

**AGENCE D'ESSAI FERROVIAIRE**



**RAPPORT**

**MESURE EN CONTINU DE LA QUALITE DE L'AIR EN GARE DE  
MAGENTA - 2021**

**Référence AEF : DOC058559-00 / MES022959**

**Laurent DUPONT**

Signature numérique de Laurent DUPONT  
Date : 2022.07.01 17:57:45 +02'00'

## AGENCE D'ESSAI FERROVIAIRE

21, avenue du Président Allende

F - 94407 Vitry sur Seine CEDEX – France

[affaire.aef@sncf.fr](mailto: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 :****GARES & CONNEXIONS**

A l'attention d'Anaïs WATBLED

10 rue Camille Moke

93210 SAINT-DENIS

France

## MESURE EN CONTINU DE LA QUALITE DE L'AIR EN GARE DE MAGENTA - 2021

**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 2021 ont été respectivement de 70 et 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La répartition mensuelle des concentrations moyennes a montré l'existence de deux périodes (printanière et automnale) durant lesquelles les niveaux de particules mesurés ont été les plus importants en 2021.

La comparaison des données disponibles en 2021 avec les exercices 2019 et 2020 a montré des concentrations moyennes en PM10 et PM2,5 proches bien que supérieures en 2021. Par ailleurs l'année 2021 a été une année particulière en raison des périodes de couvre-feu en lien avec la COVID-19 et des travaux d'été. Une campagne de mesure des métaux d'une durée de 15 jours a également été réalisée en gare de Magenta à la fin du mois de septembre 2021.

**Elaboration du rapport**Rédacteur

Nom : BRUN Ghislain

Fonction : Technicien supérieur

Vérificateur

Nom : GHOZZI Fayes

Fonction : Ingénieur spécialiste en qualité de l'air

**Approbation du rapport**

Nom : ARRIGONI Vincent

Fonction : Coordinateur technique  
Pôle Chimie-Environnement-Lubrifiants

**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 : <a href="https://data-airparif-asso.opendata.arcgis.com">https://data-airparif-asso.opendata.arcgis.com</a>	Données brutes et évènements sur la station Airparif Paris 18eme.

### DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE INTERNE AEF

Références	Intitulé
DOC058344	Campagne de mesures en gare de Magenta selon les recommandations du guide de mesures harmonisé en EFS
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)
DOC054177	Site de mesures de particules en continu en gare de Magenta (2019)
DOC056443	Site de mesures de particules en continu en gare de Magenta (2020)
DOC058560	Site de mesure de particules en continu en gare de Sevran-Beaudottes (2021)

### 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"> <li>- La médiane de l'ensemble des données ;</li> <li>- La moyenne de l'ensemble des données ;</li> <li>- Les percentiles 25 (Q1) et 75 (Q3) qui correspondent aux extrémités de la boîte et qui contiennent 50% des données ;</li> <li>- Les minima et maxima aux extrémités des moustaches.</li> </ul>
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 (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)
Etendue	Une étendue est l'écart entre la plus petite et la plus grande des valeurs observées.
Ecart interquartile	L'écart interquartile est défini comme la différence entre le quartile supérieur (75e percentile) et inférieur (25e percentile) d'une série statistique.
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 ( $\mu\text{m}$ )
PM2,5	Particules de diamètre aérodynamique moyen inférieur à 2,5 micromètres ( $\mu\text{m}$ )
TEOM	Tapered Element Oscillating Microbalance (microbalance à élément conique oscillant) : principe de mesure qu'utilise l'analyseur automatique de poussières.

**SOMMAIRE DU RAPPORT :**

<b>1 - OBJET</b> .....	<b>7</b>
<b>2 - METHODOLOGIE</b> .....	<b>7</b>
2.1 - Descriptif de la gare .....	7
2.2 - Polluants mesurés .....	8
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
<b>3 - RESULTATS ET COMMENTAIRES</b> .....	<b>11</b>
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) .....	
<b>4 - FACTEURS D'INFLUENCE ET DE CONFORT</b> .....	<b>25</b>
4.1 - Trafic ferroviaire et fréquentation .....	25
4.2 - Ventilation .....	27
4.3 - Qualité de l'air extérieur .....	28
<b>5 - CONCLUSION</b> .....	<b>33</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>34</b>
<b>SOMMAIRE DES ANNEXES</b> .....	<b>35</b>

## 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'empoussièrément tout en étudiant les facteurs d'influence. Il n'existe pas de réglementation 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 2021. Il est toutefois important de rappeler que l'année 2021 est une année particulière du fait des travaux d'été en gare de Magenta qui ont nécessité la fermeture totale de la gare du 19 juillet au 29 août 2021 inclus. De plus la période de couvre-feu<sup>1</sup> applicable à l'ensemble du territoire métropolitain de 18h00 à 06h00 du 16 janvier au 03 mai 2021 en lien avec l'épidémie de COVID-19 a impacté le trafic ferroviaire et l'affluence en gare avec une diminution moyenne de 20% du trafic sur la période en comparaison aux années précédentes (sauf 2020 car ce fut une année particulière au vu du confinement total en au 1<sup>er</sup> semestre).

## 2 - METHODOLOGIE

### 2.1 - Descriptif de la gare

La gare de Magenta se situe sur la ligne E du RER, dans le 10<sup>ème</sup> 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 m<sup>2</sup>) à deux voies et deux tunnels latéraux (section 32 m<sup>2</sup>), chacun à une voie. Un système de ventilation mécanique est en place et assure une ventilation de deux types : désenfumage et confort. Ce dernier fonctionne en mode été en continu pour renouveler l'air au niveau des quais de la gare.

Le volume de voyageurs en Gare de Magenta (RER E) est de 3 687 750 voyageurs en moyenne mensuelle en 2021 et 9 689 trains y circulent chaque mois en moyenne.

Un descriptif des caractéristiques la gare figure en Annexe 1.

<sup>1</sup> Informations recueillies sur le site du gouvernement, <https://www.gouvernement.fr/info-coronavirus/les-actions-du-gouvernement>, consulté le 01/03/2022.

## 2.2 - Polluants mesurés

Les mesures ont porté sur les concentrations en particules en suspension dans l'air : PM10 et PM2,5. Les particules 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).

Une campagne 15 jours supplémentaire de mesures des métaux selon les recommandations du guide de mesures en EFS a également été réalisée en gare de Magenta du 20 septembre au 03 octobre 2021. Durant ces mesures, les paramètres suivants ont été mesurés :

- Concentrations massiques en PM10 et PM2,5 ;
- Concentrations massiques en métaux collectés sur la fraction PM10 ;
- Concentrations en CO<sub>2</sub> ;
- Le taux d'humidité relative (en %) et la température (en °C).

Les résultats sont disponibles dans le rapport d'essai relatif à la campagne (DOC058344).

## 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 PM2,5).

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 de 2016 à 2020). 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 01/01/2021 au 31/12/2021 inclus (sauf période des travaux d'été en gare pour cause d'indisponibilité de l'appareil de mesure). 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 pour les années précédentes, de 2016 à 2020.

## **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 pallier 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 particules 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 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 quarts 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

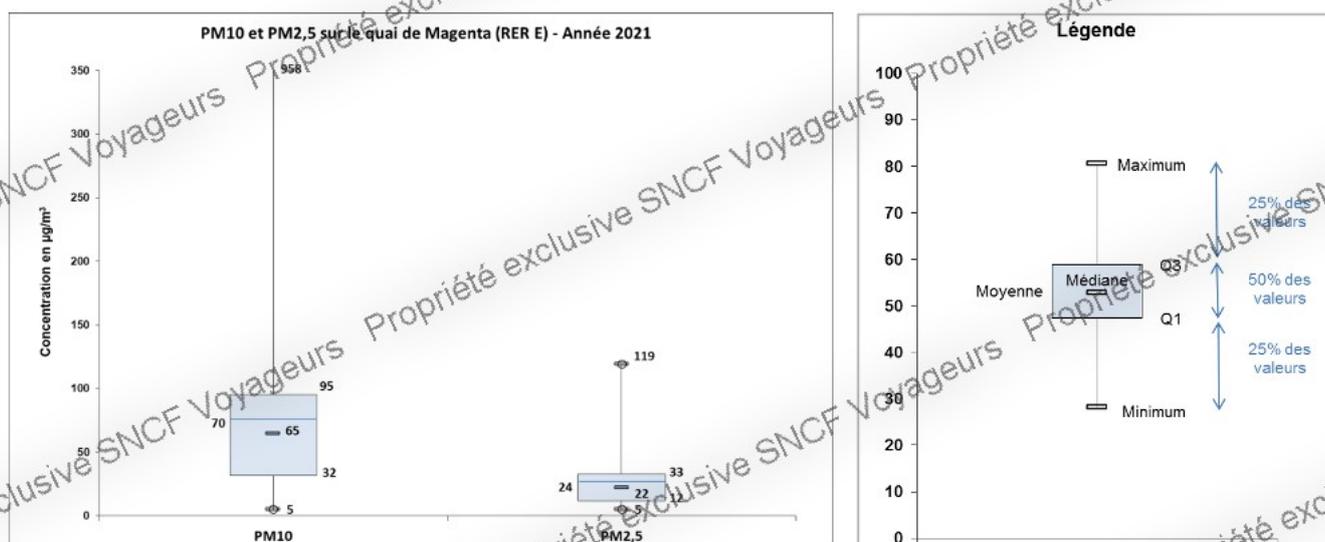


Figure 2 - Boîtes à moustaches des concentrations en moyennes horaires en PM2,5 et en PM10 exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en gare de Magenta pour l'année 2021.

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 2021 en **Figure 2**. Il est à noter qu'en 2021, le TEOM n'a pas fonctionné en raison de la fermeture de la gare du 19 juillet au 30 août pour cause de travaux entre la gare de Magenta et d'Hausmann-St Lazare.

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 **32 et 95  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , avec une moyenne de **70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  et une médiane de **65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Pour les PM2,5, la moitié des concentrations mesurées sont comprises entre **12 et 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , avec une moyenne de **24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  et une médiane à **22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . La proportion moyenne de particules PM2,5 dans les particules PM10 est de **34%**, soit un **ratio moyen PM2,5/PM10 de 0,34** calculé à partir des ratios horaires PM2,5/PM10 tout au long de l'année. A titre de comparaison, durant l'année 2021, le ratio moyen PM2,5/PM10 a été de 0,64. Ce ratio a été calculé d'après les données extraites de la station Airparif Paris 1 – Les Halles qui est une station urbaine au centre de Paris. Ces résultats montrent qu'en air extérieur la proportion de PM2,5 comparé aux PM10 est plus importante qu'en intérieur.

