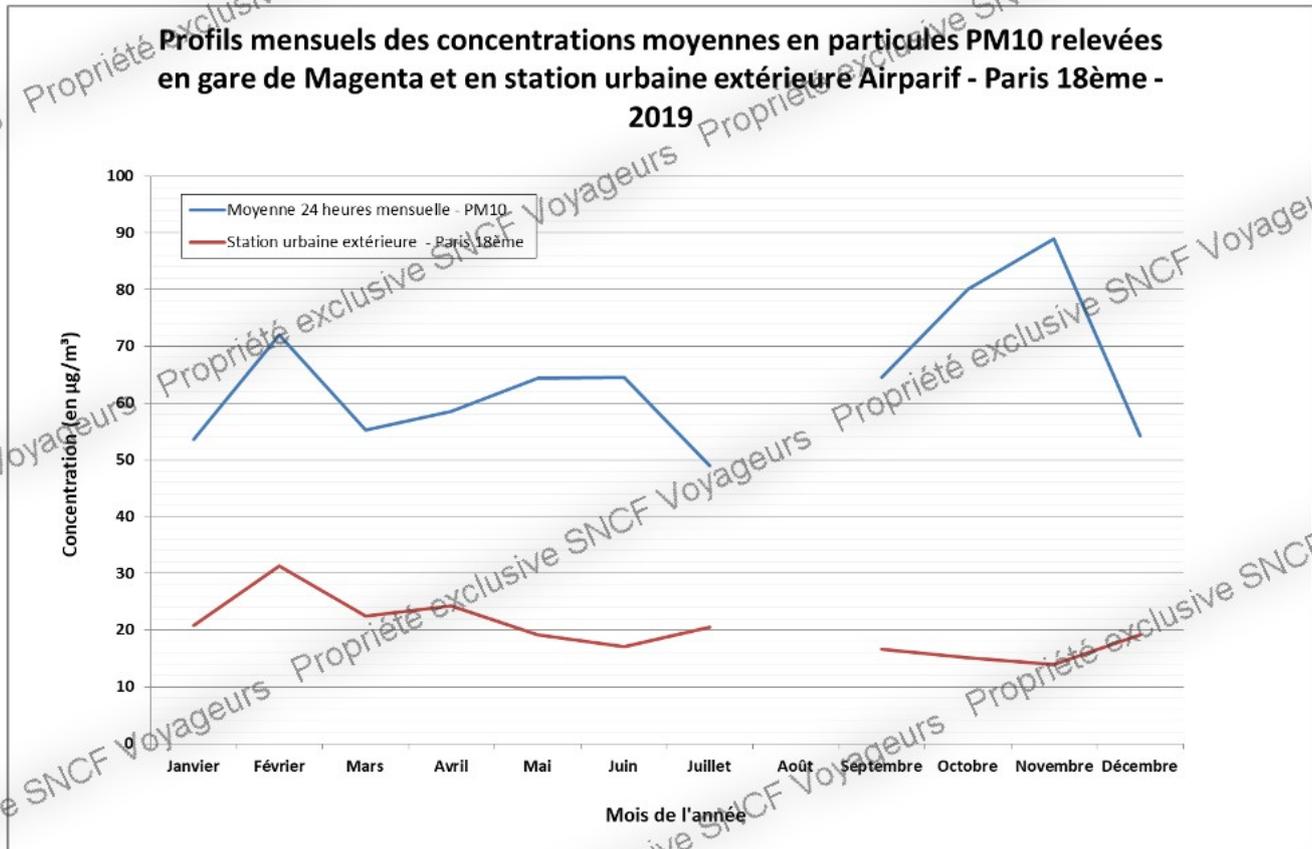


Figure 17 - Evolution mensuelle de la concentration en PM10 en gare de Magenta et en station urbaine Airparif - Paris 18^{ème}.

