



RAPPORT

**CAMPAGNE DE MESURE DE QUALITE DE L'AIR PENDANT
DEUX SEMAINES EN GARE DE SEVRAN-BEAUDOTTES**

DOC047520-00 / MES017696



AGENCE D'ESSAI FERROVIAIRE

21, avenue du Président Allende

F - 94407 Vitry sur Seine CEDEX – France

affaire.aef@sncf.fr

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

Laboratoire Matériaux - Environnement - Structure

Destinataire :

DIRECTION DES GARES D'ILE DE FRANCE
A l'attention de SCHWANGER Emilie
34 RUE DU CDT RENE MOUCHOTTE
75014 Paris
France

CAMPAGNE DE MESURE DE QUALITE DE L'AIR PENDANT DEUX SEMAINES EN GARE DE SEVRAN-BEAUDOTTES

Résumé :

L'Agence d'Essai Ferroviaire a réalisé une campagne de mesure de qualité de l'air au sein de la gare de Sevrans-Beaudottes. Les mesures ont porté sur les concentrations en particules PM10 et PM2,5, en métaux et en dioxyde de carbone pendant deux semaines du 14 au 29 octobre 2017.

Il a été mis en évidence une relation entre les teneurs en particules, la fréquentation et le trafic ferroviaire.

Le niveau d'empoussièrement en PM10 et PM2,5 en gare de Sevrans-Beaudottes est supérieur par rapport à ceux observés dans les gares de Magenta et Saint Michel Notre Dame.

Concernant les métaux, le fer est très largement prédominant, ce qui est caractéristique des enceintes ferroviaires souterraines.

Elaboration du rapport

Rédacteur

Nom : EL MOUDEN Leïla
Fonction : Technicienne supérieure

Vérificateur

Nom : ARRIGONI Vincent
Fonction : Coordinateur technique

Approbation du rapport

Nom : DUPONT Laurent
Fonction : 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.

SUIVI DES MODIFICATIONS

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

La dernière version Annule et Remplace les versions précédentes

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE EXTERNE AEF

Références	Intitulé
	Sans objet

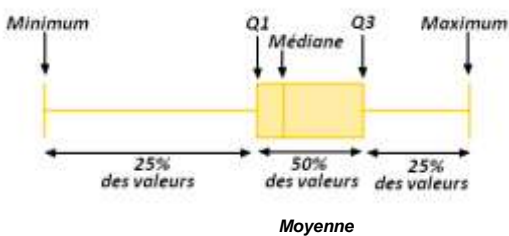
DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE INTERNE AEF

Références	Intitulé
DOC044936-01	Offre – Assistance technique et mesure de qualité de l'air dans les gares souterraines et mixtes d'Ile de France - 2017

SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS

Symboles (unités)	Définitions
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Micro gramme par mètre cube
ng/m^3	Nano gramme par mètre cube

DÉFINITIONS

Termes	Définitions
PM10	Particule de diamètre aérodynamique inférieur à 10 micromètres (μm)
PM2,5	Particule de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 micromètres (μm)
Boîte à moustache	<p>Une boîte à moustache est un graphique représentant la répartition d'une série statistique. Ce traitement statistique de données permet de représenter plusieurs informations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La médiane : valeur qui coupe l'ensemble des données en deux parties égales (50% des données sont au-dessus de la médiane et 50% des données sont en-dessous de cette valeur) ; - 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. 

SOMMAIRE DU RAPPORT:

1 - OBJET	6
2 - METHODOLOGIE	6
2.1 - Descriptif de la gare	6
2.2 - Polluants mesurés.....	6
2.3 - Moyens de mesure	7
2.4 - Points de mesure.....	7
2.5 - Période de mesure	7
3 - RESULTATS ET COMMENTAIRES	8
3.1 - Concentrations en particules PM10 et PM2,5.....	8
3.2 - Concentrations en métaux.....	15
3.3 - Concentration en dioxyde de carbone.....	19
4 - CONCLUSION	20
ANNEXES	21
SOMMAIRE DES ANNEXES	22

1 - OBJET

La Direction des Gares d'Ile de France a sollicité l'Agence d'Essai Ferroviaire afin de réaliser des campagnes de mesures de qualité de l'air au sein des gares souterraines et mixtes d'Ile de France.

Ce rapport présente les résultats de ces mesures de concentration en particules PM10 et PM2,5, en métaux et en dioxyde de carbone pour les quais de la gare de Sevrans-Beaudottes. Ces mesures visent à caractériser l'air sur les quais d'un point de vue santé publique.

