

AGENCE D'ESSAI FERROVIAIRE



RAPPORT

**MESURE EN CONTINU DE LA QUALITE DE L'AIR EN GARE DE
MAGENTA - 2022**

Référence AEF : DOC061271-00 / MES022959

Agence
d'Essai
Ferroviaire

Signature numérique de MULLER Sandrine
Date : 2023.11.15 18:38:14 +01'00'

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 :

GARES & CONNEXIONS

A l'attention de Anaïs WATBLED

10 rue Camille Moke

93210 SAINT-DENIS

France

MESURE EN CONTINU DE LA QUALITE DE L'AIR EN GARE DE MAGENTA - 2022

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 2022 ont été respectivement de 78 et 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 2022.

La comparaison des données disponibles en 2022 avec les exercices 2020 et 2021 a montré des concentrations moyennes en PM10 et PM2,5 proches bien que supérieures en 2022. Par ailleurs l'année 2022 a été une année particulière en raison des travaux d'été. Une campagne de mesure des métaux d'une durée de 15 jours a également été réalisée en gare de Magenta au milieu du mois de novembre 2022.

Elaboration du rapport

Rédacteur

Nom : BRUN Ghislain

Fonction : Technicien supérieur

Vérificateur

Nom : GHOZZI Fayes

Fonction : Ingénieur spécialiste

Approbation du rapport

Nom : MULLER Sandrine

Fonction : Adjointe au Responsable de 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.

DOC061271-00 MES022959

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 précédentes.

Afin d'en empêcher l'usage accidentel, nous vous demandons de détruire les versions précédentes.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE EXTERNE AEF

| Références | Intitulé |
|--|---|
| Airparif Site internet : https://data-airparif-asso.opendata.arcgis.com | Données brutes et évènements sur la station Airparif Paris 18eme. |

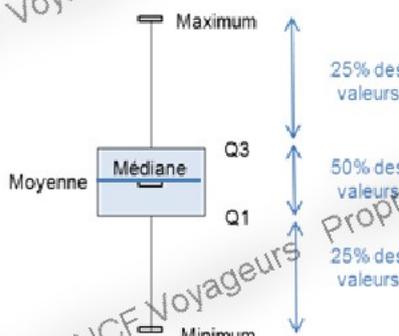
DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE INTERNE AEF

| Références | Intitulé |
|--------------|---|
| DOC061244-00 | Campagne de mesures en gare de Magenta selon les recommandations du guide de mesures harmonisé en EFS |
| DOC047931-00 | Site de mesures de particules en continu en gare de Magenta (2016) |
| DOC049057-00 | Site de mesures de particules en continu en gare de Magenta (2017) |
| DOC050453-00 | 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) |
| DOC058559 | Site de mesures de particules en continu en gare de Magenta (2021) |
| DOC061272 | Site de mesure de particules en continu en gare de Sevrans-Beaudottes (2022) |

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 (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 (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 - Résultats et commentaires | 11 |
| 3.1 - Niveaux moyens observés sur le quai en gare de Magenta | 11 |
| 3.2 - Variabilité temporelle | 12 |
| 3.3 - Comparaison des principaux résultats avec les campagnes antérieures | 20 |
| 4 - FACTEURS D'INFLUENCE ET PARAMETRES DE CONFORT | 25 |
| 4.1 - Trafic ferroviaire et fréquentation | 25 |
| 4.2 - Ventilation | 26 |
| 4.3 - Qualité de l'air extérieur | 27 |
| 5 - CONCLUSION | 32 |
| ANNEXES | 33 |
| SOMMAIRE DES ANNEXES | 34 |

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 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 2022. Il est toutefois important de rappeler que l'année 2022 est une année particulière du fait des travaux d'été en gare de Magenta qui ont nécessité la fermeture totale de la gare du 18 juillet au 21 août 2022 inclus.

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. 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 2 753 821 voyageurs en moyenne mensuelle en 2022 et 9 072 trains y circulent chaque mois en moyenne.

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 avec la mesure des fractions PM10 et PM2,5 mais aussi sur la température et le taux d'hygrométrie sur le quai. 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 (PM_{2,5}).

Une campagne 15 jours supplémentaires de mesures des métaux selon les recommandations du guide de mesures en EFS¹ a également été réalisée en gare de Magenta du 14 novembre au 27 novembre 2022. Durant ces mesures, les paramètres suivants ont été mesurés :

- Concentrations massiques en PM₁₀ et PM_{2,5} ;
- Concentrations massiques en métaux collectés sur la fraction PM₁₀ ;
- Concentrations en CO₂ ;
- Le taux d'humidité relative (en %) et la température (en °C).

Les résultats sont disponibles dans le rapport d'essai relatif à la campagne (DOC061244-00).

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 vue 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

¹ DRC-19-152419-0 – Recommandations pour la réalisation de mesures harmonisées de la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines - INERIS

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 2021). 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 01/01/2022 au 31/12/2022 inclus (sauf période des travaux d'été en gare pour cause de fermeture de la gare au public du 15/07 au 21/08). Durant la période de fermeture de la gare au public, divers travaux ont eu lieu en gare de Magenta aussi bien au niveau des quais que dans les tunnels encadrant la gare. Les principaux travaux ont consisté à :

- Réaliser un traitement des infiltrations sur les quais (voies 53 et 54) et au niveau de l'entonnement sud ;
 - Effectuer des travaux sur les voies : remplacement d'appareils de voies, rechargement de cœurs et remplacement des supports et ferrures des appareils de voie ;
 - Réaliser des travaux d'assainissement : curage des voies 51 à 54 et dans le tunnel sur les voies 1 et 2 ;
 - Réaliser des travaux au niveau du puit 206 du tunnel : création de regard du puit et chemisage des buses.
- Polir les marbres des quais 51 et 52 en gare.

Cette liste n'est pas exhaustive et un plan reprenant la localisation des principaux travaux est fourni en **Annexe 3**.

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 2021.

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 de particules.

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 renseignés dans l'interface logiciel.

Les valeurs manquantes sont liées :

- aux coupures de courant, 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, température et hygrométrie 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 (voir en page 5) 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

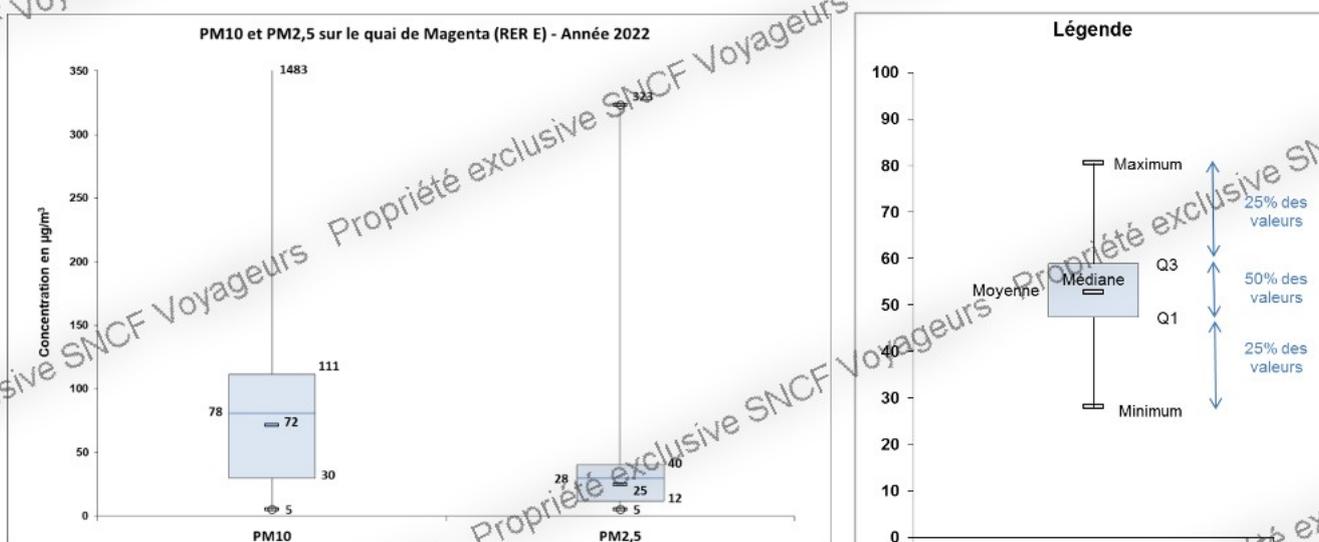


Figure 2 - Boîtes à moustaches des concentrations en moyennes horaires en PM2,5 et en PM10 exprimés en µg/m³ en gare de Magenta pour l'année 2022

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 2022 en **Figure 2**. Il est à noter qu'en 2022, le TEOM n'a pas fonctionné en raison de la fermeture de la gare du 18 juillet au 21 août pour cause de travaux entre les gares 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 importantes. Concernant les PM10, la moitié des concentrations mesurées sont comprises entre **30 et 111 µg/m³**, avec une moyenne de **78 µg/m³** et une médiane de **72 µg/m³**. Pour les PM2,5, la moitié des concentrations mesurées sont comprises entre **12 et 40 µg/m³**, avec une moyenne de **28 µg/m³** et une médiane à **25 µg/m³**. La proportion moyenne de particules PM2,5 dans les particules PM10 est de **36%**, soit un **ratio moyen PM2,5/PM10 de 0,36** calculé à partir des ratios horaires PM2,5/PM10 tout au long de l'année. A titre de comparaison, durant l'année 2022, le ratio moyen PM2,5/PM10 a été de 0,61 en extérieur. 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 PM_{2,5} comparé aux PM₁₀ est plus importante qu'au niveau des quais de la gare de Magenta.