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 14,0 et 31,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contre des valeurs comprises entre 49,0 et 89,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le quai de la gare de Magenta. Des tendances à la hausse (octobre et novembre) des concentrations moyennes en PM10 sont observées en gare malgré une baisse au niveau de la station extérieure. De manière générale, les données montrent qu'en 2019, ces deux paramètres sont faiblement corrélés au niveau mensuel. Les mêmes observations ont été réalisées sur les données 2018. Nous pouvons donc en déduire que l'air extérieur a peu d'impact sur les concentrations sur les quais.

Des similitudes apparaissent toutefois durant les mois de janvier, février, mars et avril.

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 2019, l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France, Airparif, montre que « 2019 se caractérise globalement par un ensoleillement généreux et des températures très clémentes. Elle reste toutefois marquée par deux vagues de chaleur d'une intensité exceptionnelle durant l'été ».

En ce qui concerne **les températures**, le bilan montre « *L'hiver 2018-2019 parmi les 10 hivers les plus chauds depuis le début du XXème siècle. L'été 2019 a été marqué par deux vagues de chaleur assez courtes (25-30 juin et 21-26 juillet), d'une intensité historique.* »

Vis-à-vis du paramètre **pluviométrie**, les données indiquent que « *sur l'ensemble de l'année 2019, la quantité de précipitations a été globalement conforme à la normale, avec toutefois des trimestres contrastés. Les deux premiers trimestres ont été plutôt secs. Ce déficit pluviométrique, associé à des températures clémentes, a induit un assèchement exceptionnel et persistant des sols superficiels. En revanche, les mois d'octobre à décembre ont été très pluvieux.* »

Les conditions météorologiques ont montré que les épisodes de pollution aux particules ont été peu nombreux (10 jours d'épisode de pollution PM10 au total dont 6 au mois de février 2019) en raison « *des conditions météorologiques froides et peu 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 18**. 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.

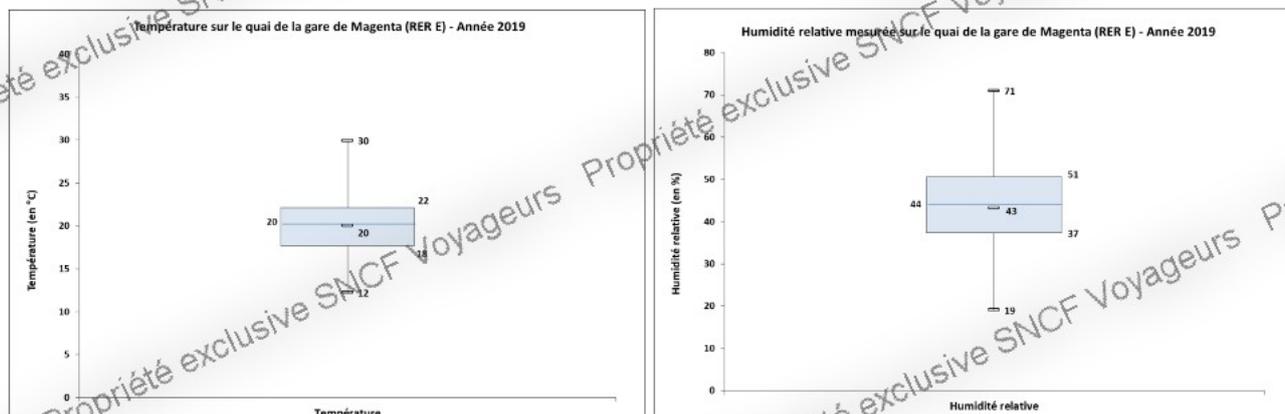


Figure 18 – Représentation en boîtes à moustaches des relevés quart-horaires de température ambiante (en °C) et d'humidité relative (en %) en gare de Magenta pour l'année 2019.