Les concentrations maximales en PM10 et PM2,5 ont été mesurées respectivement lors des journées du mardi 12 octobre 2021 de 14h00 à 15h00 et du jeudi 23 septembre 2021 de 03h00 à 04h00 (ces dernières étant probablement en lien avec des travaux nocturnes en gare). La concentration en PM10 a atteint **958  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  en moyenne horaire soit **environ 14 fois la concentration moyenne annuelle** mesurée en gare de Magenta. La concentration en particules fines PM2,5 maximale mesurée durant l'année a atteint **119  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  soit **environ 5 fois la concentration moyenne annuelle en PM2,5**. Ces valeurs sont probablement en lien avec les travaux d'été en gare et à la décroissance progressive des concentrations en particules à partir du mois de septembre.

### **Conclusion :**

Les concentrations moyennes annuelles en PM10 et en PM2,5 sont respectivement de **70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  et **24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Il est à noter qu'en 2021 la majorité des données lors du mois de juillet (40% de taux de disponibilité) et la totalité du mois d'août sont absentes, en raison d'une indisponibilité de l'analyseur de poussières sur la période des travaux en gare. Les concentrations horaires maximales mesurées pour chacune des deux fractions de particules PM10 (958  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et PM2,5 (119  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ne sont pas représentatives d'une situation ordinaire et sont de loin supérieures aux concentrations moyennes mesurées en gare de Magenta.

### **3.2 - Variabilité temporelle**

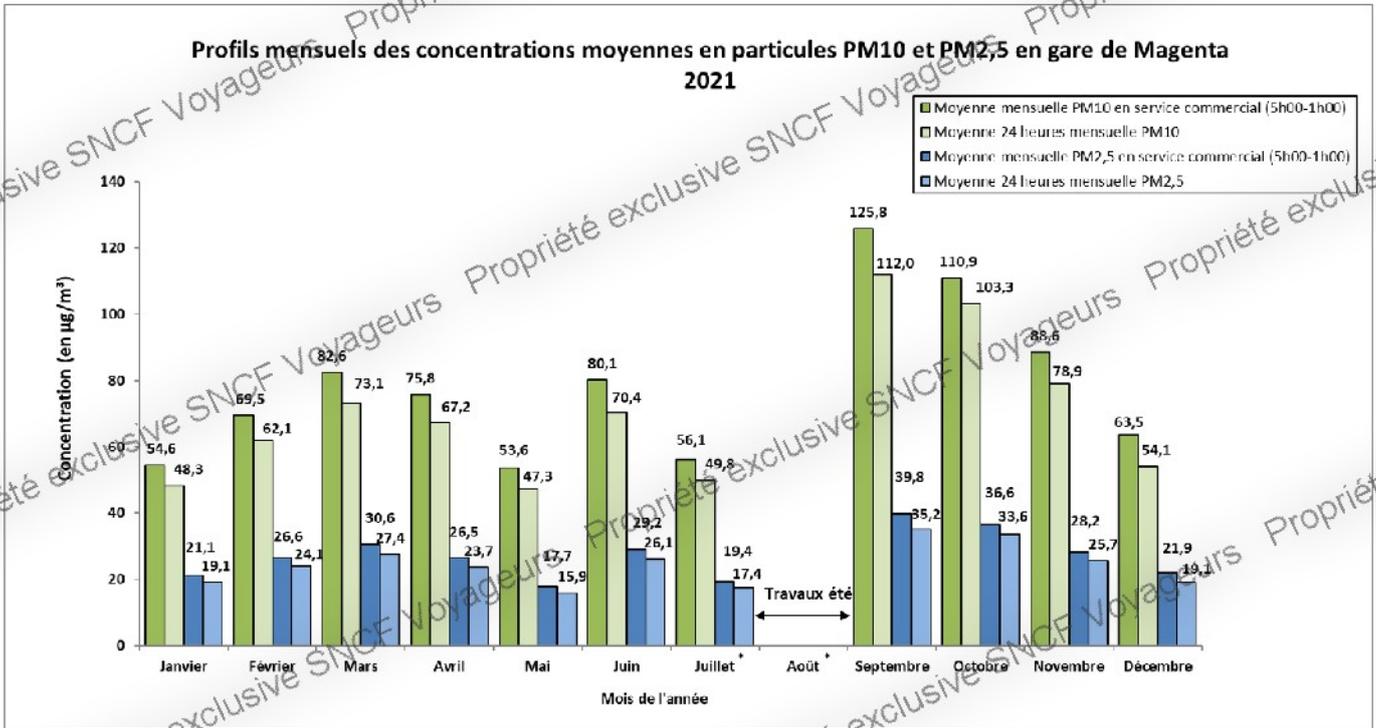
Pour une question de lisibilité, il est difficile de présenter les relevés horaires sur l'ensemble de la campagne de mesures du fait de la nature du site (site continu) et de la période couverte lors de cette campagne (1 an). Les données présentées contiennent des profils journaliers, hebdomadaires et 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 (+12,2% en moyenne sur l'année pour les PM10 et +10,4% en moyenne sur l'année pour les PM2,5) que ceux observés la nuit. Il est à noter également que le mois de juillet est « incomplet » car durant la moitié de celui-ci, le TEOM était indisponible pour cause de travaux et de fermeture de la gare.

Voyageurs Propriété exclusive SNCF Voyageurs



\* Pour une raison de taux de disponibilité insuffisant des données, les mois de juillet et août ne sont pas utilisés dans le bilan mensuel des concentrations.

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 2021.

SNCF Voyageurs Propriété exclusive SNCF Voyageurs

L'observation des niveaux moyens mensuels en particules PM10 et PM2,5 sur la période d'ouverture de la gare permet d'établir les constats suivants :

Deux périodes distinctes ont été identifiées tout au long de l'année 2021 :

- La période de janvier à juin ;
  - La période de septembre à décembre.
- Sur le premier semestre, des concentrations en hausse puis en baisse centrées autour du mois de mars sont observées. Les concentrations moyennes mensuelles sont progressivement en hausse sur le premier trimestre puis une baisse s'amorce jusqu'au mois de mai inclus avant de montrer une nouvelle hausse en juin pour atteindre des niveaux de concentrations en PM proches de ceux du mois de mars. Le mois de mars est le mois où les concentrations en PM sont les plus importantes sur le premier semestre. Les concentrations moyennes en PM10 en service commercial sont comprises entre 53,6 et 82,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et entre 17,7 et 30,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM2,5 sur la période.
- Pour la période septembre – décembre, on note une baisse des concentrations moyennes mensuelles en service commercial de l'ordre de 50% et 45% respectivement pour les PM10 et PM2,5 entre les mois de septembre et décembre 2021. Les concentrations moyennes en PM10 en service commercial sont comprises entre 63,5 et 125,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et entre 21,9 et 39,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM2,5 sur la période. Il est cependant à noter que sur cette période, les concentrations sont plus importantes en septembre - octobre par rapport à celles observées avant la réalisation des travaux d'été. Ces dernières diminuent ensuite progressivement jusqu'à atteindre, en décembre, des concentrations du même ordre de grandeur que celles mesurées lors du premier semestre de l'année.

Les concentrations moyennes mensuelles les plus faibles de l'année ont été observées lors du mois de mai 2021 avec respectivement 53,6 et 17,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10 et les PM2,5. Cette situation s'observe dans un contexte particulier de confinement partiel et de restriction sur les déplacements (mesures prises entre le 1<sup>er</sup> avril et le 03 mai 2021). Les mois de septembre et octobre montrent respectivement les concentrations moyennes mensuelles les plus élevées en particules de l'année en PM10 et en PM2,5.

Les travaux d'été 2021 ont impliqué la mise à l'arrêt du TEOM (40% de taux de disponibilité des données en juillet). Les autres mois de l'année (mars, avril, juin et novembre) ont montré des concentrations moyennes mensuelles en PM10 et en PM2,5 plutôt proches comprises entre 75,8 et 88,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10 et entre 26,5 et 30,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en service commercial. L'écart entre la concentration mensuelle en service commercial la plus faible et la plus élevée est de 72,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10 (53,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en mai contre 125,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en septembre) et de 22,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM2,5 (17,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en mai contre 39,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en septembre).

**Conclusion :**

Les résultats ont montré des concentrations en hausse puis en baisse centrées autour du mois de mars **sur la première moitié de l'année** (entre janvier et juin allant de 53,6 à 82,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM10 et de 17,7 à 30,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM2,5 en service commercial).

Sur la **deuxième moitié de l'année** (entre septembre et décembre), les concentrations ont progressivement diminué de moitié (de 125,8 à 63,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM10 et de 39,8 à 21,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM2,5 en service commercial). A la suite des travaux, les concentrations mesurées sur la période septembre – octobre sont les plus importantes de l'année avant de décroître progressivement jusqu'en décembre se rapprochant des niveaux antérieurs.

Les concentrations moyennes mensuelles en service commercial en particules ont été les plus faibles lors du mois **de mai 2021. Elles sont proches de 54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10 et de 18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM2,5.**

Les mois de septembre et octobre sont caractérisés par les concentrations moyennes en particules PM10 et PM2,5 **les plus élevées de l'année** avec une moyenne mensuelle maximale en service commercial de **125,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM10 et 39,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM2,5.**

Les mois de mars, avril, juin, novembre ont montré des concentrations moyennes en service commercial en particules assez proches en PM10 et PM2,5 comprises entre 75,8 et 88,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et entre 26,5 et 30,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivement.

L'année a également été marquée par une période de couvre-feu entre janvier et début mai (du 16 janvier au 03 mai 2021) ayant eu pour conséquence une fréquentation plus faible sur le RER E.