Les concentrations maximales en PM₁₀ et PM_{2,5} ont été mesurées lors de la journée du mardi 22 août 2022 de 4h00 à 5h00 (probablement en lien avec la phase de nettoyage après les travaux d'été). La concentration en PM₁₀ a atteint **1483 µg/m³** en moyenne horaire soit **environ 19 fois la concentration moyenne annuelle** mesurée en gare de Magenta. La concentration en particules fines PM_{2,5} maximale mesurée durant l'année a atteint **323 µg/m³** soit **environ 12 fois la concentration moyenne annuelle en PM_{2,5}**. Ces valeurs sont probablement en lien avec les poussières générées par les travaux d'été en gare et à la phase de nettoyage avant la reprise des circulations ferroviaires.

Conclusion :

Les concentrations moyennes annuelles en PM₁₀ et en PM_{2,5} sont respectivement de **78 µg/m³** et **28 µg/m³**. Il est à noter qu'en 2022, la moitié des données lors du mois de juillet (57% de taux de disponibilité) et la majorité du mois d'août sont absentes (34% de taux de disponibilité), 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 (**1483 µg/m³**) et PM_{2,5} (**323 µg/m³**) ne sont pas représentatives d'une situation ordinaire et sont de loin supérieures aux concentrations moyennes mesurées en gare de Magenta. Ces dernières ont été mesurées peu de temps après la fin des travaux d'été 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.

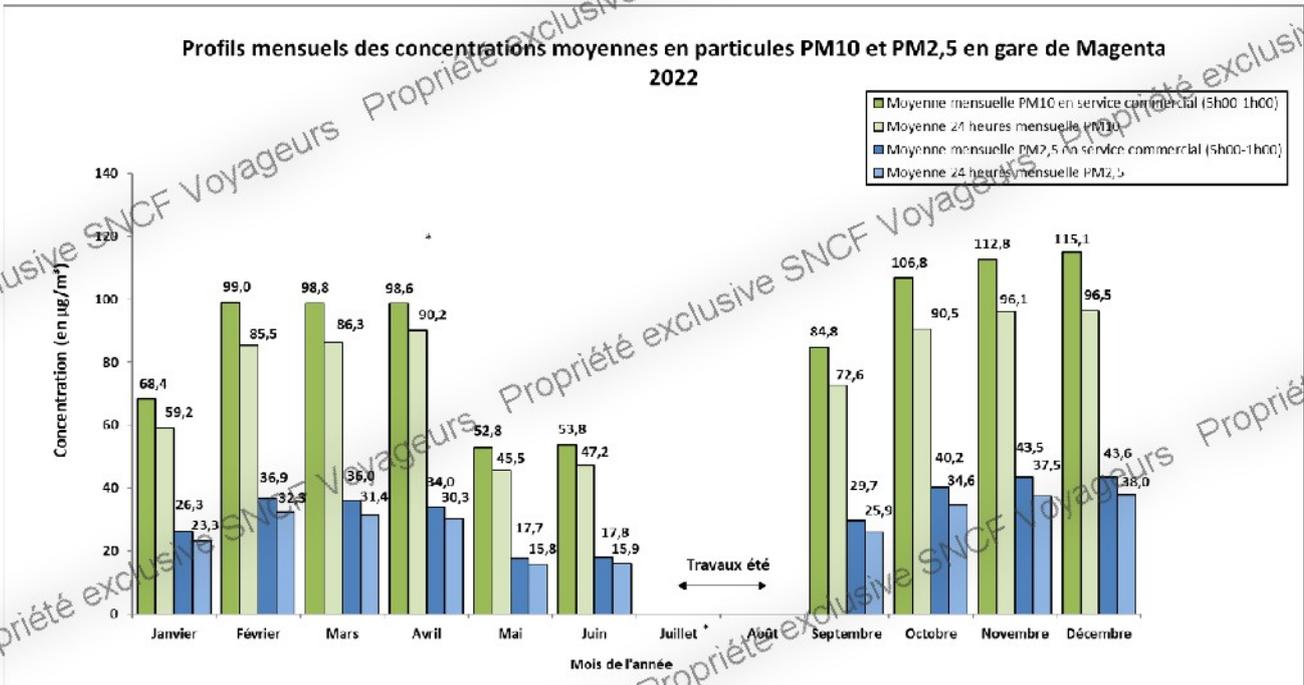
3.2.1 - Variabilité mensuelle

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

Les niveaux moyens mensuels ont été calculés en effectuant la moyenne des concentrations hebdomadaires sur chaque mois. Une distinction a été effectuée entre les niveaux moyens hebdomadaires obtenus à partir des moyennes journalières sur 24 heures et des moyennes journalières calculées sur la période correspondante à l'ouverture de la gare (5h00 (J) à 1h00 (J+1)). Cette distinction permet de tenir compte de l'absence de circulation des trains de voyageurs en dehors des périodes d'ouverture de la gare. Les niveaux observés en service commercial sont plus importants (+15,8% en moyenne sur l'année pour les PM₁₀ et +13,7% en moyenne sur l'année pour les PM_{2,5}) que ceux observés sur 24 heures car ils incluent les périodes de mesures de nuit durant lesquelles une décroissance des concentrations en particules est observée quotidiennement. Il est à noter également que les mois de juillet et août sont « incomplets » (taux de disponibilités de données en juillet et août ayant atteint

respectivement 57% et 34%) car durant cette période, le TEOM était indisponible pour cause de travaux et de fermeture de la gare.

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 2022

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 :

Trois périodes distinctes ont été identifiées tout au long de l'année 2022 :

- La période de janvier à avril ;
 - La période de mai à juin ;
 - La période de septembre à décembre.
- Sur la période de janvier à avril, à l'exception du mois de janvier, des concentrations relativement proches sont observées. Les concentrations moyennes mensuelles sont en forte hausse de janvier à février puis se stabilisent jusqu'en avril. Les concentrations moyennes mesurées sur cette période en service commercial sont comprises entre 68,4 et 99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et entre 26,3 et 36,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5.
- Sur la période d'avril à juin, une importante baisse des concentrations sur les deux fractions de particules s'amorce tout d'abord en mai : -54% (diminution de 98,6 à 52,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, moyennes mensuelles en service commercial) en PM10 et 52% (baisse de 34,0 à 17,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, moyennes mensuelles en service commercial) en PM2,5. Il est ensuite observé une stabilité des concentrations moyennes mensuelles en service commercial pour les PM10 et PM2,5 entre les mois de mai et juin 2022. Les concentrations moyennes en PM10 sont comprises entre 52,8 et 53,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et entre 17,7 et 17,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5 sur la période. Cette diminution des concentrations s'explique par fermeture de la gare de Magenta durant de nombreux week-end et en semaine à partir de 21h15 lors des mois de mai et juin en raison de travaux. Les informations en lien avec les dates concernées sont fournies sur le blog transilien de la ligne E.²
- Sur la période septembre – décembre, une augmentation progressive est observée dès le mois de septembre jusqu'à atteindre les moyennes mensuelles les plus importantes de l'année en décembre, respectivement 115,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 43,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et PM2,5. Les concentrations moyennes en PM10 en service commercial sont comprises entre 84,8 et 115,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et entre 29,7 et 43,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5 sur cette période.

Les concentrations moyennes mensuelles les plus faibles de l'année ont été observées lors du mois de mai 2022 avec respectivement 52,8 et 17,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et les PM2,5.

L'écart entre la concentration mensuelle en service commercial la plus faible et la plus élevée est de 62,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 (52,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en mai contre 115,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en décembre) et de 25,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5 (17,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en mai contre 43,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en décembre).

² Calendrier travaux mai 2022 :

<https://maligne-e-t4.transilien.com/2022/04/19/%f0%9f%93%86%f0%9f%9a%a7-calendrier-travaux-mai-2022/>

Calendrier travaux juin 2022 :

<https://maligne-e-t4.transilien.com/2022/05/16/%f0%9f%93%86%f0%9f%9a%a7-calendrier-travaux-juin-2022/>

Conclusion :

Les résultats du premier trimestre de l'année ont montré des concentrations en hausse entre janvier et février, avant de se stabiliser jusqu'au mois d'avril (de l'ordre de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5 en service commercial).

Sur le second trimestre de l'année (entre mai et juillet), les concentrations ont fortement diminué dès le mois de mai et se sont stabilisées en juin (baisse de l'ordre de 50% pour les deux fractions de particules en service commercial entre les mois d'avril et mai). La fin du second trimestre correspond à la période de l'année ayant les concentrations moyennes mensuelles les plus faibles en 2022. Cette baisse des concentrations est sans doute en lien avec la réalisation de travaux et l'adaptation du plan de transport impliquant la fermeture de la gare de Magenta durant de nombreux week ends et jours de la semaine lors de la fin de journée (à partir de 21h15) des mois de mai et juin.

Lors du second semestre les concentrations moyennes mensuelles sont reparties à la hausse dès le mois de septembre, après la période de fermeture de la gare au public lors des travaux d'été (de mi-juillet à fin août). Dès le mois d'octobre, les niveaux moyens ont légèrement dépassé ceux observés sur la période février-avril avant d'atteindre les niveaux les plus importants de l'année en décembre 2022.

Les concentrations moyennes mensuelles en particules en service commercial ont été les plus faibles lors du mois de mai 2022. Elles sont proches de $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5.

Le mois de décembre est caractérisé 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 $115,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 et $43,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM2,5.

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**.