Les résultats indiquent que la température moyenne en gare de Magenta est de **20°C**, avec des valeurs mesurées **comprises entre 12 et 30°C**. La moitié des données mesurées durant l'année montre des températures comprises entre 18 et 22°C. Ces données sont relativement proches de celles mesurées lors des campagnes précédentes :

- En 2018, la température moyenne annuelle est de 22°C ;
- 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 **44%** en 2019. Les valeurs mesurées ont été **comprises entre 19 et 71%** alors que la moitié des données mesurées durant l'année montrent des valeurs comprises entre 37 et 51%. Les données 2019 relative à ce paramètre montrent des différences avec les années précédentes :

- En 2018, l'humidité relative moyenne annuelle est de 41% ;
- 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. Ceci est également vrai entre 2019 et 2018 malgré le fait que l'année 2018 a été la moins humide de ces quatre années.

La **Figure 19** présente l'évolution mensuelle des concentrations en particules PM10 et des températures mesurées en gare de Magenta pour l'année 2019.

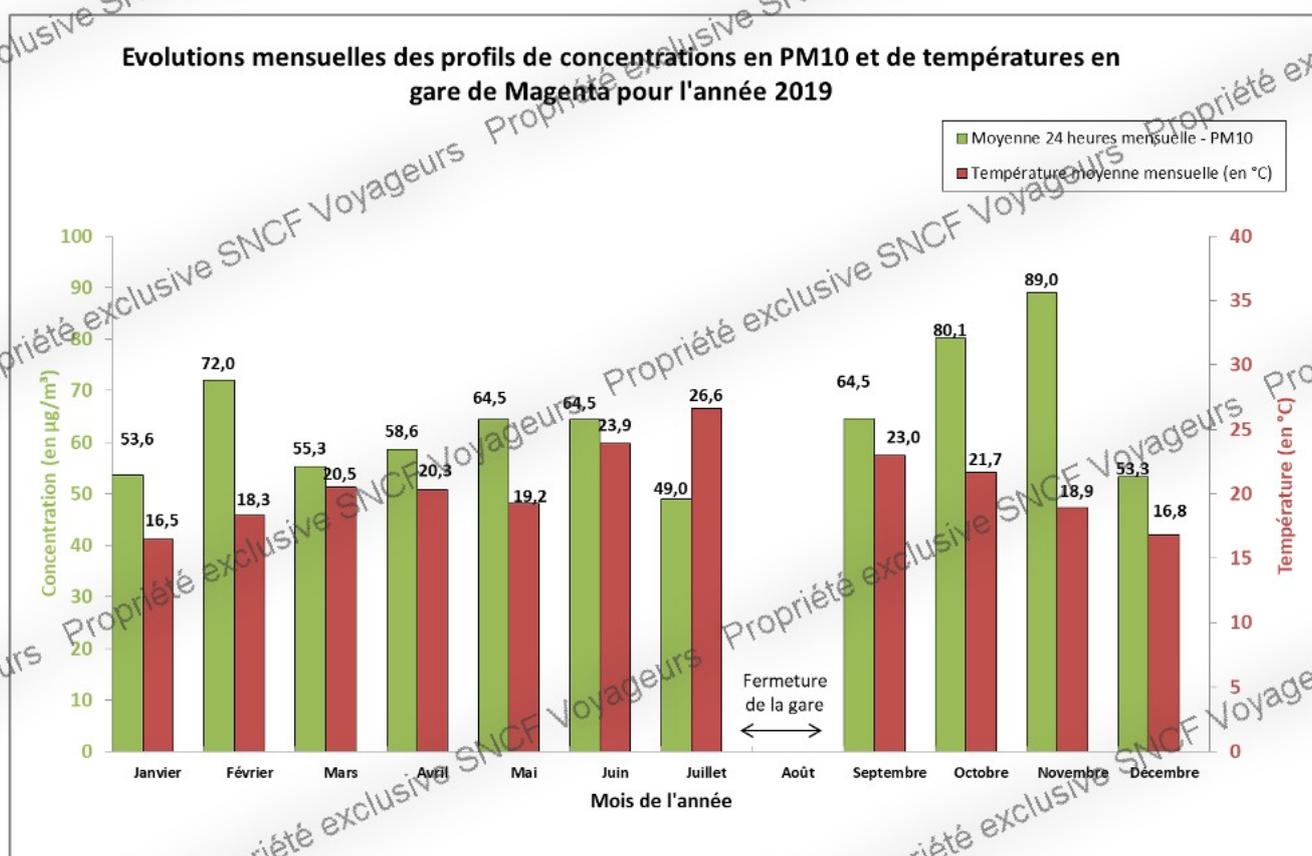


Figure 19 – Profil de concentrations en PM10 et de température en gare de Magenta – Année 2019