**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**.

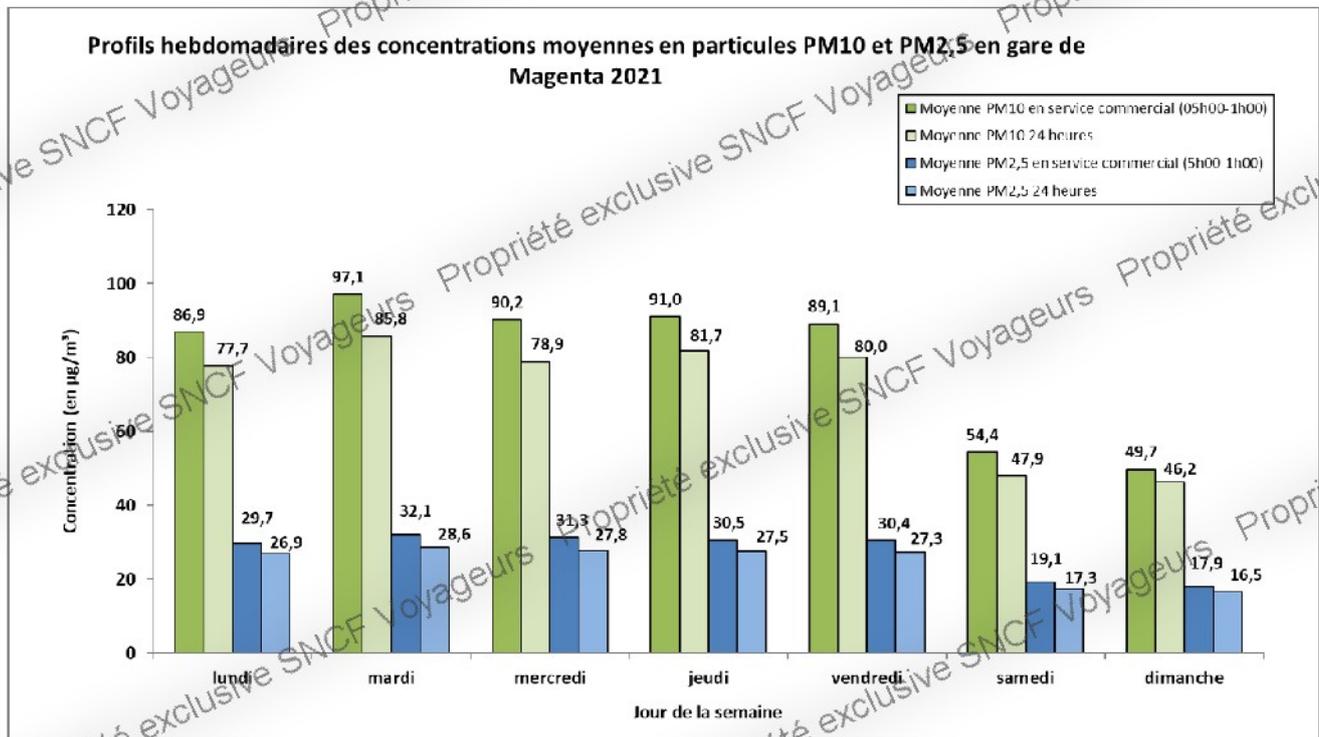


Figure 4 - Evolution des profils hebdomadaires en PM10 et en PM2,5 exprimés en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en gare de Magenta (RER E) pour l'année 2021.

Les niveaux moyens en particules sont relativement stables les jours ouvrés (du lundi au vendredi). Ces derniers sont d'environ **91 µg/m<sup>3</sup> pour les particules PM10** et environ **31 µg/m<sup>3</sup> pour les PM2,5** sur la période d'ouverture au public de la gare (moyenne en service commercial). Les niveaux moyens en PM10 mesurés sur l'ensemble des mardis de l'année semblent légèrement plus importants (en hausse de l'ordre de 7%) que les pour les autres jours de la semaine.

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 **39%** pour les PM2,5 avec une concentration moyenne de 19 µg/m<sup>3</sup> ;
- de l'ordre de **43%** pour les PM10 avec une concentration moyenne de 52 µg/m<sup>3</sup>.

Ces résultats sont en partie liés à la baisse du nombre de trains en circulation durant les week-ends (461 trains en semaine contre 388 le samedi et dimanche en moyenne annuelle).

### 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 2021.

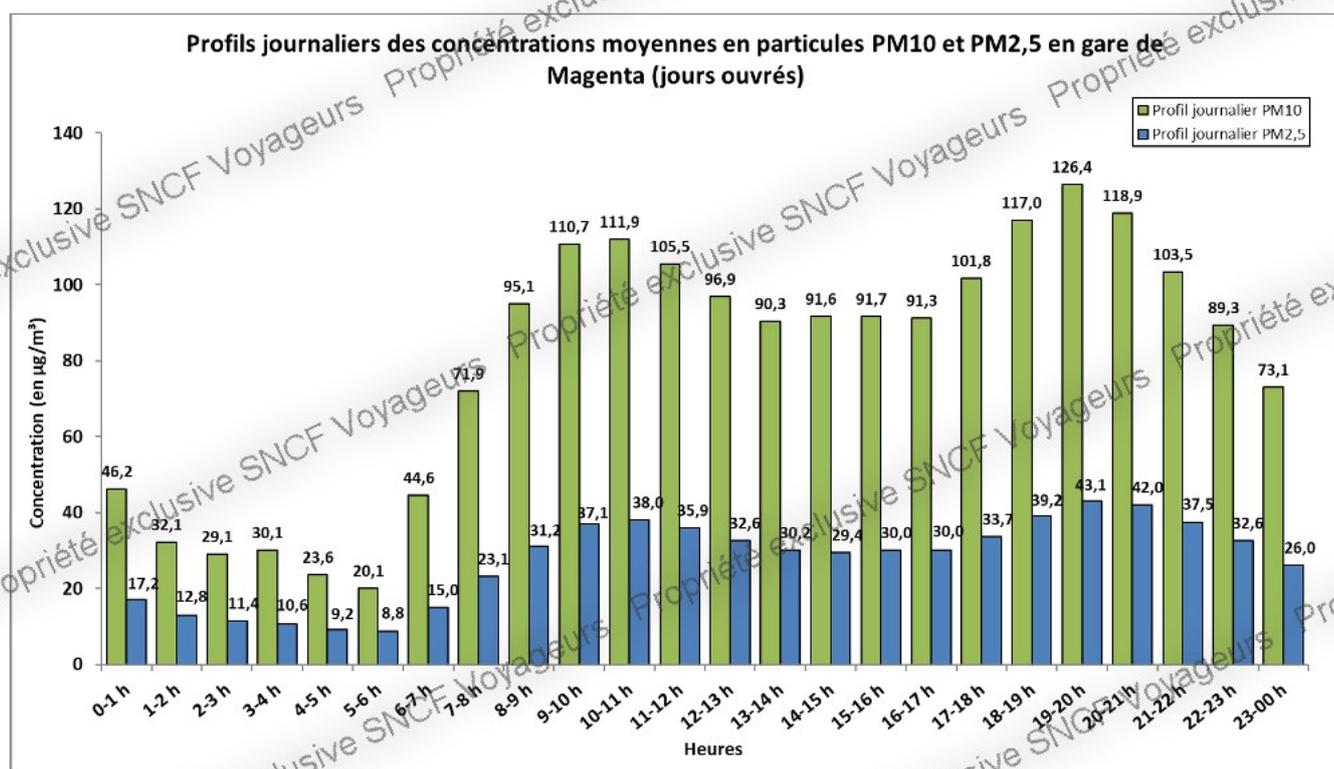


Figure 5 - Evolution des profils journaliers en PM10 et PM2,5 en gare de Magenta pour l'année 2021 (jours ouvrés)

Les profils journaliers présentés en **Figure 5** montrent des tendances comparables pour les particules PM10 et PM2,5 tout au long de la journée.

Les profils journaliers montrent 3 périodes importantes :

- une **période de pointe le matin**, approximativement de **8h00 à 13h00** ;
- 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)

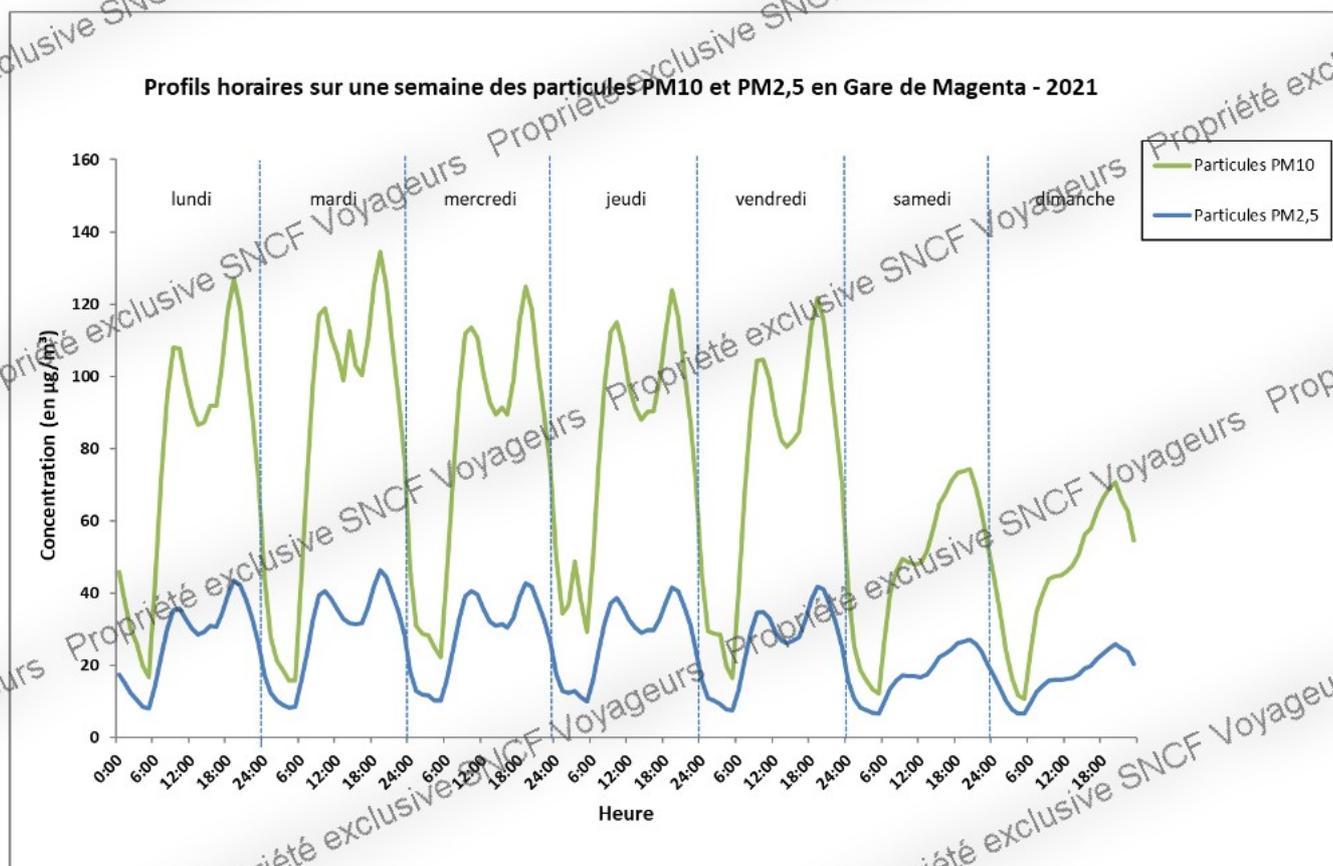
Durant les périodes de pointes, les concentrations horaires moyennes maximales sont mesurées, pour les deux types de particules : elles sont comprises entre **95 et 126  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  pour les PM10 et entre **31 et 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  en PM2,5.

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 **20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  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. Ces dernières sont majoritaires en masse mais pas en nombre. 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 semaines de l'année 2021 hors période des travaux d'été) est présenté en **Figure 6**.