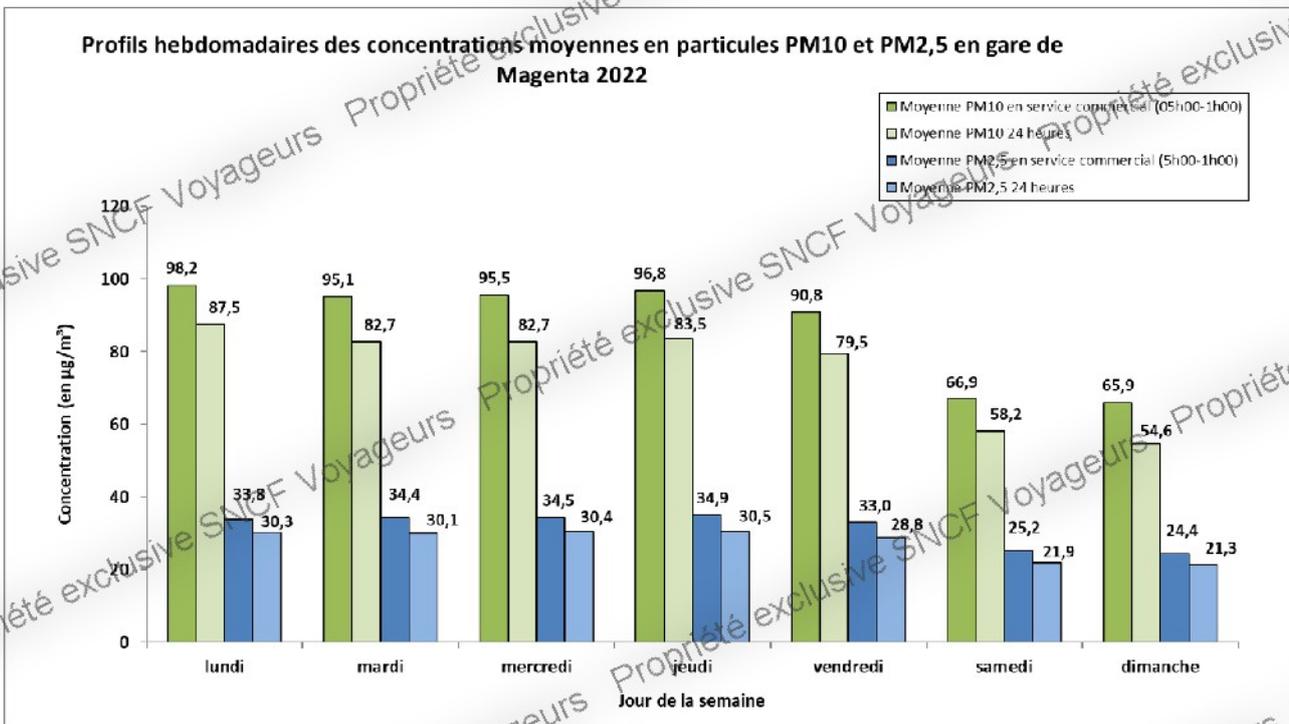


Figure 4 - Evolution des profils hebdomadaires en PM10 et en PM2,5 exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en gare de Magenta (RER E) pour l'année 2022.

Les niveaux moyens en particules sont relativement stables les jours ouvrés (du lundi au vendredi). Ces derniers se situent entre **90 et 98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules PM10** et **sont de l'ordre de 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 lundis de l'année semblent légèrement plus importants que pour les autres jours de la semaine (en hausse de l'ordre de 4%). Tandis que les niveaux moyens sur l'ensemble des vendredis sont, au contraire, plus faibles (baisse de l'ordre de 6%).

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 **27%** pour les PM2,5 avec une concentration moyenne de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- de l'ordre de **30%** pour les PM10 avec une concentration moyenne de 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ces résultats sont en partie liés à la baisse du nombre de trains en circulation durant les week-ends (440 trains en semaine contre 306 le samedi et dimanche, en moyenne).

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 2022.

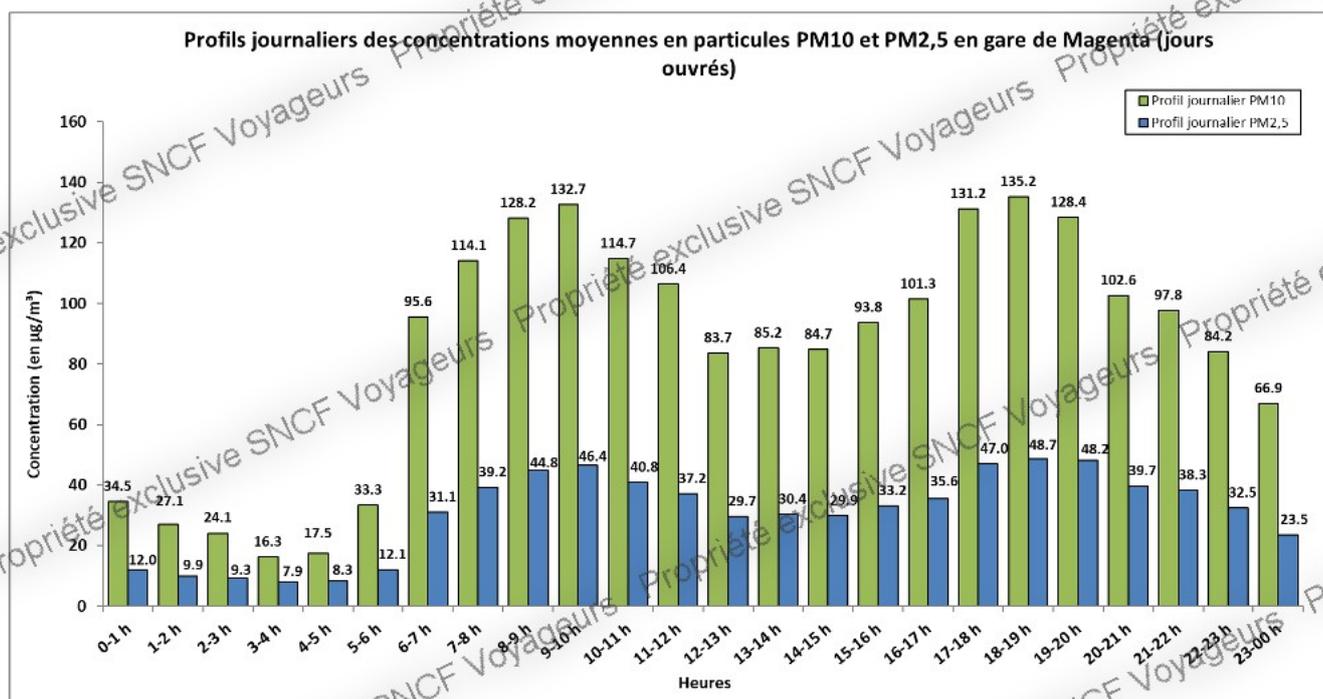


Figure 5 - Evolution des profils journaliers en PM10 et PM2,5 en gare de Magenta pour l'année 2022 (jours ouvrés)

Les profils journaliers présentés en **Figure 5** montrent une évolution comparable 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 **7h00 à 12h00** avec une **moyenne horaire maximale sur la tranche 9h00-10h00** ;
- une **période de pointe le soir** d'environ **17h00 à 20h00** avec une **moyenne horaire maximale sur la tranche 18h00-19h00** ;

- 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 sont comprises entre **114 et 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** pour les PM10 et entre **39 et 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** 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 **16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** pour les PM10 et **8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** en 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 2022 hors période des travaux d'été) est présenté en **Figure 6**.

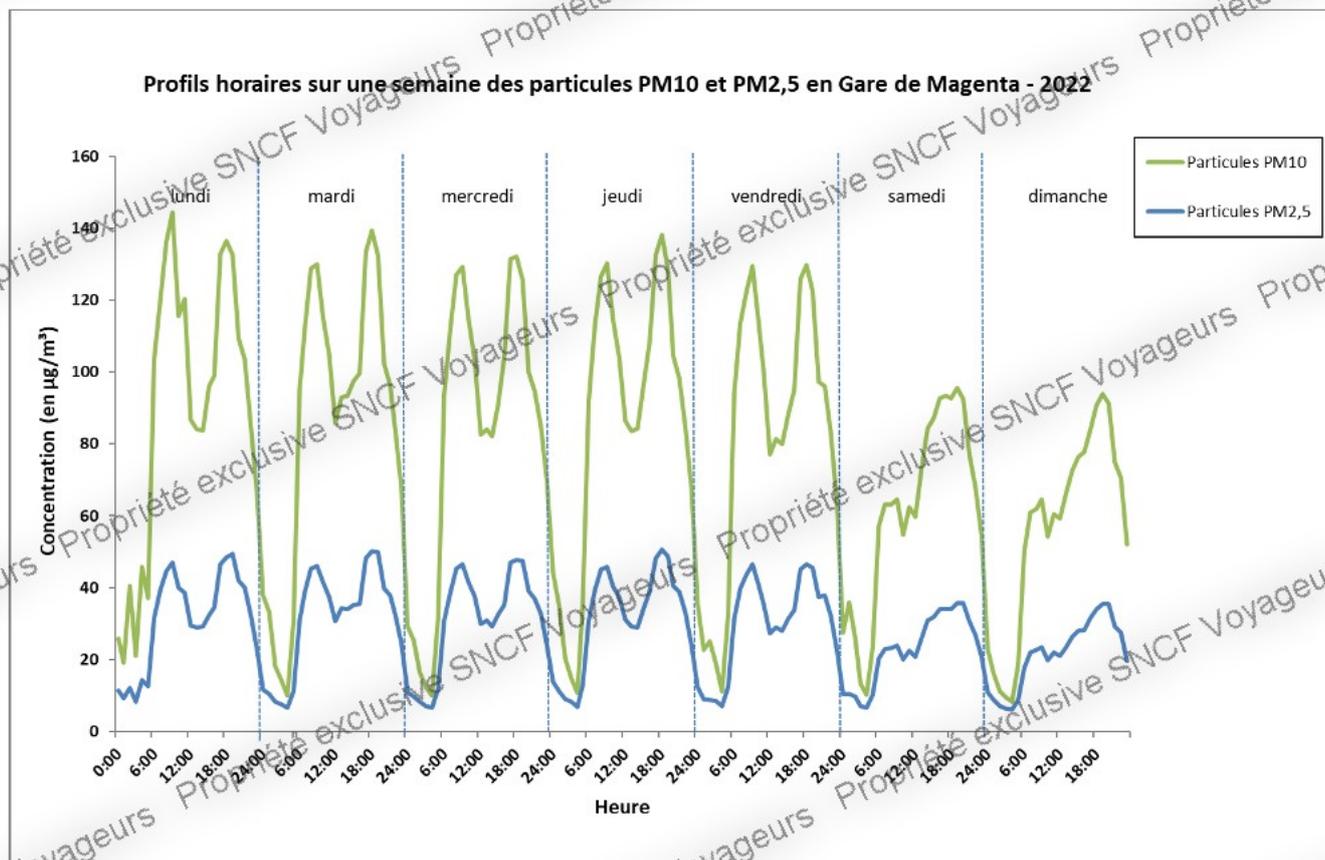


Figure 6 – Evolution des profils horaires sur une semaine complète en PM10 et en PM2,5 en gare de Magenta sur l'ensemble de l'année 2022