2 - METHODOLOGIE

2.1 - Descriptif de la gare

La gare de Sevrans-Beaudottes se situe sur la ligne B du RER, dans le département de la Seine-Saint-Denis. Cette gare comporte deux voies et deux quais entièrement souterrains. Le bâtiment voyageurs, c'est-à-dire l'espace comprenant le hall voyageurs et le guichet, et les accès aux quais sont aériens. Des tunnels encadrent la gare à chaque extrémité des quais. Un descriptif de la gare figure en annexe 1.

2.2 - Polluants mesurés

Les mesures de qualité de l'air ont porté sur les polluants suivants :

- Concentration en particules PM10 et PM2,5 ;
- Concentration en métaux ;
- Concentration en dioxyde de carbone (CO2).

Les mesures ont porté sur les concentrations en particules PM10 et PM2,5, principaux polluants susceptibles d'être présents dans les enceintes ferroviaires souterraines (EFS). Ces particules peuvent pénétrer dans l'appareil respiratoire et se déposer au niveau des alvéoles pulmonaires pour la fraction la plus fine (PM2,5).

Les concentrations en arsenic, antimoine, cadmium, chrome, cuivre, fer, manganèse, nickel, plomb et zinc ont été déterminées par prélèvement de particules PM10.

Ces particules proviennent essentiellement de l'usure des matériaux engendrée par la friction roue-frein, le contact roue-rail et le contact entre le matériel roulant et le système d'alimentation électrique. Les voyageurs (usure des vêtements, des chaussures, des sols) sont également source de particules. Les travaux de maintenance et l'air extérieur sont aussi une source de pollution dans les gares souterraines.

Le CO₂ est un bon traceur de la fréquentation des gares par les voyageurs car il est émis par la respiration.

2.3 - Moyens de mesure

Les concentrations en particules PM10 et PM2,5 ont été mesurées en continu à l'aide d'un analyseur TEOM 1405-D (Tapered Element Oscillating Microbalance). Le principe de mesure consiste en une variation de fréquence d'un élément conique oscillant supportant un filtre, en fonction de la quantité de poussière aspirée et se déposant sur ce dernier.

Les concentrations en métaux ont été déterminées par prélèvement de particules PM10 sur filtre avec un préleveur séquentiel PARTISOL PLUS. Les filtres ont été analysés par spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS) afin de déterminer la concentration en arsenic, antimoine, cadmium, chrome, cuivre, fer, manganèse, nickel, plomb et zinc.

Les mesures de dioxyde de carbone (CO₂) par infrarouge non dispersif, de température et d'humidité relative ont été effectuées avec un analyseur Q-Trak.

L'ensemble des appareils a été disposé dans une baie de mesure (voir photographie 2 de l'annexe 1).

2.4 - Points de mesure

L'ensemble des mesures de polluants a été réalisé en un point. Ce point a été positionné au milieu du quai n°2 (direction Aéroport Roissy Charles-De-Gaulle), à proximité d'une trappe de visite située sur le mur. Il est indiqué par une croix rouge sur le plan de la gare en annexe 1.

2.5 - Période de mesure

La campagne de mesure était initialement prévue du samedi 7 au dimanche 22 octobre 2017 inclus. La survenue d'un défaut d'alimentation électrique a entraîné le report de la campagne de mesure au samedi 14 octobre, jusqu'au dimanche 29 octobre 2017 inclus. Cette période de mesure comprend trois week-ends (samedi et dimanche, dont deux pendant les vacances de la Toussaint) et dix jours ouvrés (dont cinq coïncidant avec les vacances de la Toussaint), soit seize jours. Les vacances de la Toussaint ont débuté le samedi 21 octobre 2017 pour se terminer le dimanche 5 novembre 2017.

La fréquence d'acquisition des appareils de mesure de particules PM10, PM2,5 et dioxyde de carbone a été programmée à quinze minutes.

Concernant les concentrations en métaux, les prélèvements ont été réalisés du passage du 1^{er} train jusqu'au dernier train pour cinq journées. Ces prélèvements ont été effectués en dehors de la période de vacances scolaires : le lundi 16, le mardi 17, le mercredi 18, le jeudi 19 et le vendredi 20 octobre 2017 (soit la première semaine de mesure en continu), de 05h03 à 00h36.

3 - RESULTATS ET COMMENTAIRES

3.1 - Concentrations en particules PM10 et PM2,5

3.1.1 - Niveaux observés en gare de Sevrans-Beaudottes

Le traitement des données de concentrations en moyenne horaire en particules est présenté sous forme de boîtes à moustache, pour la période de mesure, sur la figure 1.