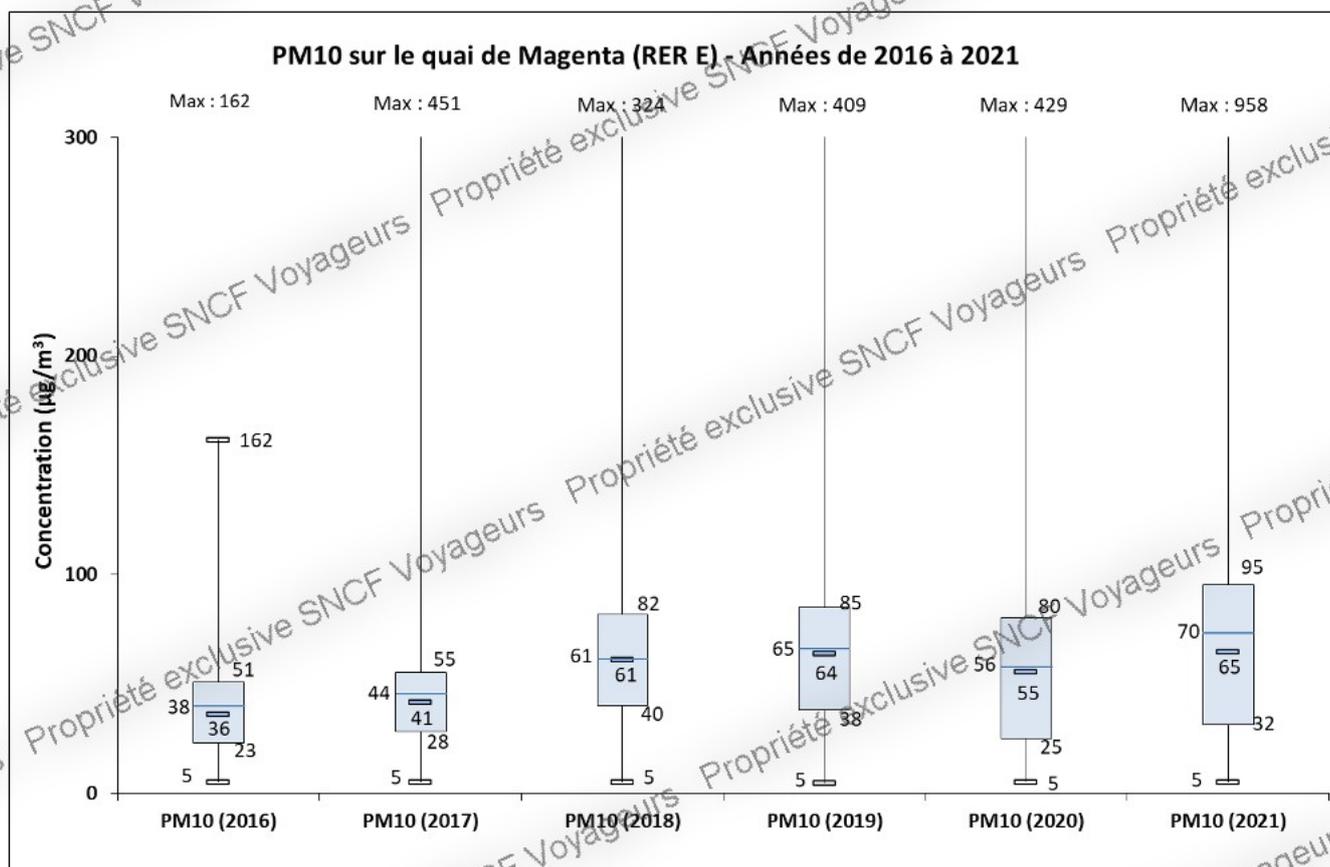
Ce graphique montre d'une part les variations journalières avec l'existence de deux pics de concentrations aux heures de pointes et les niveaux les plus faibles mesurés la nuit. D'autre part, il montre également la différence entre les variations observées les jours ouvrés et celles observées les samedis et dimanches (absence d'un réel pic de concentration le dimanche matin et atténuation des maximaux aux heures de pointe en fin de journée). Cette représentation graphique des données complète les informations fournies en Figure 4. En effet cette dernière montre que la hausse des concentrations moyennes en PM10 mesurés sur l'ensemble des mardis de l'année semble être en lien avec des niveaux de particules PM10 plus élevés lors de la période de pointe du soir.

### 3.3 - Comparaison des principaux résultats avec les campagnes antérieures

Les campagnes de mesures en continu réalisées en 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 et 2021 ont permis de collecter des données en quantité suffisante chaque année, rendant possible la comparaison des résultats obtenus lors de ces six 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 effectuées ces dernières années entre 2016 et 2021.



**Figure 7 – Boîtes à moustaches des concentrations en moyenne horaire en PM10 en gare de Magenta pour les années 2016 à 2021.**

La dispersion des concentrations en PM10 obtenue en 2021 est un peu plus importante<sup>2</sup> que celles des autres campagnes (2016, 2017, 2018, 2019 et 2020). Une légère augmentation des concentrations moyennes est observée pour l'année 2021 par rapport aux exercices 2018, 2019 et 2020. Ces augmentations sont comprises entre 8 et 25%. Ces

<sup>2</sup> Les paramètres statistiques tels que l'étendue et l'écart interquartile sont plus importants en 2021 que pour les autres années.

augmentations sont probablement en lien avec les niveaux de poussières mesurés après travaux en gare. En effet, avant la réalisation de ces derniers, la concentration moyenne en PM10 (calculée sur la base des moyennes 24 heures et non en service commercial) de janvier à juin 2021 est de 61,4 µg/m³. Cette valeur est proche des concentrations moyennes mesurées sur la même période entre 2018 et 2020 (58 µg/m³ en moyenne sur ces trois années). Après les travaux d'été, les niveaux en PM10 sont les plus importants de l'année 2021 avant d'entamer une décroissance et d'atteindre les concentrations antérieures observées lors du premier semestre. Cette situation ne s'est pas produite lors des années précédentes. En 2019 et 2020, des travaux voies ont été réalisés et ont été les plus impactant du fait de la nature des travaux (rehaussement des voies en béton).

On note que le maximum horaire de la concentration en PM10 observé en 2021 est près de deux fois supérieur à ceux mesurés les années précédentes. Il est également à noter qu'en terme de disponibilité des données annuelles, 2021 fait partie des années comportant le plus haut taux de disponibilité depuis 2016 (83% en 2021 comparé à 60% en 2020, 79% en 2019, 74% en 2018, 93% en 2017 et 88% en 2016) ce qui permet de justifier de la robustesse des données présentées.

La distribution des données de 2021 est également en rupture avec celles des campagnes 2016 et 2017. Les concentrations moyennes de 2021 sont en hausse par rapport aux campagnes 2016 et 2017. Ces hausses sont plus marquées et comprises entre 60 et 85 % en PM10. L'hypothèse émise quant à cette augmentation entre les profils des années 2016/2017 et les profils de l'année 2021 est le démarrage des travaux EOLE sur la ligne E à partir de février 2018, qui ont lieu tous les étés.

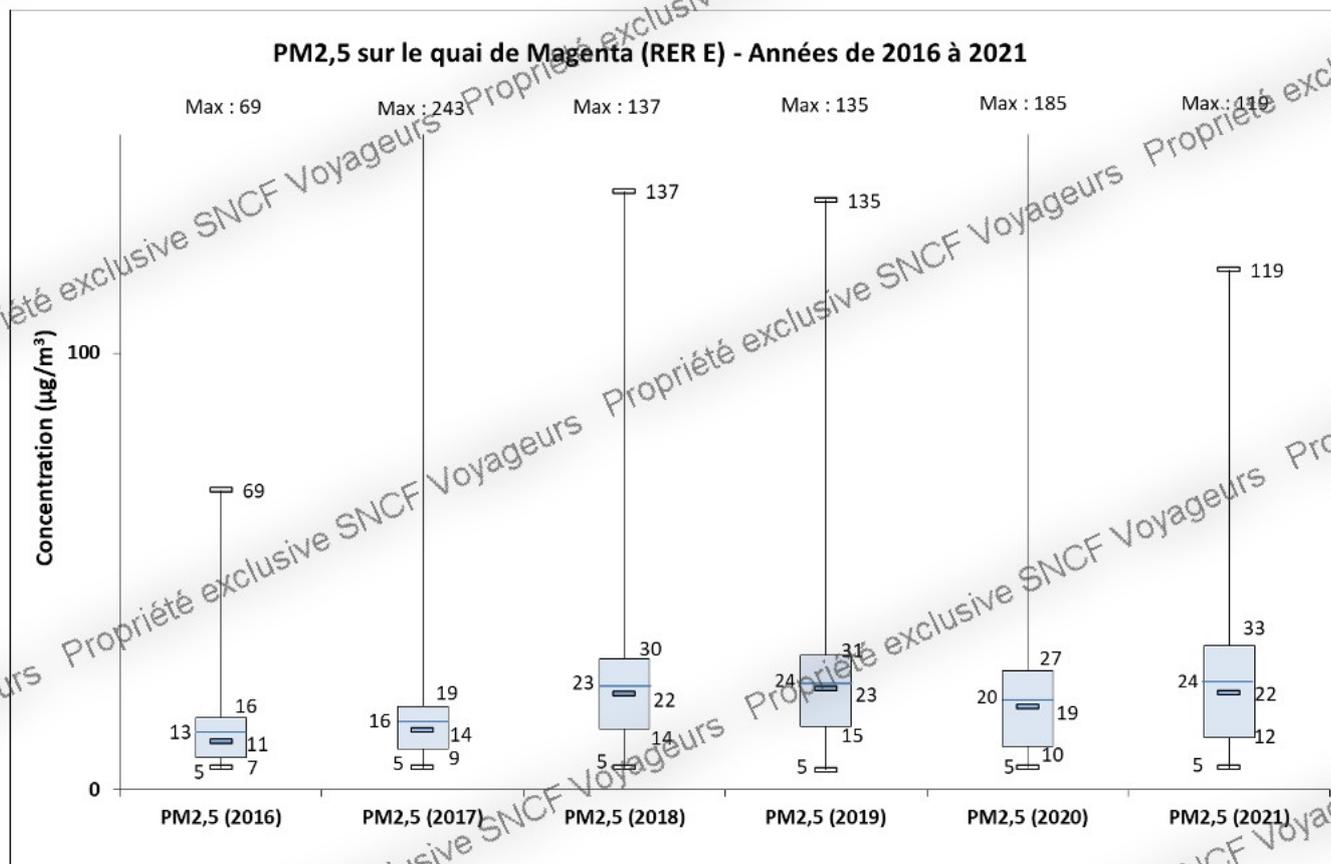


Figure 8 – Boîtes à moustaches des concentrations en moyenne horaire en PM2,5 en gare de Magenta pour les années 2016 à 2021.