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 les samedis et dimanches 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 mesurées sur l'ensemble des lundis de l'année semble être en lien avec des niveaux de particules PM10 plus élevés lors de la période de pointe du matin.

3.3 - Comparaison des principaux résultats avec les campagnes antérieures

Les campagnes de mesures en continu réalisées de 2016 à 2022 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

Les **Figures 7 et 8** permettent de confronter la distribution des données de PM10 et PM2,5 lors des campagnes effectuées ces dernières années entre 2016 et 2022.

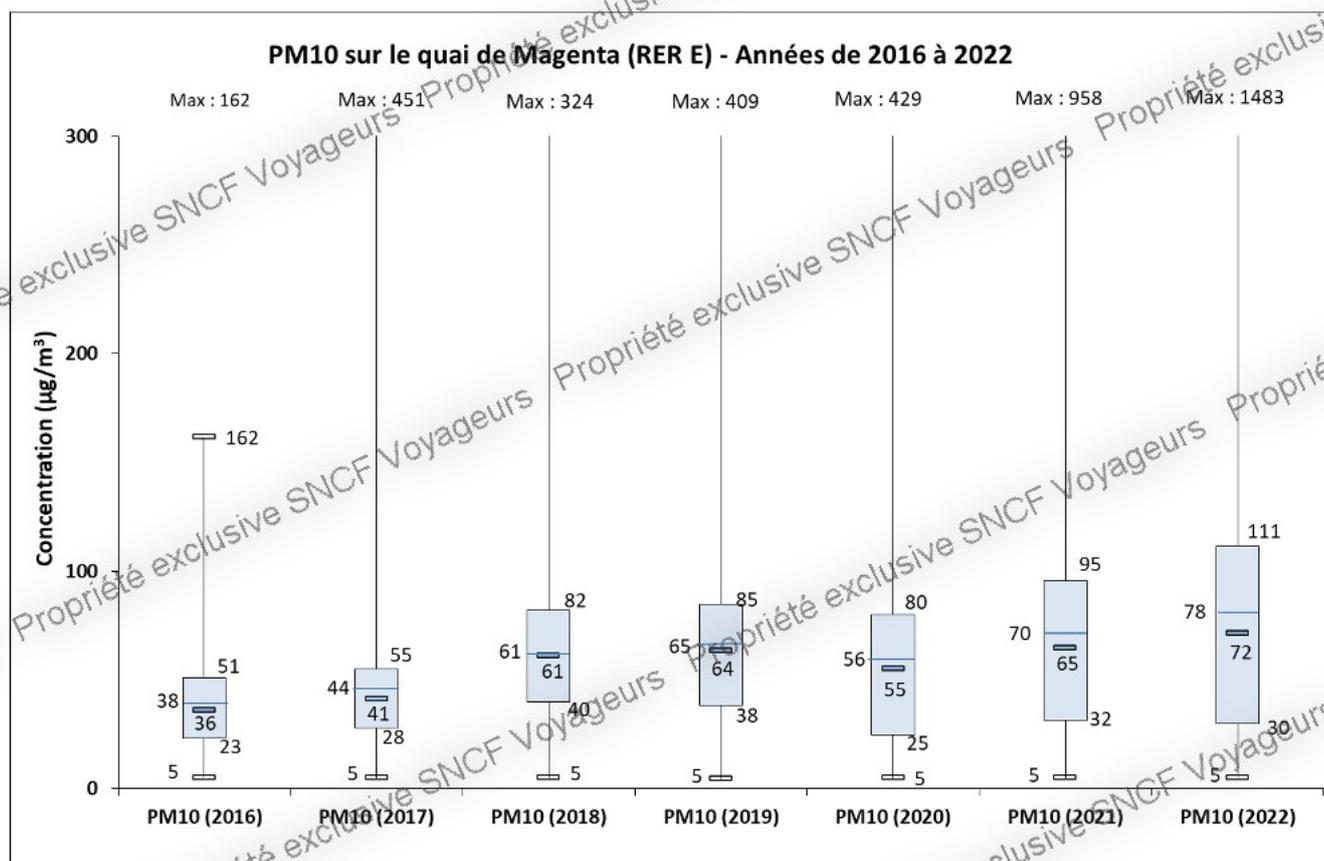


Figure 7 - Boîtes à moustaches des concentrations en moyenne horaire en PM10 en gare de Magenta pour les années 2016 à 2022.

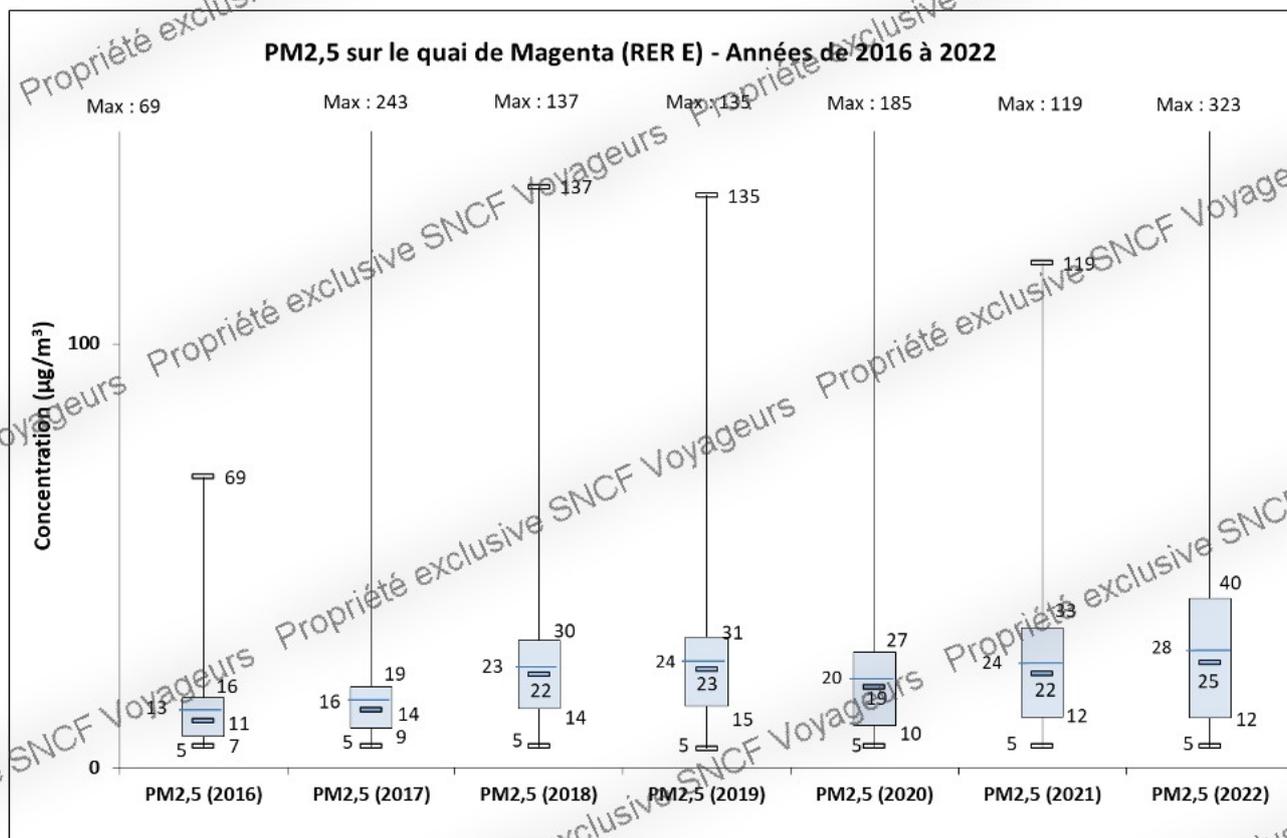


Figure 8 – Boîtes à moustaches des concentrations en moyenne horaire en PM2,5 en gare de Magenta pour les années 2016 à 2022.