Les résultats de la **Figure 19** montrent que la période la plus chaude de l'année est le second semestre 2019. Dès le mois de juillet les températures moyennes mesurées sur le quai de Magenta ont atteint 26,6°C, soit la température moyenne 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 inférieures à celles mesurées 2018.

Les profils de température et les concentrations moyennes en PM10 mesurées sur le quai ne sont pas corrélés de manière forte. 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 les niveaux mesurés, ce qui en fait le facteur d'influence principal. Comme pour les années précédentes, 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 du fait de l'apport d'air extérieur au niveau des quais, 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 2019.

La concentration moyenne annuelle en gare de Magenta sur l'ensemble de la période de mesures a été de **64 µg/m³ en PM₁₀** et de **24 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 2019. En effet, la période automnale avec les mois **d'octobre et novembre** et le mois **de février**, ont montré les concentrations moyennes mensuelles les plus importantes de l'année 2019. 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 **32% pour les PM₁₀** et de **29% 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 mécanique de confort). Cependant, la corrélation est moins évidente entre ces paramètres ambiants et les concentrations moyennes mensuelles en particules. 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, 2018 et 2019 a montré que les valeurs mesurées pour les particules PM₁₀ et PM_{2,5} sont légèrement à la hausse lors de l'année 2019. Les niveaux de particules mesurés sont légèrement supérieurs sur l'exercice 2019 par rapport à l'exercice 2018. Une augmentation des concentrations moyennes de 5% et 14% a été observée respectivement pour les PM₁₀ et les PM_{2,5} entre 2018 et 2019. Cette hausse des concentrations moyennes est de l'ordre de 68% en PM₁₀ et 84% en PM_{2,5} pour les deux fractions de particules entre 2016 et 2019.

ANNEXES

RAPPORT

SITE DE MESURES DE PARTICULES EN CONTINU EN GARE DE MAGENTA - 2019

SOMMAIRE DES ANNEXES

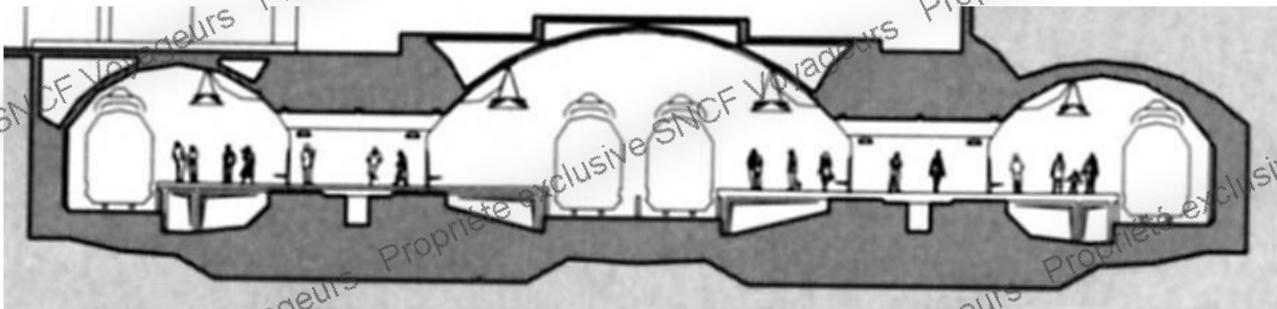
ANNEXE 1 : Descriptif de la gare de Magenta.....	39
ANNEXE 2 : Localisation du site de mesures	40

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 stationnent 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).