La distribution des données pour les PM<sub>2,5</sub> obtenue en 2021 est proche de celles des campagnes 2018 à 2020. Une légère augmentation des concentrations moyennes est observée pour l'année 2021 par rapport aux exercices 2018, 2019 et 2020. Ces augmentations sont comprises entre 5 et 20% en PM<sub>2,5</sub>. Il apparaît également qu'entre 2019 et 2021, les concentrations moyennes et la distribution des données sont très similaires.

Ces augmentations sont probablement en lien avec les niveaux de poussières mesurés après travaux en gare. En effet avant la réalisation de ces derniers la concentration moyenne en PM<sub>2,5</sub> (calculée sur la base des moyennes 24 heures et non en service commercial) de janvier à juin 2021 est de 22,7 µg/m<sup>3</sup>. Cette valeur est proche des concentrations moyennes mesurées sur la même période entre 2018 et 2020 (21,1 µg/m<sup>3</sup> en moyenne sur ces trois années). On note que le maximum horaire de la concentration en PM<sub>2,5</sub> observé en 2021 est inférieur à ceux mesurés les années précédentes à l'exception de l'année 2016.

La distribution des données de 2021 est également en rupture avec celles des campagnes 2016 et 2017. En effet l'écart interquartile contenant 50% des données a plus que doublé en 4 et 5 ans ce qui montre une dispersion des données plus importantes entre 2016 -2017 et 2021. Les concentrations moyennes de 2021 sont en hausse par rapport aux campagnes 2016 et 2017. Ces hausses sont plus marquées en comparaison avec les années 2018 à 2020 et comprises entre 50 et 85 % en PM<sub>2,5</sub>.

### 3.3.2 - Comparaison des données mensuelles

Les Figures 9 et 10, en pages suivantes, présentent respectivement les concentrations moyennes mensuelles en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> en service commercial obtenues lors des campagnes 2019, 2020, 2021 en gare de Magenta. Par souci de clarté, le choix s'est porté sur la représentation graphique et la comparaison des trois dernières années de données.

Les résultats des trois années de mesures en continu montrent des différences dans l'observation des profils de concentrations en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>. En 2021, la tendance générale à la hausse par rapport aux années 2019 et 2020 se poursuit malgré quelques différences dans l'observation des profils mensuels. Il reste toutefois compliqué de dégager des tendances générales puisque les années 2020 et 2021 ont été des années spécifiques du fait de la crise sanitaire ayant impacté fortement le nombre de trains en circulation et les fréquentations des voyageurs.

L'exploitation des profils mensuels en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> de l'année 2021 montre les tendances suivantes :

- En dehors du mois de janvier 2021 pour lequel les concentrations mesurées en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont les plus faibles sur ces 3 dernières années, il apparaît que les concentrations moyennes mensuelles de 2021 sont souvent proches mais supérieures à celles mesurées lors des campagnes 2019 et 2020.
- Lors des mois de février, mai et novembre, cette tendance semble s'atténuer et les concentrations moyennes mensuelles de 2021 se situent à des niveaux inférieurs à ceux mesurés en 2019.

Aucune valeur n'a été enregistrée durant le mois d'avril 2020 du fait de la fermeture de la gare en raison du confinement. En août 2019, 2020 et 2021, une absence est également notée en raison des travaux EOLE en gare de Magenta.

Voyageurs Propriété exclusive SNCF Voyageurs

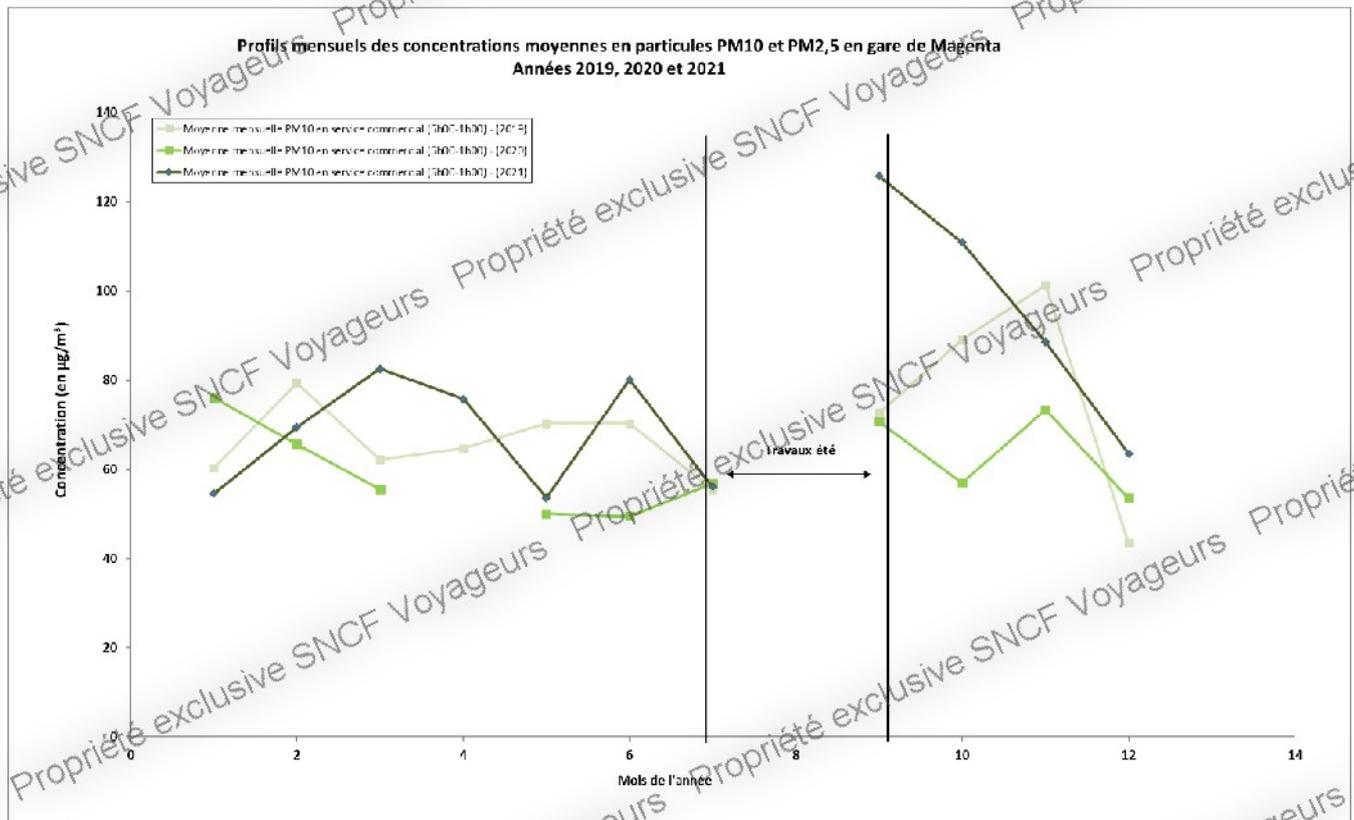


Figure 9 – Comparaison des profils mensuels de concentration en particules PM10 en gare de Magenta de 2019 à 2021

DOC058559-00 / MES022959

06\_DOC058559-00

Propriété exclusive SNCF Voyageurs

SNCF Voyageurs Propriété exclusive SNCF Voyageurs

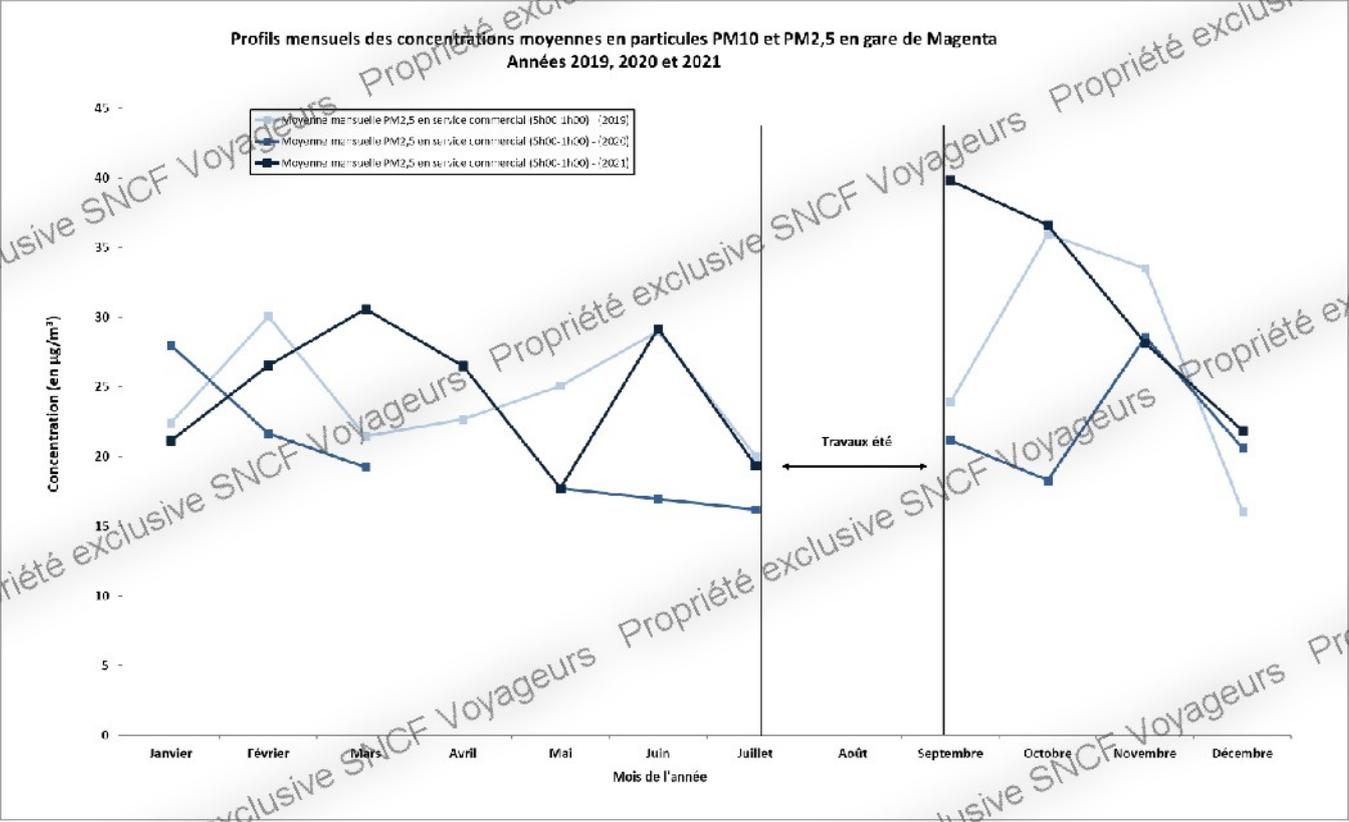


Figure 10 – Comparaison des profils mensuels de concentration en particules PM2,5 en gare de Magenta de 2019 à 2021