La dispersion des concentrations en PM10 et PM2,5 obtenue en 2022 est plus hétérogène³ que celles des autres campagnes (2016, 2017, 2018, 2019, 2020 et 2021). Une augmentation de l'ordre de 11% pour les PM10 contre 17% pour les PM2,5 des concentrations moyennes est observée pour l'année 2022 par rapport à l'exercice 2021. Celle-ci est probablement en lien avec les niveaux de poussières mesurés après travaux en gare. En effet, avant la réalisation de ces derniers (traitement des infiltrations sur les quais et en tunnel, travaux d'assainissement sur les quais et en tunnel, etc.), les concentrations moyenne en PM10 et PM2,5 (calculées sur la base des moyennes 24 heures et non en service commercial) de janvier à juin 2022 sont respectivement de 69 µg/m³ et 24,8 µg/m³. Ces valeurs sont proches des concentrations moyennes mesurées sur la même période entre 2018 et 2021 (63 µg/m³ en moyenne pour les PM10 et 21,1 µg/m³ pour les PM2,5 sur ces quatre années). Après les travaux d'été, les niveaux en particules sont en constante augmentation atteignant les niveaux les plus importants de l'année 2022 (ce qui a également été observé durant les 4 années précédentes). En 2019, 2020 et 2021, des travaux voies ont été réalisés et ont eu un impact sur les concentrations en particules mesurées en gare du fait de la nature des travaux (renhaussement des voies en béton).

On note que les concentrations horaires maximales en PM10 et PM2,5 observées en 2022 sont deux à trois fois supérieures à celles mesurées les années précédentes du fait des travaux (voir la partie « Emplacement du site et période de mesure » en page 9 de ce rapport).

³ Les paramètres statistiques tels que l'étendue et l'écart interquartile sont plus importants en 2022 que pour les autres années.

Il est également à noter qu'en terme de disponibilité des données annuelles, 2022 fait partie des années parmi celles ayant le plus haut taux de disponibilité depuis 2016 (79% en 2022 comparé à 83% en 2021, 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 2022 est également en rupture avec celles des campagnes 2016 et 2017. Les concentrations moyennes de 2022 sont en hausse par rapport aux campagnes 2016 et 2017. En effet l'écart interquartile contenant 50% des données a plus que triplé par rapport à 2016-2017 ce qui montre une dispersion des données plus importantes entre les deux premières années de mesures en continu et les données collectées en 2022. Ces hausses sont plus marquées et comprises entre 77 et 105 % en PM10 et entre 75 et 115 % en PM2,5 en comparaison aux années suivantes. L'hypothèse émise quant à cette augmentation entre les profils des années 2016/2017 et les profils de l'année 2022 est le démarrage des travaux EOLE sur la ligne E à partir de février 2018, qui ont lieu tous les étés.

3.3.2 - Comparaison des données mensuelles

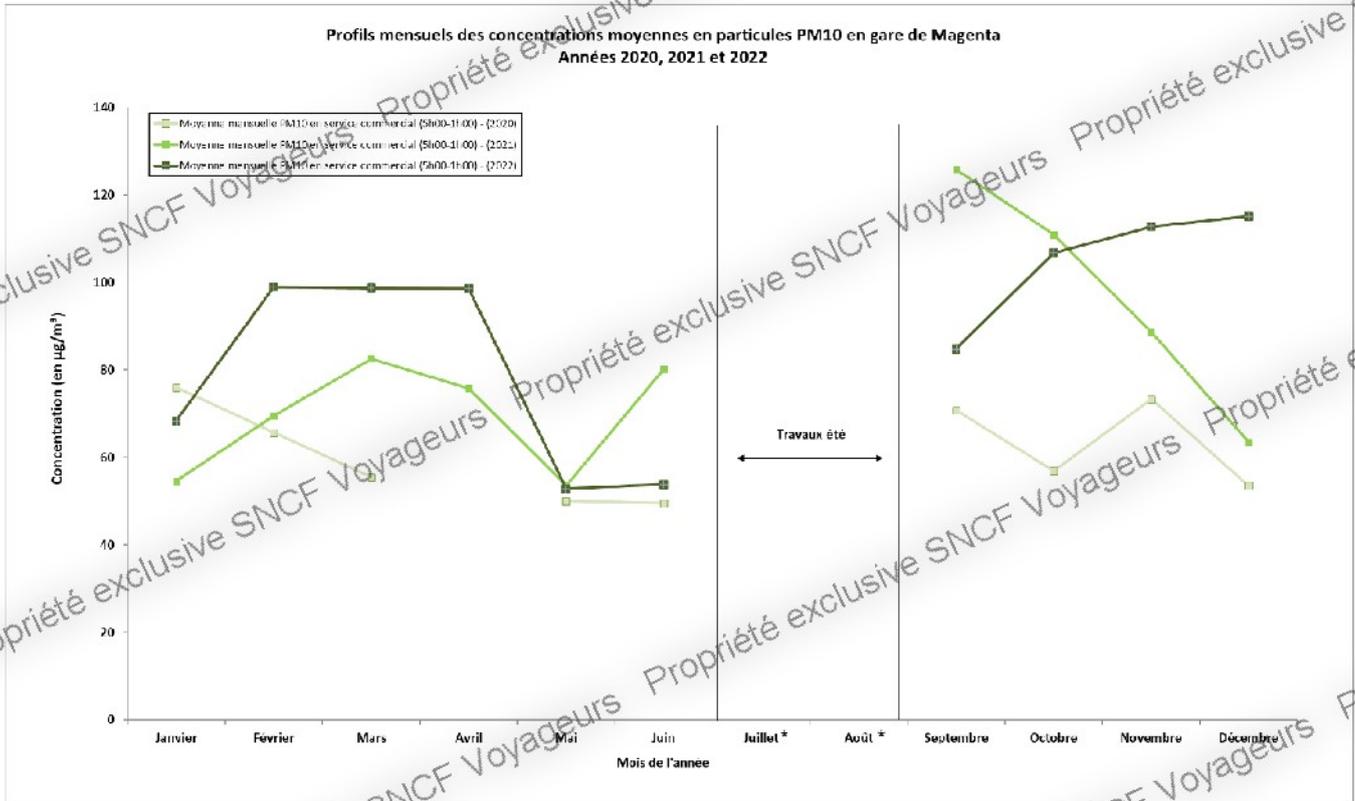
Les Figures 9 et 10, en pages suivantes, présentent respectivement les concentrations moyennes mensuelles en PM10 et PM2,5 en service commercial obtenues lors des campagnes 2020, 2021 et 2022 en gare de Magenta. Par souci de clarté, le choix s'est porté sur la représentation graphique et la comparaison 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 PM10 et PM2,5. En 2022, la tendance générale à la hausse par rapport aux années 2020 et 2021 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 PM10 et PM2,5 de l'année 2022 montre les tendances suivantes :

- En dehors des mois de janvier et septembre 2022, il apparaît que les concentrations moyennes mensuelles de 2022 sont souvent proches mais supérieures à celles mesurées lors des campagnes 2020 et 2021.
- Lors des mois de mai, juin et juillet, cette tendance semble s'atténuer et les concentrations moyennes mensuelles de 2022 se situent à des niveaux inférieurs à ceux mesurés en 2021.

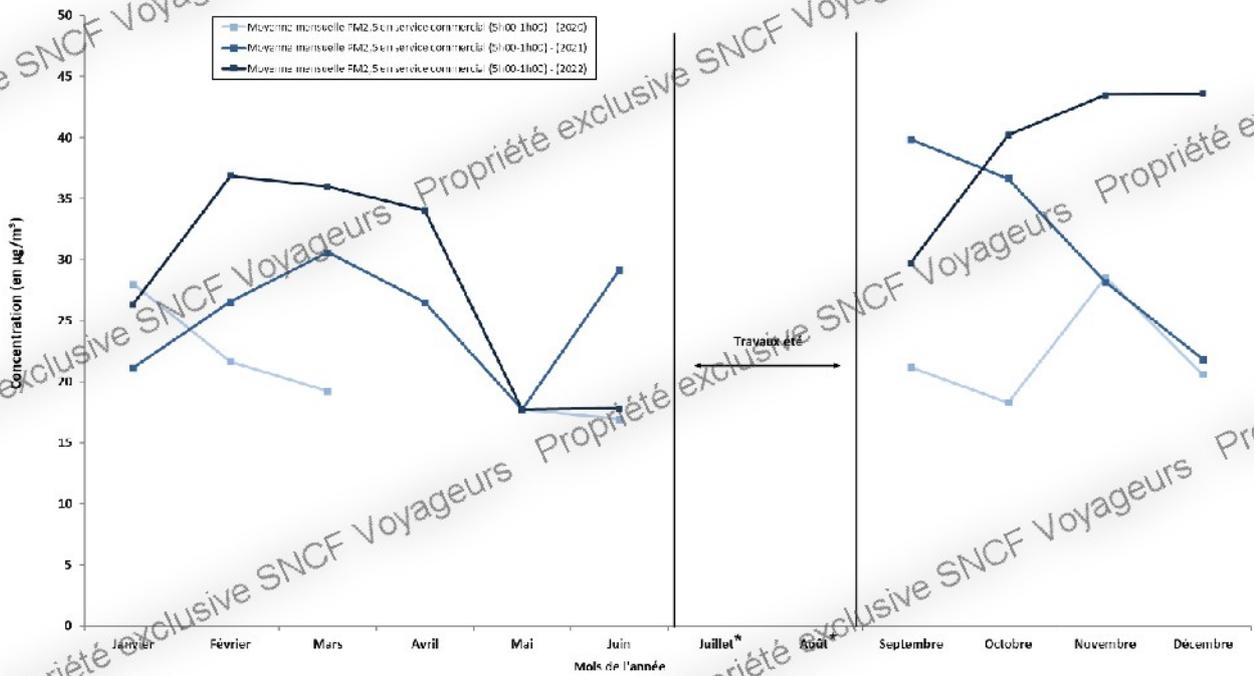
Aucune valeur n'a été enregistrée durant le mois d'avril 2020 du fait de la fermeture de la gare en raison du confinement. En août 2020, 2021 et 2022, une absence est également notée en raison des travaux EOLE en gare de Magenta.