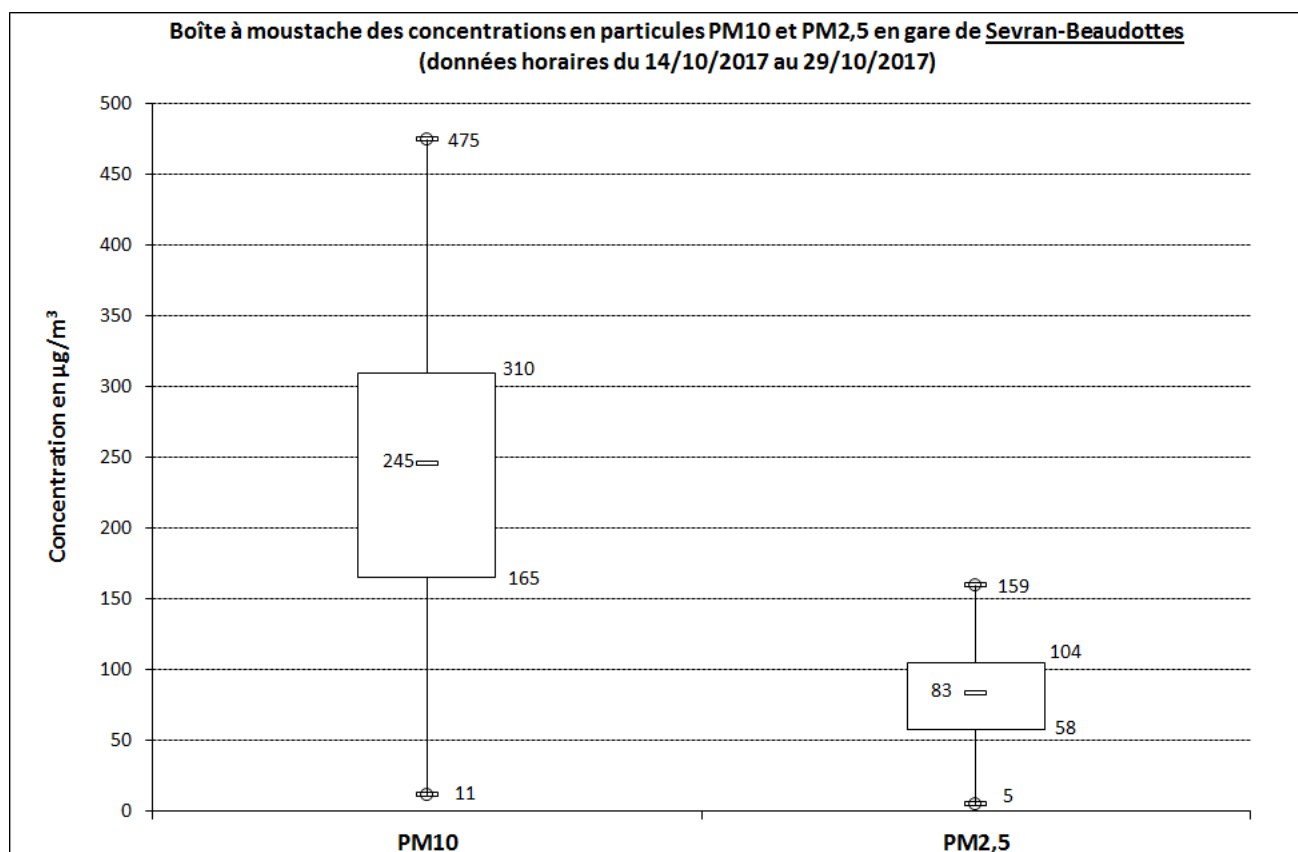


Figure 1

Ce graphique montre que la valeur médiane est de 245 µg/m³ pour les concentrations en PM10 et de 83 µg/m³ pour les PM2,5, sur la totalité de la période de mesure.

La concentration moyenne est de 230 µg/m³ pour les PM10 et de 78 µg/m³ pour les PM2,5. La proportion de particules PM2,5 dans les particules PM10 est de 34% en moyenne.

La moitié des concentrations en PM10 est comprise entre 165 et 310 µg/m³, avec des extrêmes à 11 et 475 µg/m³. De même, la moitié des concentrations en PM2,5 est comprise entre 58 et 104 µg/m³ avec des extrêmes à 5 et 159 µg/m³. Ceci montre des variations de concentration assez importantes.