DOC058559-00 / MES022959

08\_DOC058559

#### **4 - FACTEURS D'INFLUENCE ET PARAMETRES DE CONFORT**

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 :

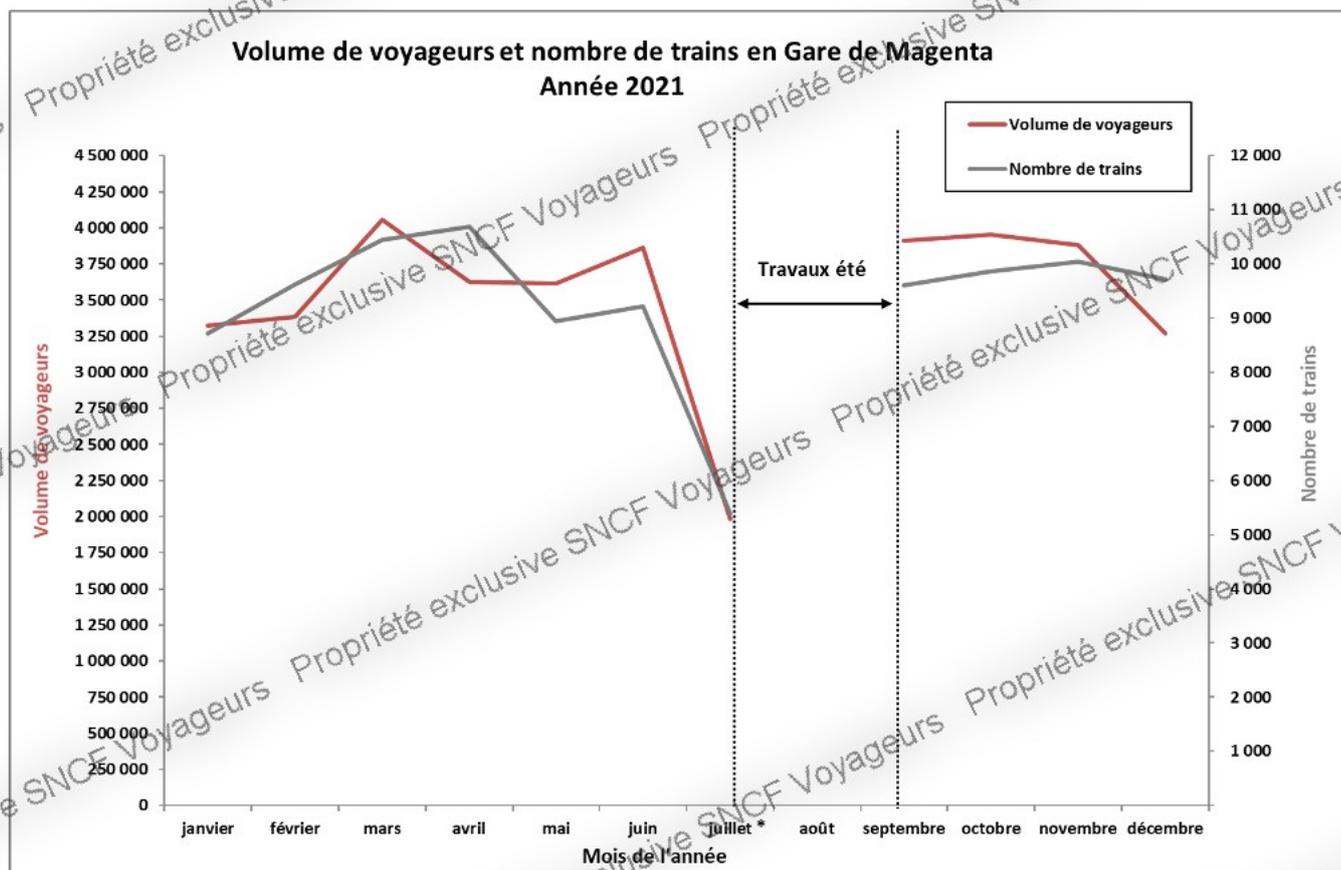
- lors de l'usure des matériaux de freinage du fait de la friction roue-frein ;
- lors du contact roue-rail ;
- lors des contacts entre le matériel roulant et le système d'alimentation électrique.

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).

##### **4.1 - Trafic ferroviaire et fréquentation**

Le trafic en gare de Magenta (nombre réel de trains par mois) et la fréquentation (volumes de voyageurs mensuels) pour l'année 2021 ont été transmis par Transilien sur la période couvrant la campagne de mesures. Le nombre moyen réel de trains circulant par mois en gare de Magenta est de 9 786 (hors périodes de travaux d'été).

La **Figure 11** 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 2021.



**Figure 11 - Evolution mensuelle du volume de voyageurs et du nombre de trains en gare de Magenta pour l'année 2021.**

Les données présentées en **Figure 11** montrent les points suivants :

- Il est à noter que le mois de juillet est particulier du fait du début des travaux d'été en gare à partir du 19 juillet 2021. De ce fait, il n'a pas été utilisé dans le calcul du volume annuel de voyageur ainsi que pour le trafic ferroviaire (taux de disponibilité des données en juillet de 40%).
- Le volume de voyageurs et le nombre de trains ont une tendance à l'évolution globalement **similaire sur toute l'année** (à l'exception des mois d'avril et novembre) avec un coefficient de corrélation de 0,94 entre ces deux paramètres.
- Durant les **mois de janvier, février puis décembre**, le nombre de voyageurs et de trains sont inférieurs à la tendance annuelle puisque le volume moyen mensuel annuel de voyageurs est de 3 687 750, contre 3 324 004 en moyenne pour ces mois. Par ailleurs la moyenne mensuelle annuelle du nombre de trains en circulations en 2021 est de 9 689 trains, contre 9 175 trains en moyenne de janvier à février. Ceci peut s'expliquer par les mesures de couvre-feu du début d'année 2021 qui a entraîné une baisse de fréquentation et de trafic en gare de Magenta.

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

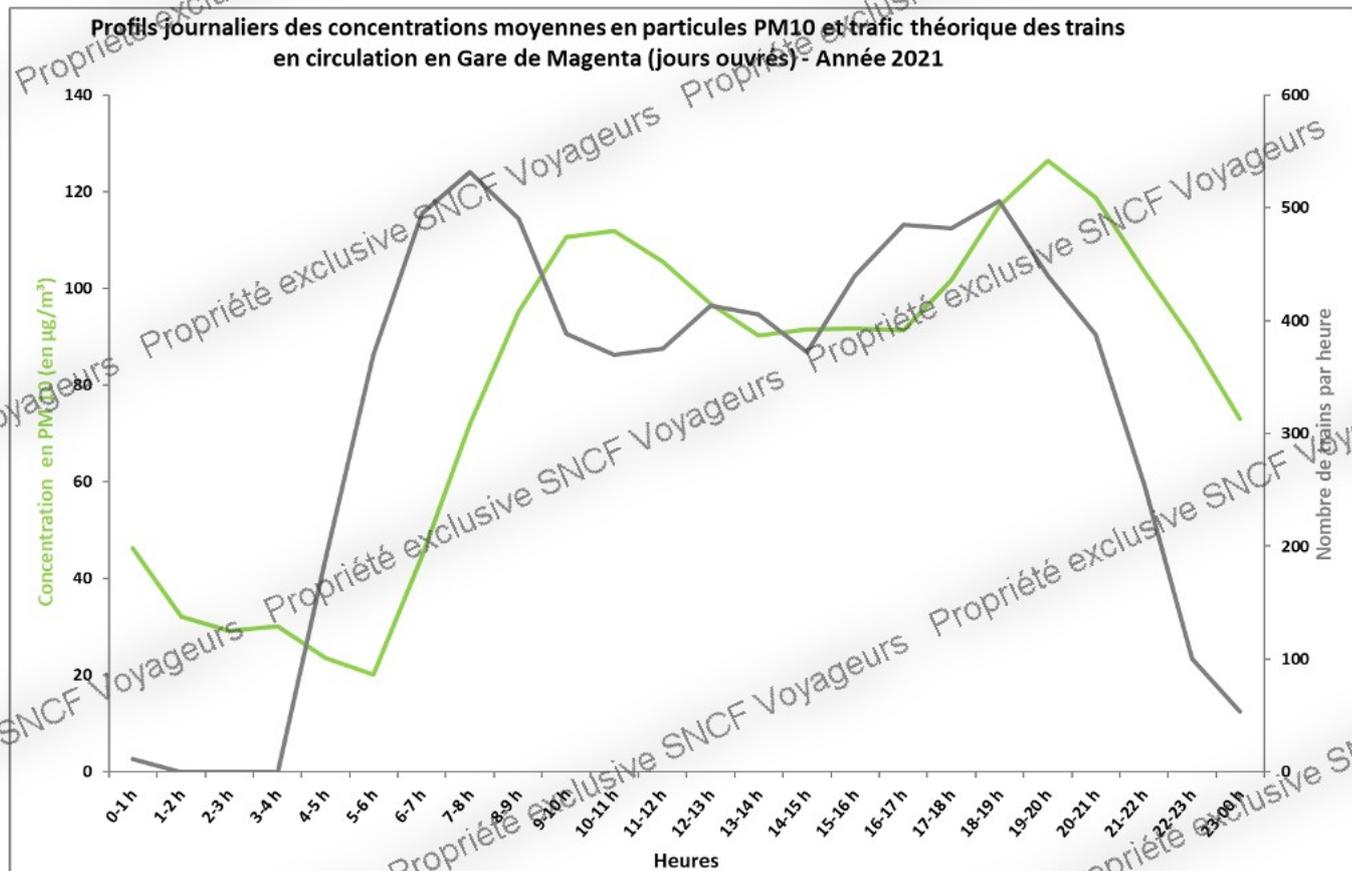


Figure 12 - Comparaison entre les profils horaire journalier en particules PM10 et le trafic réel des trains en circulation en gare de Magenta pour l'année 2021.

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 ou deux heures 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 7h00 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 (avec un léger décalage temporel). 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).