* 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 9 – Comparaison des profils mensuels de concentration en particules PM10 en gare de Magenta de 2020 à 2022

Profils mensuels des concentrations moyennes en particules PM2,5 en gare de Magenta
Années 2020, 2021 et 2022



* 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 10 – Comparaison des profils mensuels de concentration en particules PM2,5 en gare de Magenta de 2020 à 2022

DOC061271-00 / MES022959

DR_202202

4 - FACTEURS D'INFLUENCE ET PARAMETRES DE CONFORT

Par les études menées antérieurement à la SNCF et dans d'autres réseaux ferroviaires souterrains, il est établi que la présence des particules 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).

Note : Les éléments fournis dans les sous-parties de ce chapitre sont donnés à titre indicatif et ont pour vocation de constater les informations relatives à des paramètres pouvant influencer les niveaux de particules en gare. Ainsi dans ce rapport, il ne s'agit pas d'estimer pour chacun des paramètres, des corrélations avec les niveaux de particules mesurés ni même d'expliquer les variations des concentrations mesurées en gare à l'aide des données fournies pour ces dits paramètres.

4.1 - Trafic ferroviaire et fréquentation

Le trafic en gare de Magenta (nombre réel de trains par mois) et la fréquentation (volume de voyageurs annuel) pour l'année 2022 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 9875 (hors périodes de travaux d'été). Durant l'année 2022, 33 045 860 voyageurs ont emprunté la ligne RER E en gare de Magenta.

La **Figure 11** reprend sur un même graphique le nombre théorique de trains en circulation avec le profil journalier des concentrations horaires moyennes en particules PM10.

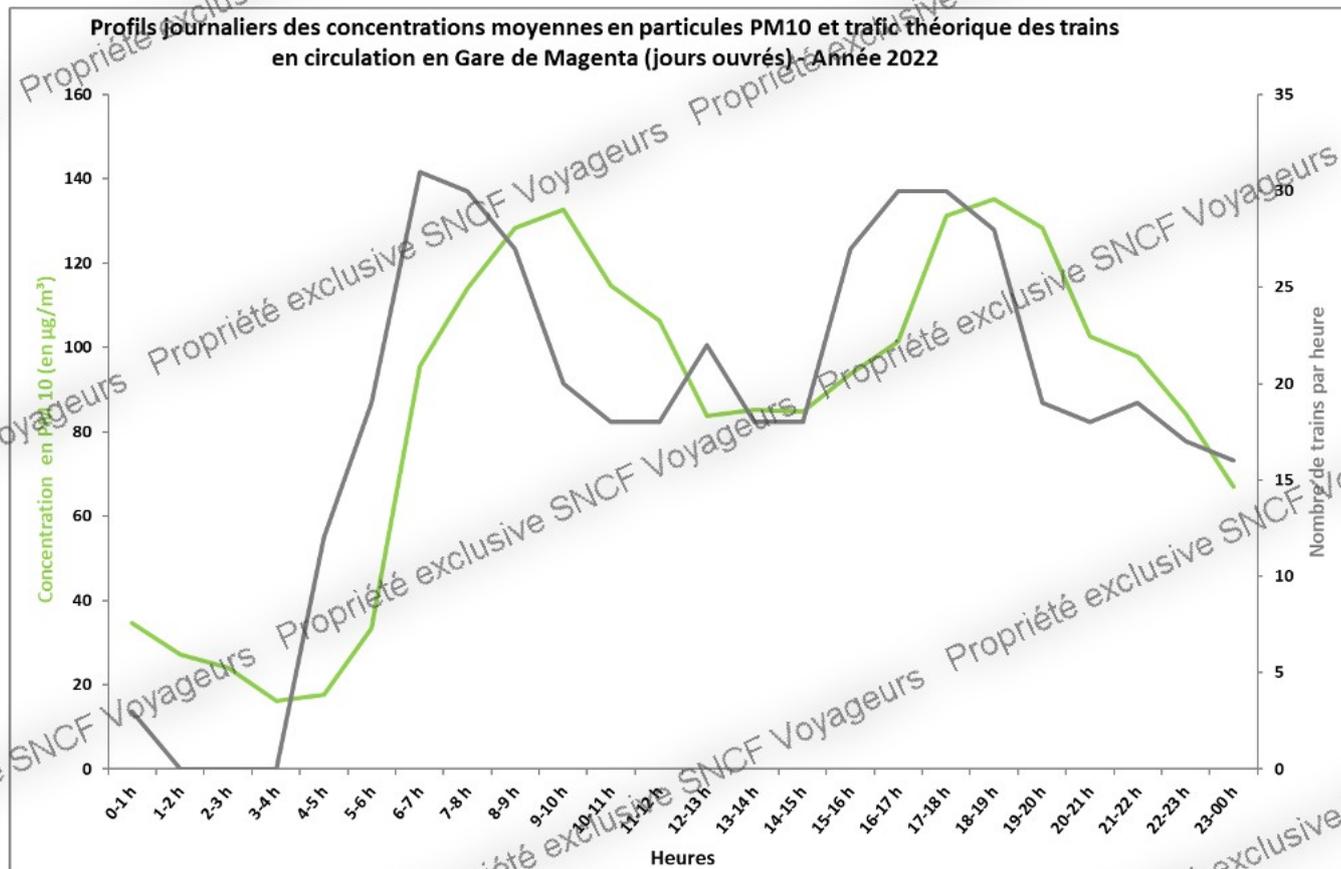


Figure 11 - Comparaison entre les profils horaire journalier en particules PM10 et le trafic réel des trains en circulation en gare de Magenta pour l'année 2022.

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, une ventilation de désenfumage et une ventilation de confort.

- La ventilation de désenfumage a pour but d'évacuer les fumées produites par un incendie. Pour cela, divers scénarios de ventilation sont pilotés via un poste de commandement. Le scénario 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 a pour rôle de renouveler l'air des gares et des tunnels. Elle joue également un rôle de régulation de la température en extrayant l'air chaud présent en gare par les puits présents en tunnel avec un apport d'air extérieur au-dessus 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 12**.

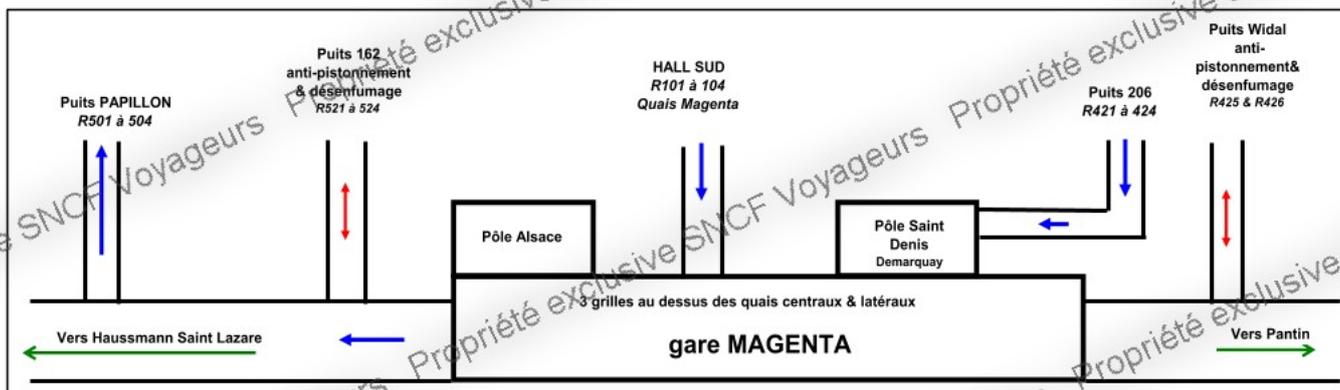


Figure 12 - Représentation schématique de la ventilation du RER E.

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 et nuits de sécurité ont été programmés en milieu (16/17 et 23/24 juin) et fin d'année (12 décembre) 2022. En juin, des essais de sonorisation, vérification des sécurités incendies et d'ouverture / fermeture automatique des portillons a eu lieu en gare de Magenta. En décembre, les essais de désenfumage ont eu lieu en gare et n'ont pas relevé de problème de fonctionnement malgré certains défauts sur les groupes moteurs. Aucun impact n'a été remarqué pendant ces périodes d'essais sur les concentrations en particules.

4.3 - Qualité de l'air extérieur

4.3.1 - Généralités

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

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.