3.1.2 - Variabilité temporelle

La concentration moyenne horaire en particules PM10 et PM2,5 en fonction du temps est représentée sur la figure 2 ci-dessous pour l'ensemble des données de la campagne de mesure.

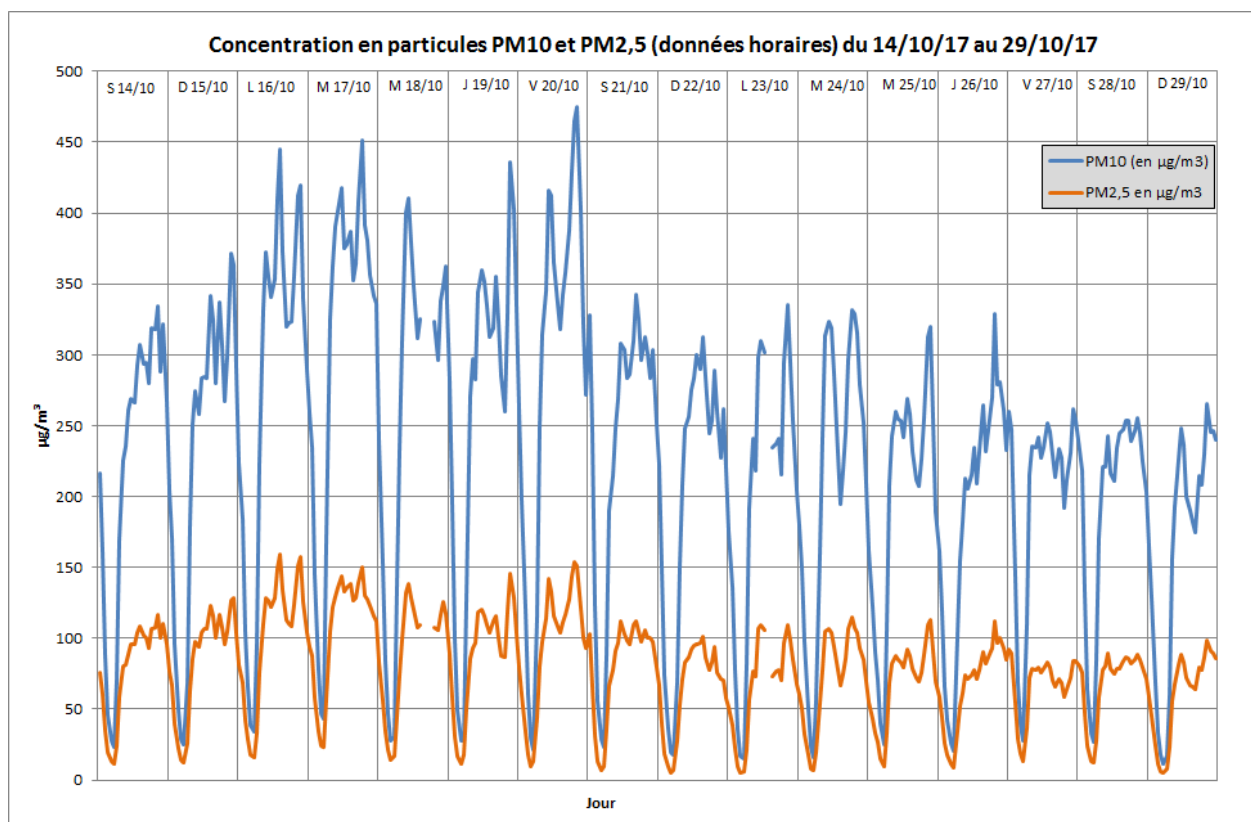


Figure 2

A l'échelle de la semaine, les niveaux sont légèrement plus faibles les jours de week-end par rapport aux jours ouvrés (du lundi au vendredi).

A noter que, lors de la deuxième semaine de la campagne de mesure, un incident électrique survenu sur le transformateur de Drancy a entraîné une réduction de l'offre de transport durant les heures de pointe (3 trains sur 4), jusqu'au vendredi 27 octobre inclus.

Les concentrations moyennes pour chaque période sont reprises dans le tableau 1 ci-dessous.

	<u>Jours ouvrés</u> (du lundi 16 au vendredi 20/10) <i>Offre classique</i>	<u>Jours ouvrés</u> (du lundi 23 au vendredi 27/10) <i>Offre réduite</i>	<u>Jours de week-end</u> <i>Offre classique</i>	<u>Jours de week-end</u> <i>Vacances scolaires</i>
Concentration en particules PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	281	201	229	203
Concentration en particules PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	96	68	82	69

Tableau 1

Ainsi, dans le cadre d'une offre de transport classique, la différence de niveaux moyens en particules entre les jours ouvrés et le week-end est assez marquée pour la gare de Sevrans-Beaudottes. On constate une diminution des concentrations de l'ordre de 20% et de 15%, respectivement pour les PM10 et les PM2,5.