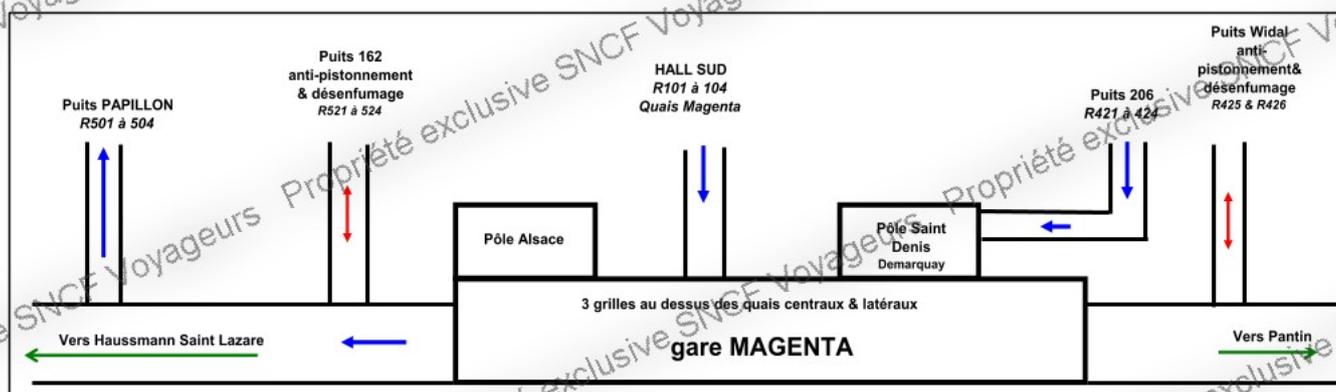
#### 4.2 - Ventilation

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 présents en tunnel 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 13**.



**Figure 13 - 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.

Des essais de désenfumage ont été programmés en fin d'année 2021 mais n'ont pas pu être réalisés pour cause de dysfonctionnements sur les ventilateurs en gare de Magenta. Durant le mois de novembre, une stratégie a été mise en place pour réaliser des essais complémentaires. Les ventilateurs de la gare d'Haussmann-Saint-Lazare ont été activés en régime poussé pour pallier de potentiels phénomènes de stagnations des poussières, éviter les niveaux post-travaux en concentrations et pallier au défaut sur les ventilateurs en gare de Magenta. En parallèle sur la période novembre-décembre, la décroissance des concentrations en particules observée depuis le mois de septembre se poursuit.

### 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.

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.

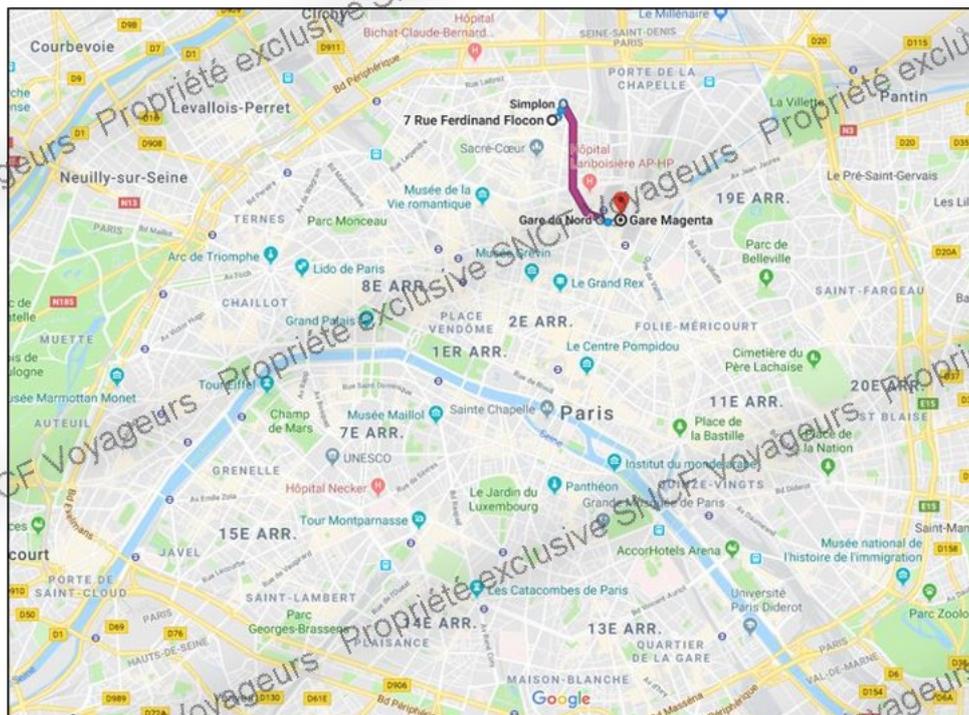
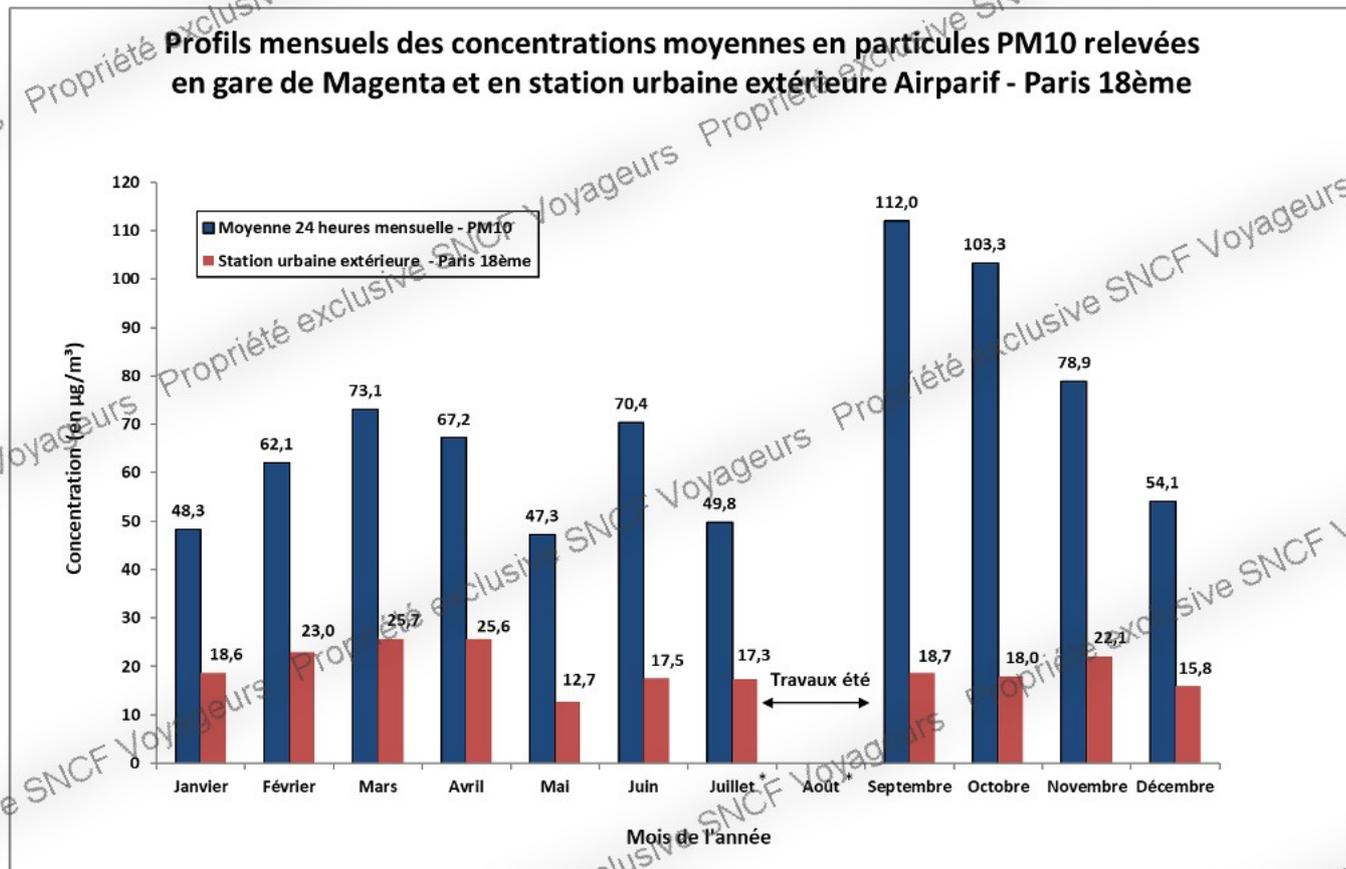


Figure 14 – Plan de situation de la gare de Magenta et de la station de fond urbaine la plus proche.

Cette station de fond urbain est située au 7 rue Ferdinand Flocon, dans le 18<sup>ème</sup> arrondissement parisien. Une représentation est fournie en Figure 14.

La **Figure 15** 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<sup>ème</sup> arrondissement.



**Figure 15 - Evolution mensuelle de la concentration en PM10 en gare de Magenta et en station urbaine Airparif - Paris 18ème.**

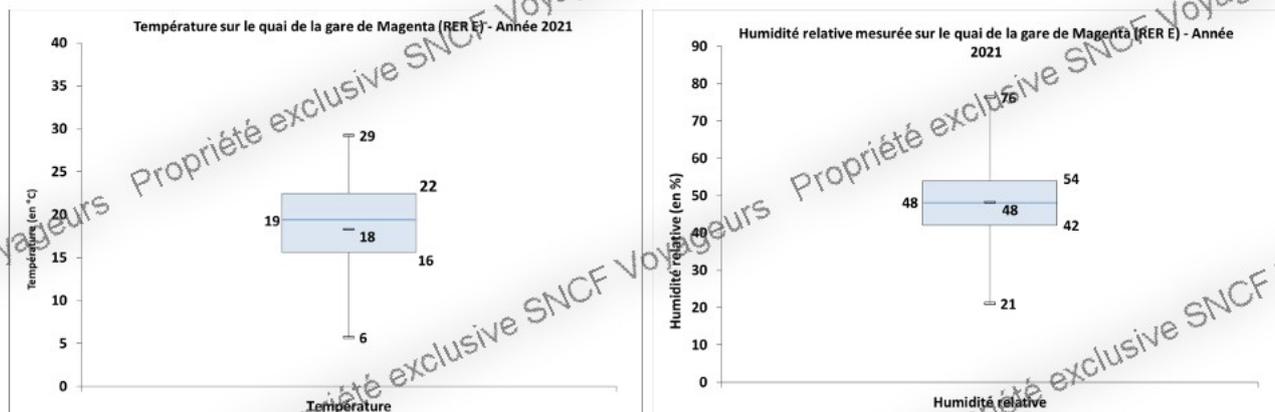
L'évolution des deux profils de concentrations en PM10 rend compte des différences entre les deux environnements considérés tout au long de l'année. Dans un premier temps, il apparaît que les variations de concentrations en PM10 sont moins importantes au niveau de l'air extérieur puisque les concentrations sont comprises en 12,7 et 25,7 µg/m³ contre des valeurs comprises entre 47,3 et 112,0 µg/m³ sur le quai de la gare de Magenta. De manière générale, les données montrent qu'en 2021, ces deux environnements sont marqués par une alternance de croissances et décroissances suivant la même tendance en PM10 au cours du 1<sup>er</sup> semestre. Les données des années précédentes ont montré que ces paramètres étaient faiblement corrélés.