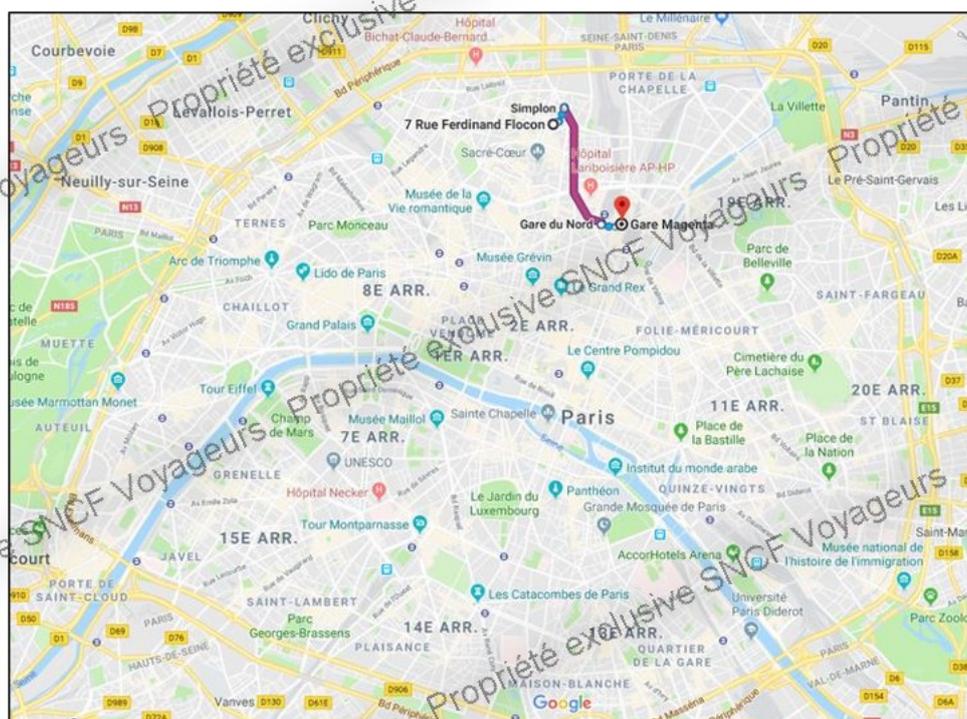
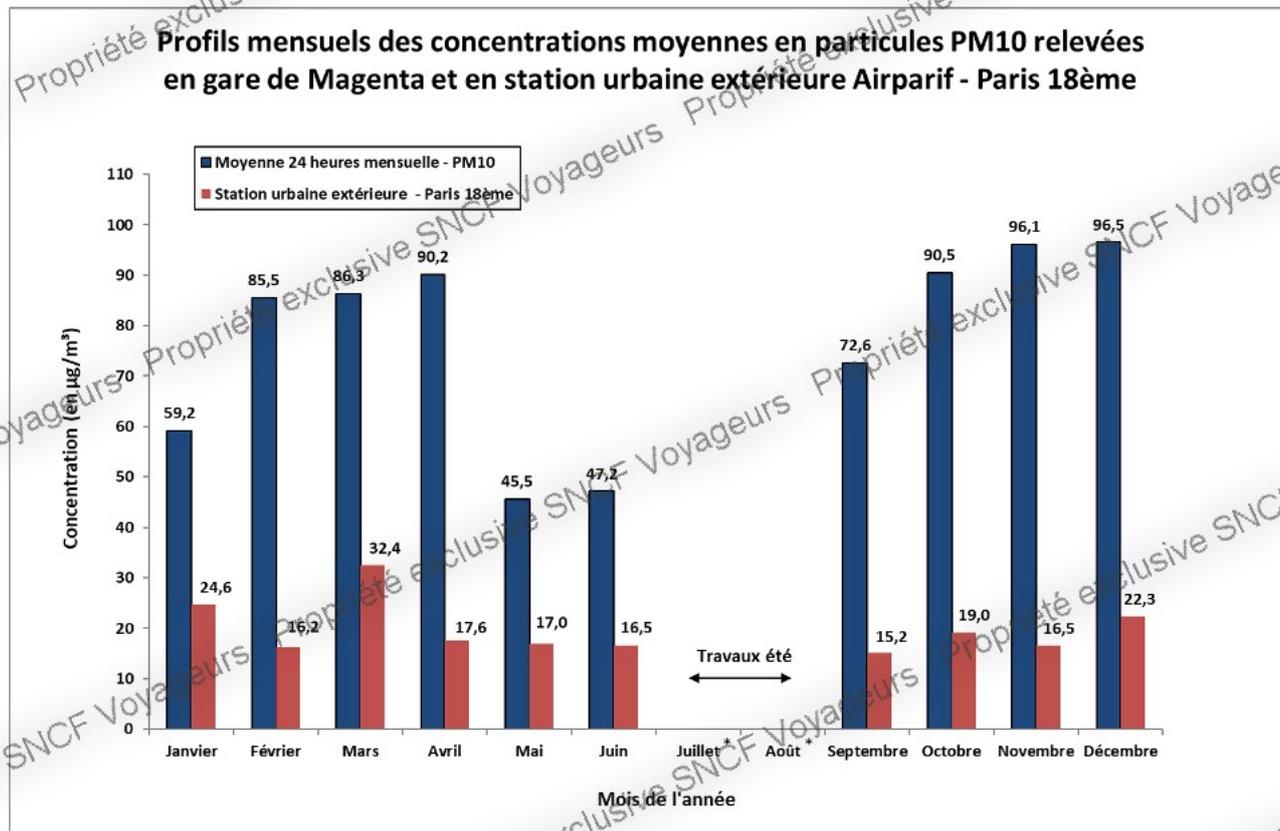


Figure 13 – Plan de situation de la gare de Magenta et de la station de fond urbaine la plus proche.

Cette station de fond urbain est située au 7 rue Ferdinand Flocon dans le 18^{ème} arrondissement parisien. Une représentation est fournie en **Figure 13**.

La **Figure 14** 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.



* 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 14 - 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 mensuelles moyennes en PM10 sont aussi importantes au niveau de l'air extérieur que sur le quai de la gare de Magenta puisque les concentrations sont comprises en 15,2 et 32,4 µg/m³ en extérieur et comprises entre 45,5 et 96,5 µg/m³ sur le quai de la gare de Magenta. De manière générale, les données montrent qu'en 2022, ces deux environnements sont marqués par une alternance de croissances et décroissances suivant des tendances différentes en PM10.

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 (4 jours d'épisode de pollution aux particules PM10 au total dont 2 en janvier (14 et 15 janvier) et 2 en mars (15 et 16 mars)). Il n'y a pas eu d'impact particulier sur les niveaux de concentrations en particules mesurés en gare de Magenta lors de ces journées d'épisodes de pollution. La gare est en effet très profonde avec relativement peu d'accès vers l'extérieur.

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 15**. Les données de température et d'humidité relative sont indisponibles entre le 18 juillet et le 21 août en raison d'indisponibilités des appareils de mesures sur cette période.

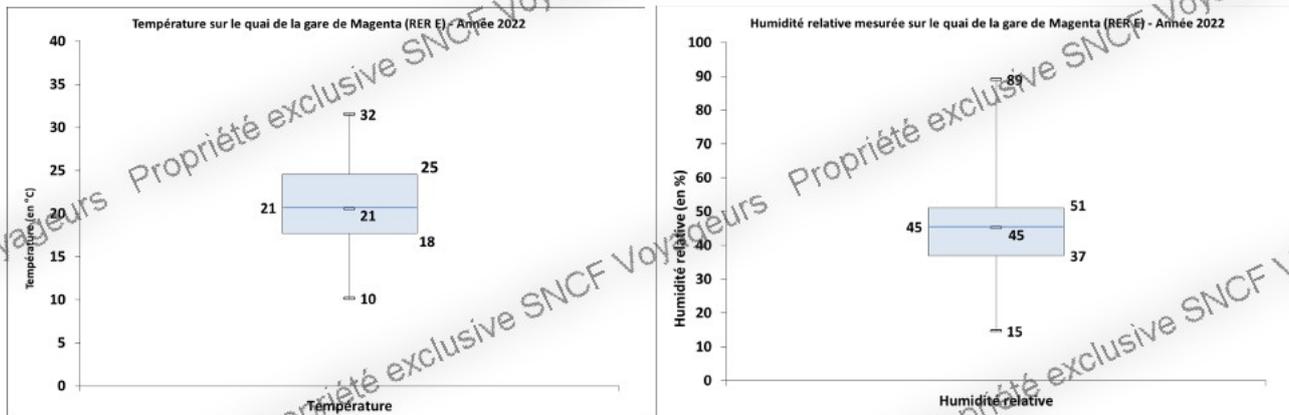


Figure 15 – Représentation en boîtes à moustaches des relevés quart-horaires de température ambiante (en °C) et d'humidité relative (en %) en gare de Magenta pour l'année 2022.

Les résultats indiquent que la température moyenne en gare de Magenta est de **21°C**, avec des valeurs mesurées **comprises entre 10 et 32°C**. La moitié des données mesurées durant l'année montre des températures comprises entre 18 et 25°C. Ces données sont relativement proches de celles mesurées lors des campagnes précédentes, présentées dans le **Tableau 1** :

Tableau 1 – Historique de la température (en moyenne annuelle) mesurée en gare de Magenta de 2016 à 2021.

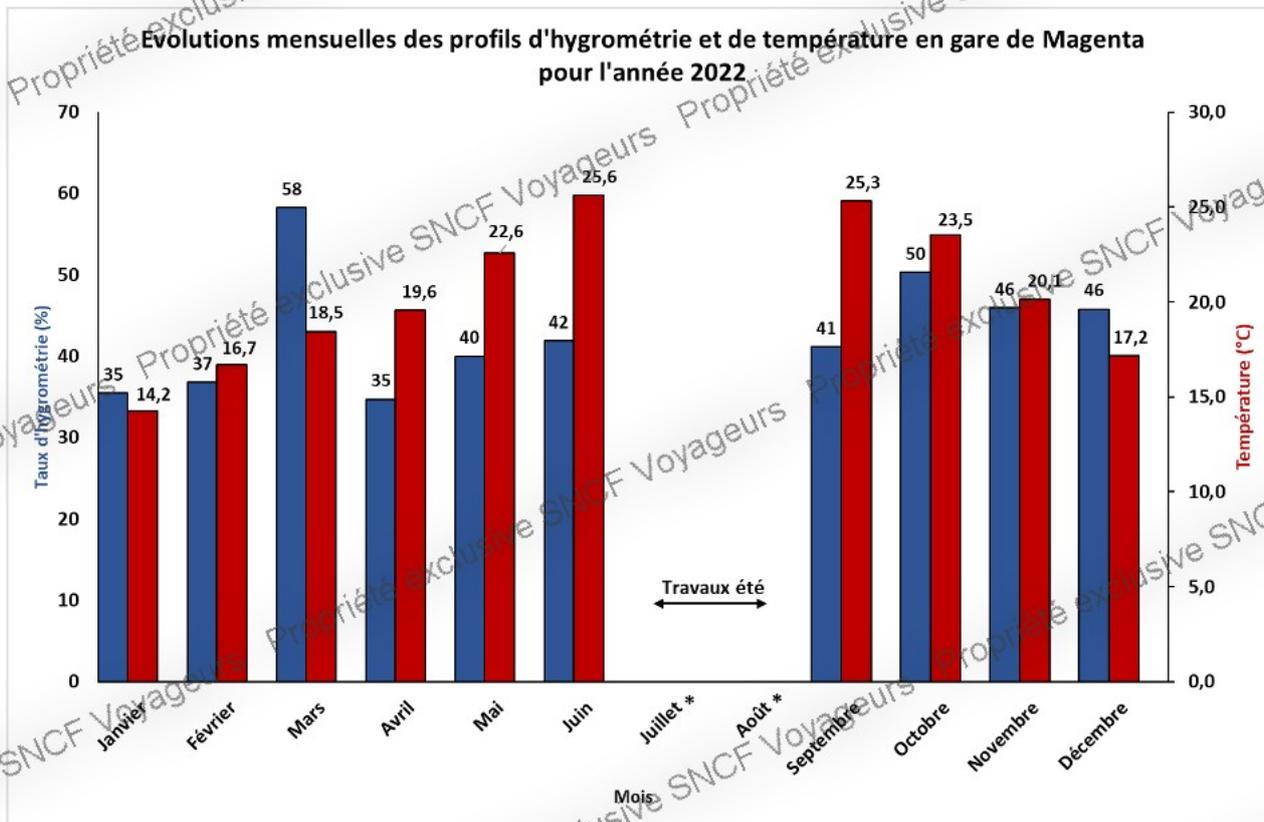
| Année | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Température moyenne (°C) | 19 | 19 | 20 | 22 | 20 | 19 |