De plus, les moyennes des concentrations en particules relevées les jours ouvrés, dans le cadre d'une offre réduite, sont proches de celles observées les jours de week-end pendant les vacances scolaires.

Il est à noter que le nombre de circulation de trains varie entre les jours de semaine et de week-end. En effet, le trafic théorique en gare de Sevrans-Beaudottes lors de la première semaine de la campagne de mesure était de 320 trains par jour pour les journées du lundi au vendredi et 293 trains le samedi et le dimanche ; soit une diminution d'environ 10% entre la semaine et le week-end.

En relatif, la diminution des concentrations en particules est plus importante que la baisse de circulation entre les jours de semaine et les week-ends. La fréquentation des voyageurs est un autre paramètre qui pourrait expliquer cette différence.

A l'échelle du jour, les concentrations en particules sont plus élevées aux heures d'ouverture de la gare qu'aux heures de fermeture.

En période d'ouverture de la gare, deux pointes par jour, d'amplitude variable, se distinguent globalement de la période creuse. Ceci est illustré par les profils journaliers moyens pour les jours ouvrés pour les PM10 et les PM2,5 en figures 3 et 4 ci-dessous. Il s'agit de la moyenne par tranche horaire pour l'ensemble des jours ouvrés disponibles (du lundi au vendredi).