D'après les mesures réalisés par Airparif tout au long de l'année, les mesures extérieures ont mis en évidence que les épisodes de pollution aux particules ont été peu nombreux (7 jours d'épisode de pollution aux particules PM10 au total dont 1 en janvier (1<sup>er</sup> janvier), 3 en février (21, 22 et 24 février), 2 en mars (1<sup>er</sup> et 2 mars) et 1 en octobre 2021 (13 octobre)). Il n'y a pas eu d'impact particulier sur les niveaux de concentrations en particules lors de ces journées d'épisodes de pollution.

#### 4.3.3 - 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 16**. Les données de température et d'humidité relative sont indisponibles entre le 19 juillet et le 30 août en raison d'indisponibilités des appareils de mesures sur cette période.



**Figure 16 – 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 2021.**

Les résultats indiquent que la température moyenne en gare de Magenta est de **19°C**, avec des valeurs mesurées **comprises entre 6 et 29°C**. La moitié des données mesurées durant l'année montre des températures comprises entre 16 et 22 °C. Ces données sont relativement proches de celles mesurées lors des campagnes précédentes :

- En 2020, la température moyenne annuelle est de 19°C ;
- En 2019, la température moyenne annuelle est de 20°C ;
- 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 **48%** en 2021. Les valeurs mesurées ont été **comprises entre 21 et 76%** alors que la moitié des données mesurées durant l'année montrent des valeurs comprises entre 42 et 54%. Les données 2021 relative à ce paramètre montrent des différences avec les années précédentes :

- En 2020, l'humidité relative moyenne annuelle est de 46% ;
- En 2019, l'humidité relative moyenne annuelle est de 44% ;
- 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%.

La **Figure 17** présente l'évolution mensuelle de l'hygrométrie et de la température mesurées en gare de Magenta pour l'année 2021.

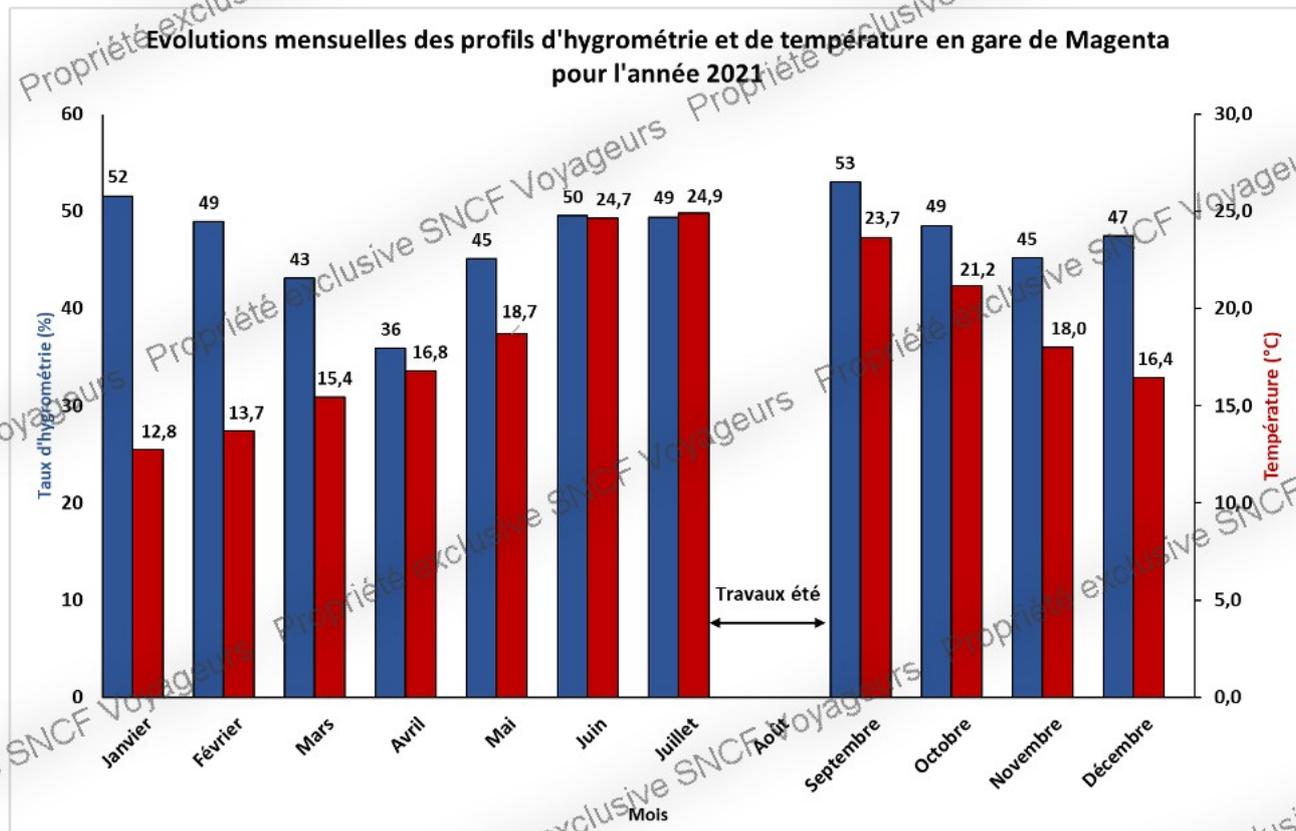


Figure 17 – Profil de température et d'hygrométrie en gare de Magenta – Année 2021

Les résultats de la figure 17 montrent que la période la plus chaude de l'année est observée lors du second semestre 2021 de juin à septembre qui fait également parti d'une des périodes les plus humides en gare.

Concernant les températures, dès le mois de juin les moyennes mesurées sur le quai de Magenta ont atteint 24,7°C (avec 24,9°C en juillet au maximum). Les températures moyennes sur le quai de la gare baissent ensuite progressivement tout au long du dernier trimestre. Les niveaux d'hygrométrie sont restés constants tout au long de l'année sauf pour les mois de mars et avril qui ont présenté des taux plus faibles (respectivement 43% et 36% d'humidité relative). Les taux moyen sur le quai de la gare ont atteint un maximum de 53% en septembre.

**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 et qualité de l'air extérieur.

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.

La comparaison des données de la station urbaine d'Airparif située au plus proche de la gare de Magenta a en majorité montré des similitudes en matière d'évolution des concentrations moyennes en PM10 à l'échelle mensuelle cependant il est difficile de d'établir une corrélation entre les deux paramètres.

## 5 - CONCLUSION

Ce rapport présente les niveaux de concentration observés en gare de Magenta pour les particules PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub> dans le cadre de la campagne de mesure réalisée en continu sur l'année 2021. Il est à noter que l'année 2021 a été particulière du fait de la période de couvre-feu (qui a eu un faible impact sur la fréquentation) et des travaux d'été qui ont entraîné une réduction du nombre de trains circulant et du nombre de voyageurs, voire une fermeture totale de la gare durant la période estivale.

La concentration moyenne annuelle en gare de Magenta sur l'ensemble de la période de mesures a été de **70 µg/m<sup>3</sup> en PM<sub>10</sub> et de 24 µg/m<sup>3</sup> en PM<sub>2,5</sub>**. La répartition mensuelle des concentrations moyennes a montré des variations importantes des niveaux de particules mesurés : le dernier trimestre a montré les concentrations moyennes mensuelles les plus importantes de l'année 2021 puisqu'une décroissance à partir de septembre (mois dont les concentrations sont les plus élevées de l'année) a été observée jusqu'à atteindre, en décembre, des concentrations équivalentes au premier trimestre. 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 **43% pour les PM<sub>10</sub> et de 39% pour les PM<sub>2,5</sub> 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-13h) et du soir (18h-22h). Ces profils ont révélé également une baisse importante des niveaux de particules mesurés la nuit, lors de la période de fermeture de la gare.

La circulation ferroviaire est a priori le principal paramètre 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 éléments 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 pas suffisante pour expliquer les niveaux de polluants particuliers mesurés.

La comparaison des données disponibles entre les exercices de 2016 à 2021 a montré que les valeurs mesurées pour les particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont légèrement à la hausse lors de l'année 2021 en comparaison avec les deux dernières années. Une hausse des concentrations moyennes de 20% et 17% a respectivement été observée pour les PM<sub>10</sub> et les PM<sub>2,5</sub> entre 2020 et 2021.

Une hausse des concentrations moyennes de l'ordre de 46% sur les deux tailles de particules est observée entre 2016 et 2020. Les travaux en gare durant l'été (entre 2018 et 2021) ont certainement été la cause de ces augmentations avec probablement un impact à la réouverture de la gare en septembre.

# **ANNEXES**

## **RAPPORT**

### **MESURE EN CONTINU DE LA QUALITE DE L'AIR EN GARE DE MAGENTA - 2021**

## SOMMAIRE DES ANNEXES

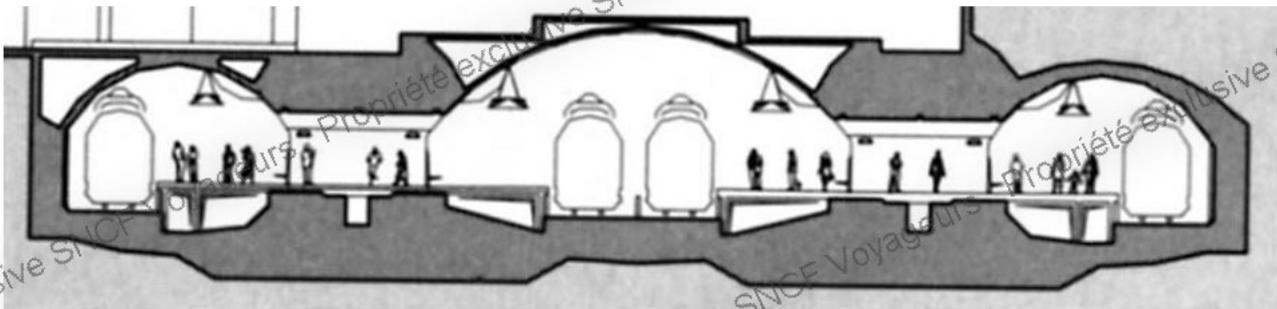
<b>ANNEXE 1 : Descriptif de la gare de Magenta.....</b>	<b>36</b>
<b>ANNEXE 2 : localisation du site de mesure.....</b>	<b>37</b>

## 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 m<sup>2</sup>) à deux voies et deux tunnels latéraux (section 32 m<sup>2</sup>), chacun à une voie (voir coupe ci-dessous). Le volume au niveau des quais, calculé par l'AREP en 2011, est de 49 248 m<sup>3</sup>.

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 ouvrable est de 461.

### Fréquentation des voyageurs

En termes de fréquentation, la gare accueille chaque année 122 925 voyageurs montants par jour ouvrable.





**Photographie 1 : Vue générale de la gare**



**Photographie 2 : Emplacement de la baie de mesure**