L'humidité relative moyenne en gare de Magenta est de **45%** en 2022. Les valeurs mesurées ont été **comprises entre 15 et 89%** alors que la moitié des données mesurées durant l'année montrent des valeurs comprises entre 37 et 51%. Les données 2022 relatives à ce paramètre montrent un retour à des valeurs plus proches de celles mesurées sur la période 2017-2019. Le **Tableau 2** reprend l'historique des valeurs en moyenne annuelle pour l'humidité relative :

Tableau 2 – Historique de l'humidité relative (en moyenne annuelle) mesurée en gare de Magenta de 2016 à 2021.

| Année | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Humidité relative (%) | 48 | 46 | 44 | 41 | 49 | 53 |

La **Figure 16** présente l'évolution mensuelle de l'hygrométrie et de la température mesurées en gare de Magenta pour l'année 2022.



* 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 16 – Profil de température et d'hygrométrie en gare de Magenta – Année 2022

Les résultats de la figure 16 montrent que la période la plus chaude de l'année est observée de mai à octobre. Concernant les températures, dès le mois de juin les moyennes mesurées sur le quai de Magenta ont atteint 25,6°C (avec 26,9°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 le mois de mars qui a présenté un taux plus important (58% d'humidité relative) et la fin de l'année à partir d'octobre (moyenne de 47%). Ce mois-ci est noté comme étant le maximum en termes d'humidité relative.

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 montré très peu de similitudes en matière d'évolution des concentrations moyennes en PM10 à l'échelle mensuelle.

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 2022. Il est à noter que l'année 2022 a été particulière du fait des travaux d'été qui ont entraîné une fermeture totale de la gare durant la période estivale (du 18 juillet au 21 août).

La concentration moyenne annuelle en gare de Magenta sur l'ensemble de la période de mesures a été de **78 µg/m³ en PM₁₀ et de 28 µg/m³ en PM_{2,5}**. La répartition mensuelle des concentrations moyennes a montré des variations importantes des niveaux de particules mesurés notamment lors du dernier trimestre (d'octobre à décembre). Ce dernier a montré les concentrations moyennes mensuelles les plus importantes de l'année 2022. 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 **30% pour les PM₁₀ et de 27% 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-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. 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 2022 a montré que les valeurs mesurées pour les particules PM₁₀ et PM_{2,5} sont légèrement à la hausse lors de l'année 2022 en comparaison avec les deux dernières années. Une hausse des concentrations moyennes de 11% et 17% à respectivement été observée pour les PM₁₀ et les PM_{2,5} entre 2021 et 2022.

Une hausse des concentrations moyennes de l'ordre de 105% sur les PM₁₀ et 115% sur les PM_{2,5} est observée entre 2016 et 2022. Les travaux en gare et tunnels chaque été depuis 2018 ont probablement été la cause de ces augmentations progressives avec un impact à la réouverture de la gare en septembre. (Maximum de 135 µg/m³, 313 µg/m³, 294 µg/m³, 936 µg/m³ et 350 µg/m³ respectivement pour 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 en PM₁₀ sur le mois)

ANNEXES

RAPPORT

MESURE EN CONTINU DE LA QUALITE DE L'AIR EN GARE DE MAGENTA - 2022

SOMMAIRE DES ANNEXES

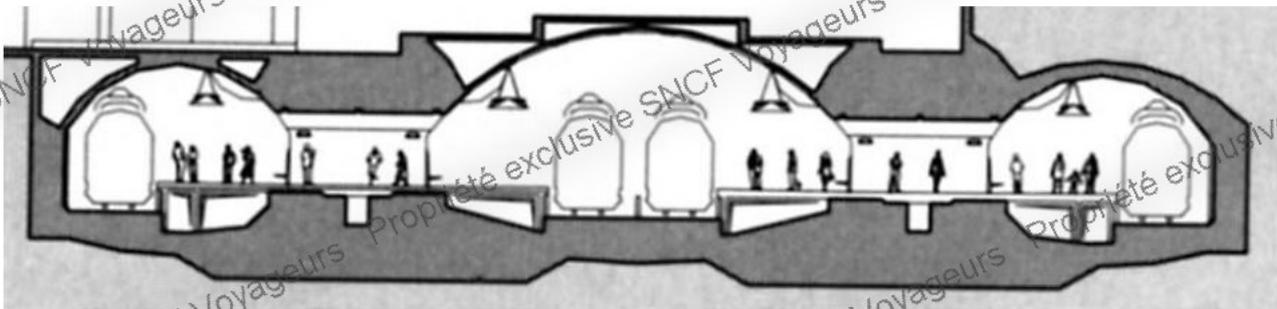
| | |
|---|-----------|
| ANNEXE 1 : Descriptif de la gare de Magenta..... | 35 |
| ANNEXE 2 : localisation du site de mesure..... | 36 |

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

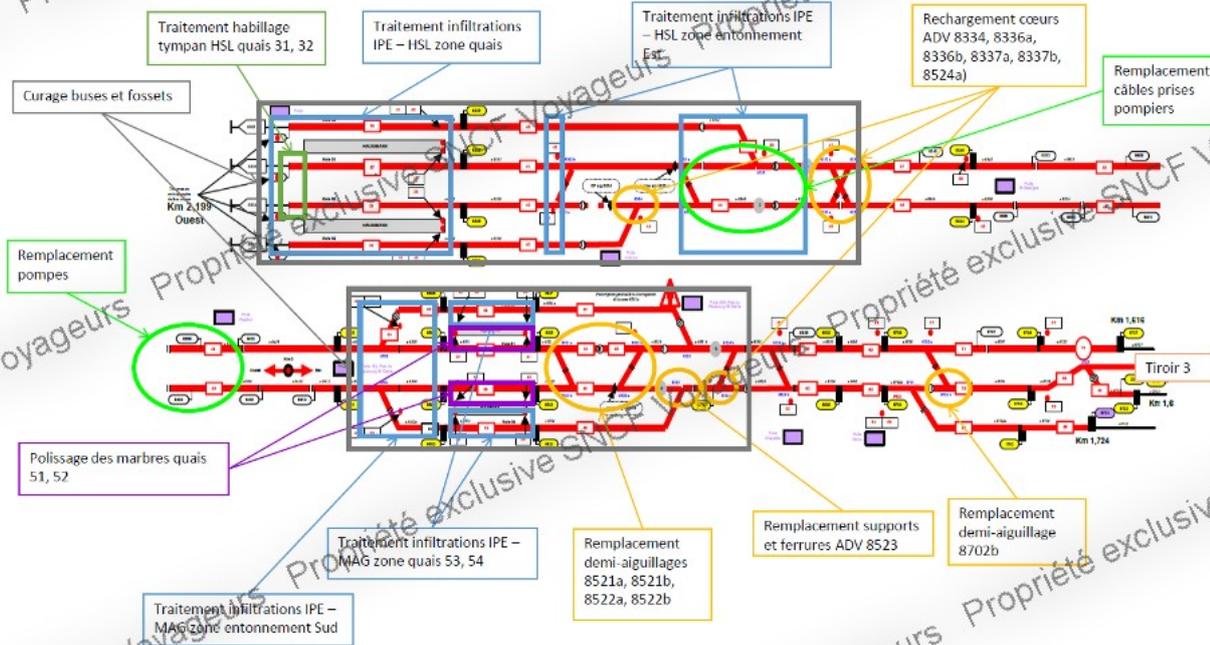
Le type de matériel circulant en service commercial en gare de Magenta est constitué des rames MI2N (Z22 500) ainsi que des rames NAT (Z50 000).

En conditions normales de circulation, le nombre de trains par jour ouvrable est de 440.

Fréquentation des voyageurs

En termes de fréquentation, la gare accueille chaque année 90 537 voyageurs montants par jour ouvrable.

Travaux réalisés en gare de Magenta et Hausmann-Saint Lazare et tunnels



Photos d'exemples de travaux



MAG: création regard Paits 206



MAG : travaux traitement des infiltrations quai 54



Travaux chemisage canalisation + regards Puits 206