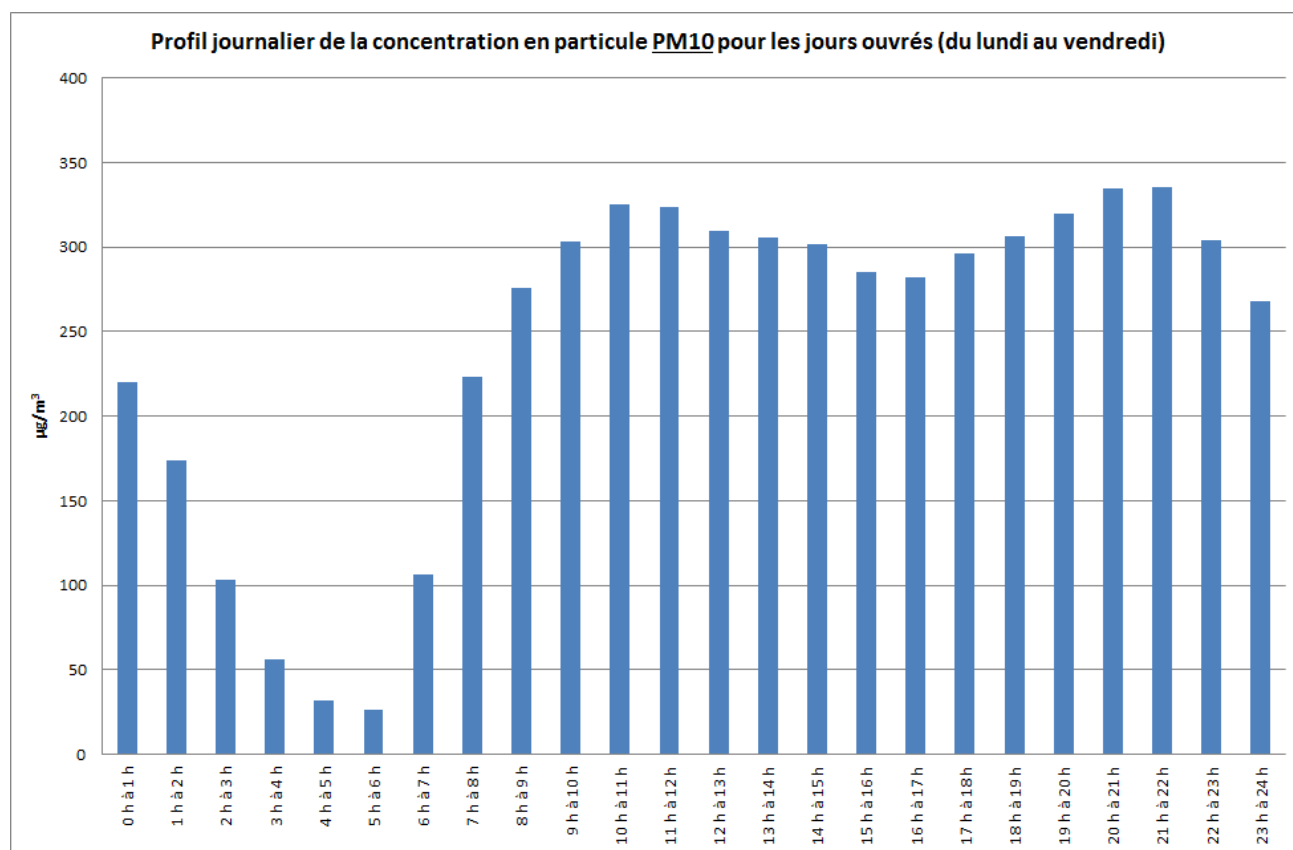


Figure 3

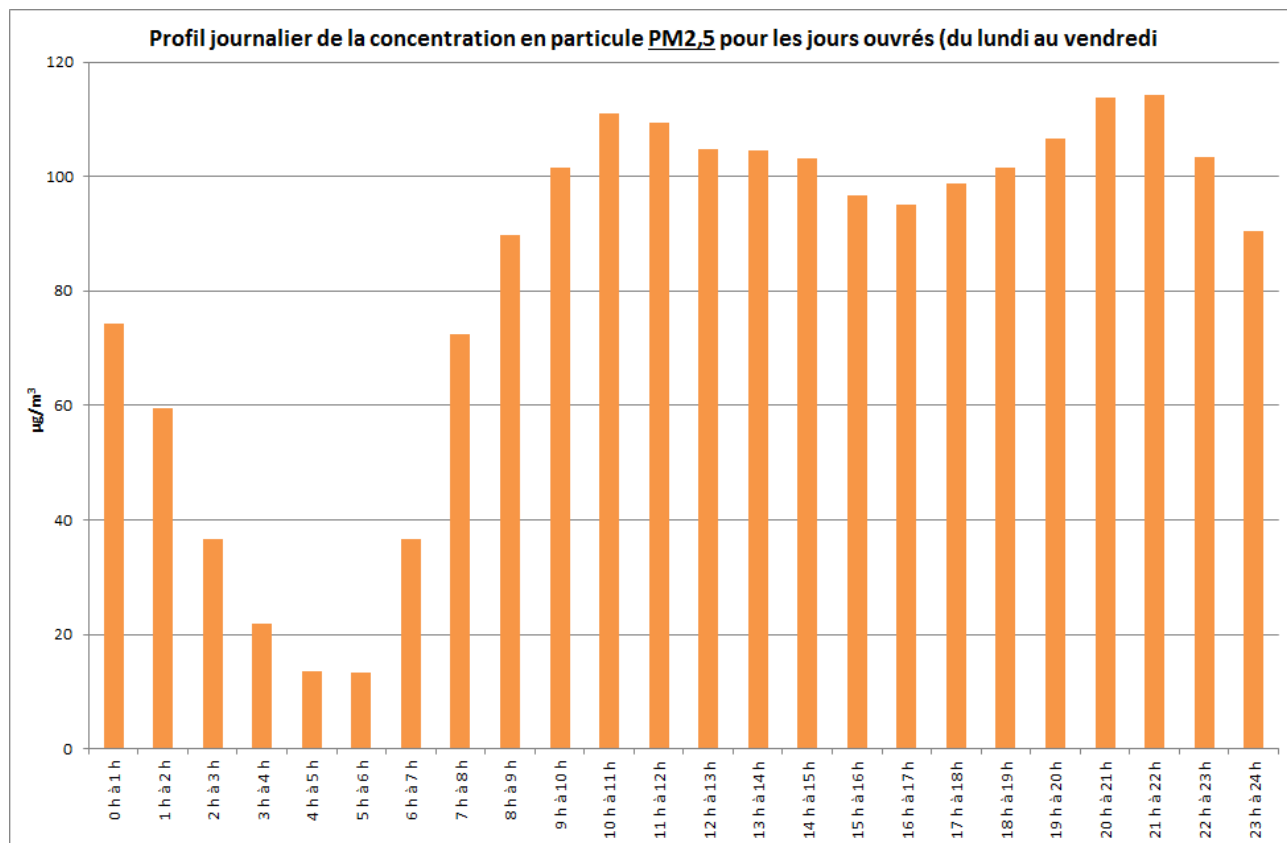


Figure 4

Ces profils journaliers moyens pour les jours ouvrés permettent de distinguer une pointe du matin (approximativement entre 9h et 13h, avec un maximum sur la période 10h-11h) et une pointe du soir (approximativement entre 19h et 22h, avec un maximum sur la période 20h-22h).