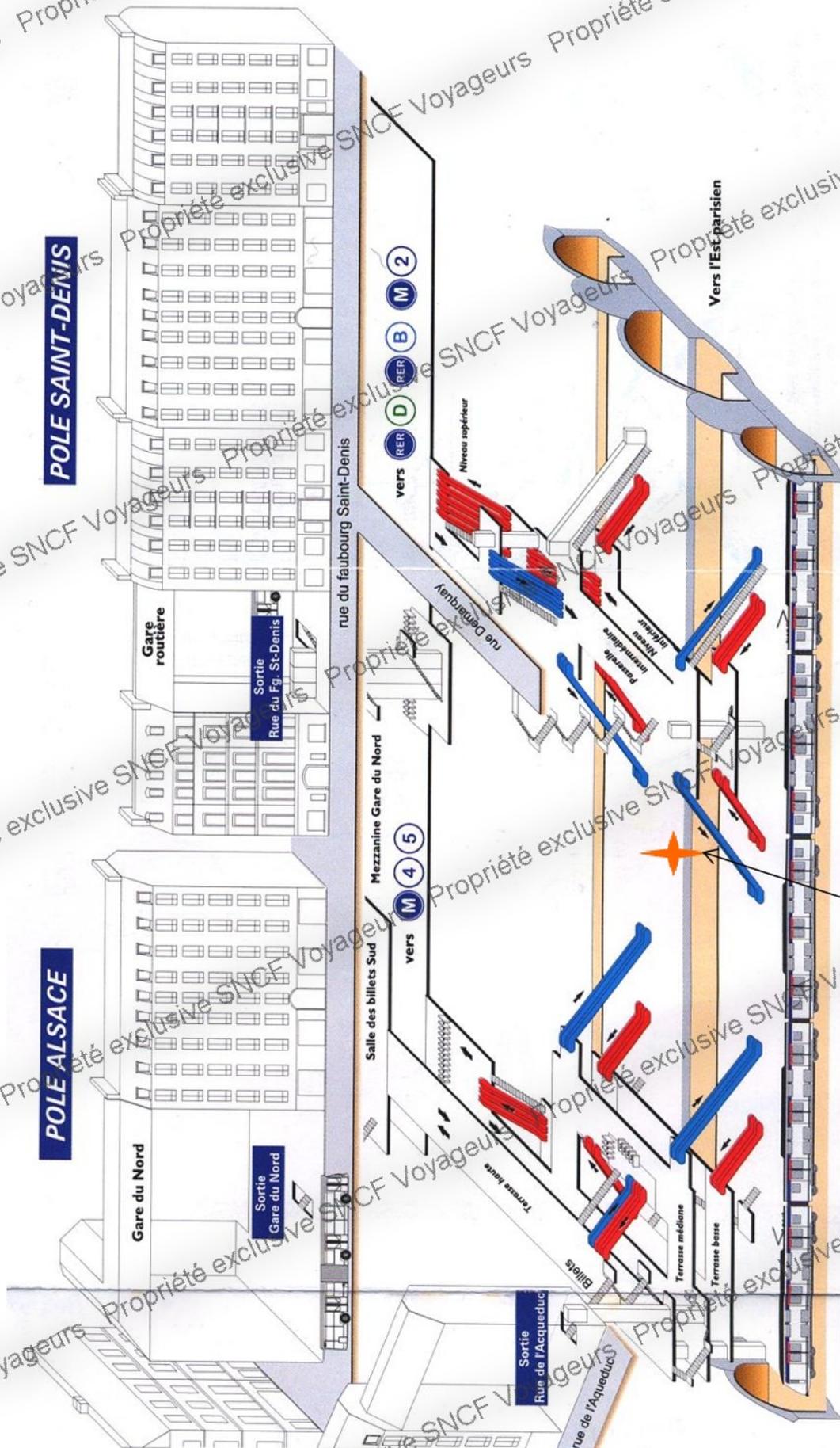
Matériel roulant

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 409.

Fréquentation des voyageurs

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



Localisation de la baie de mesure sur le quai de la voie 51



Photographie 1 : Vue générale de la gare



Photographie 2 : Emplacement de la baie de mesure