Le profil des concentrations en particules est globalement corrélé au nombre théorique de trains circulant dans cette gare. Comme le montre la figure 5 ci-dessous, il apparaît un décalage entre le pic de circulation et le pic de concentration le matin et le soir. Ceci peut en partie s'expliquer par la moyenne glissante calculée par l'appareil de mesure.

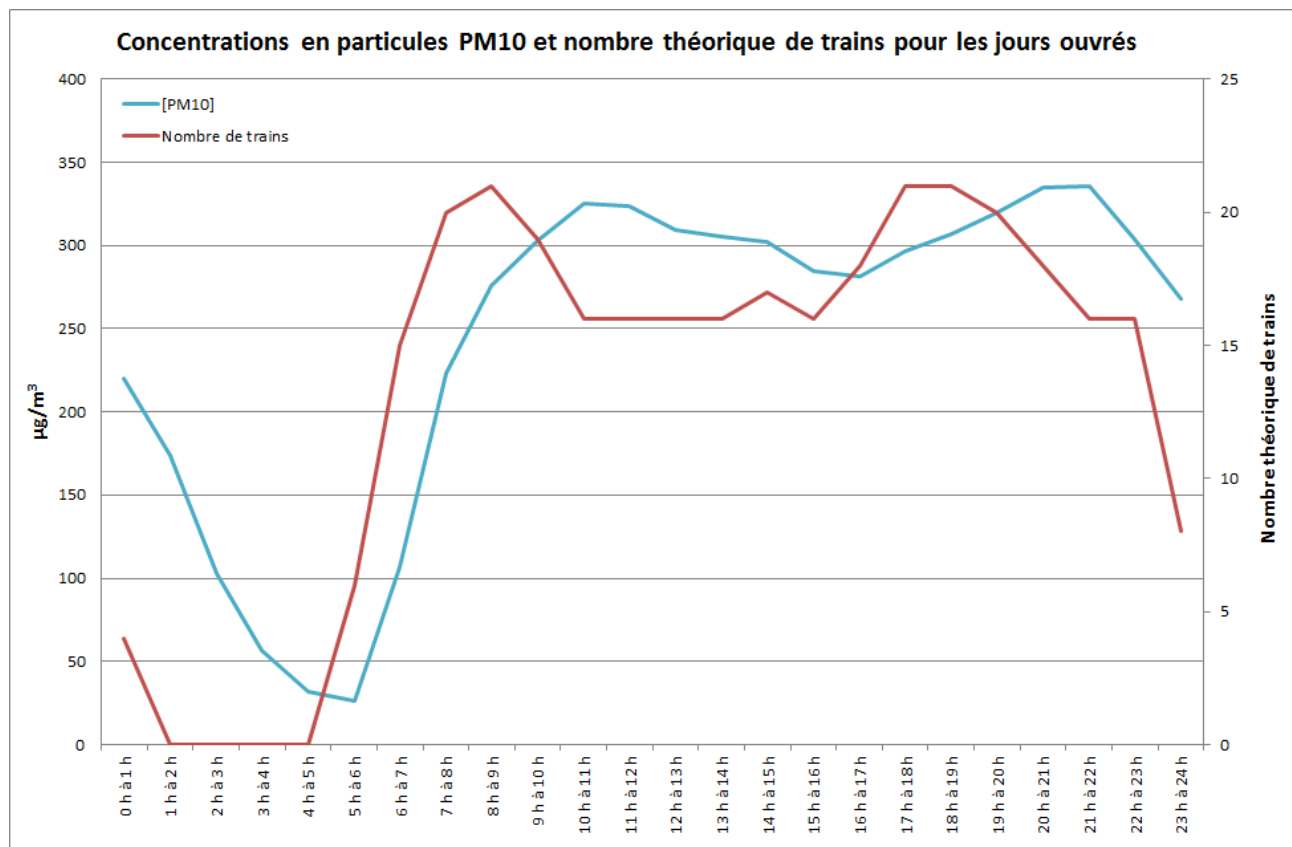


Figure 5

Ces profils journaliers montrent que les concentrations les plus basses sont observées peu après l'ouverture de la gare.

Ainsi, il existe une relation entre les teneurs en particules et les activités dans la gare de Sevrans-Beaudottes. Le trafic ferroviaire est une source importante de particules au vu des concentrations mesurées sur le quai en période d'ouverture de la gare. En période de pointe du matin et du soir, la densité du trafic et des voyageurs est plus importante, ce qui conduit à des émissions de particules plus élevées. Enfin, de par l'activité en gare, les particules émises sont sans cesse remises en suspension dans l'air, lors des passages des trains et des déplacements des voyageurs.

3.1.3 - Comparaison avec d'autres gares

Les résultats de concentrations en particules en gare de Sevrans-Beaudottes ont été comparés avec ceux de deux autres gares RER dans Paris : Magenta (RER E) et Saint Michel Notre Dame (RER C).

Les résultats de mesure pour ces deux gares sont issus de la même méthodologie que pour la gare de Sevrans-Beaudottes (appareil de mesure, emplacement sur un quai, période).

Cette comparaison est présentée sous forme de boîtes à moustache pour les particules PM10 d'une part et PM2,5 d'autre part.

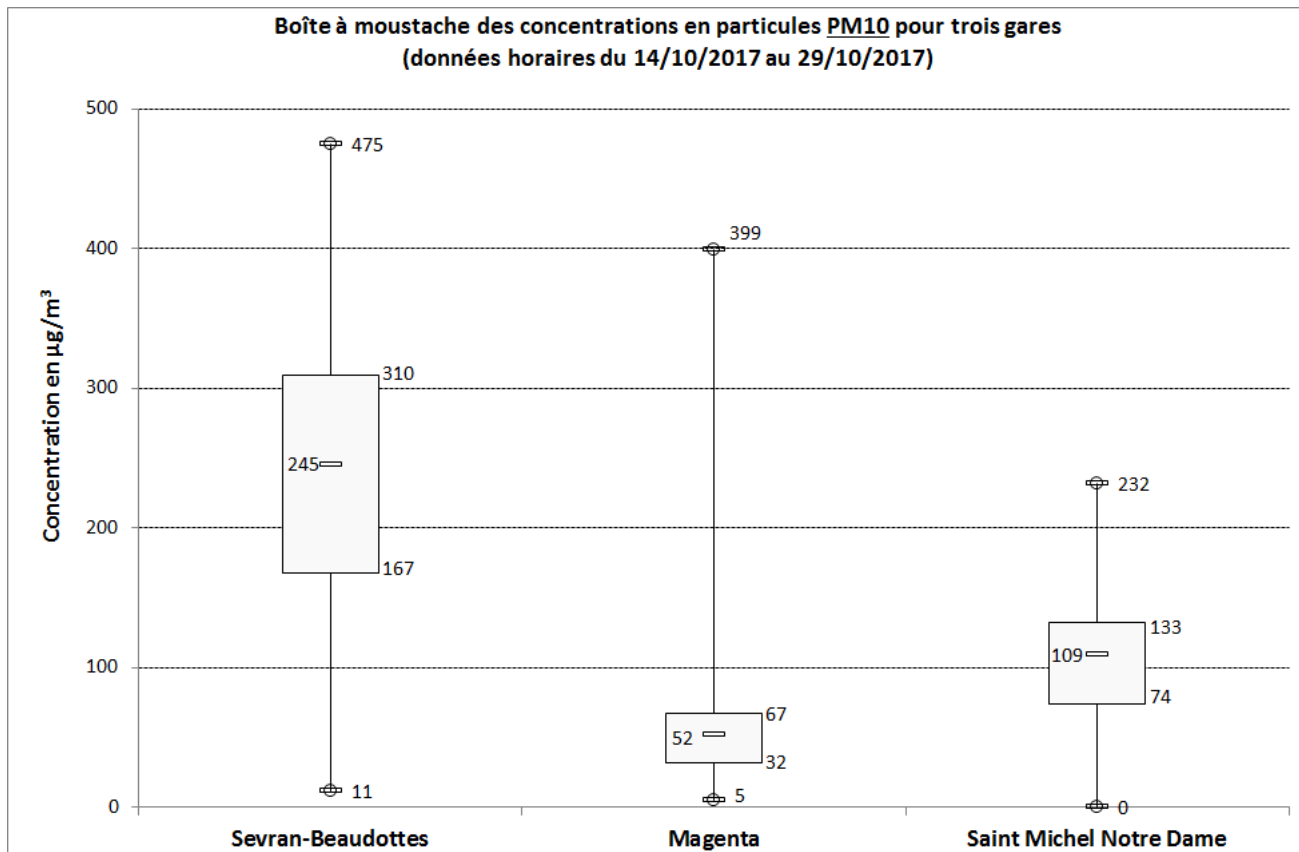


Figure 6

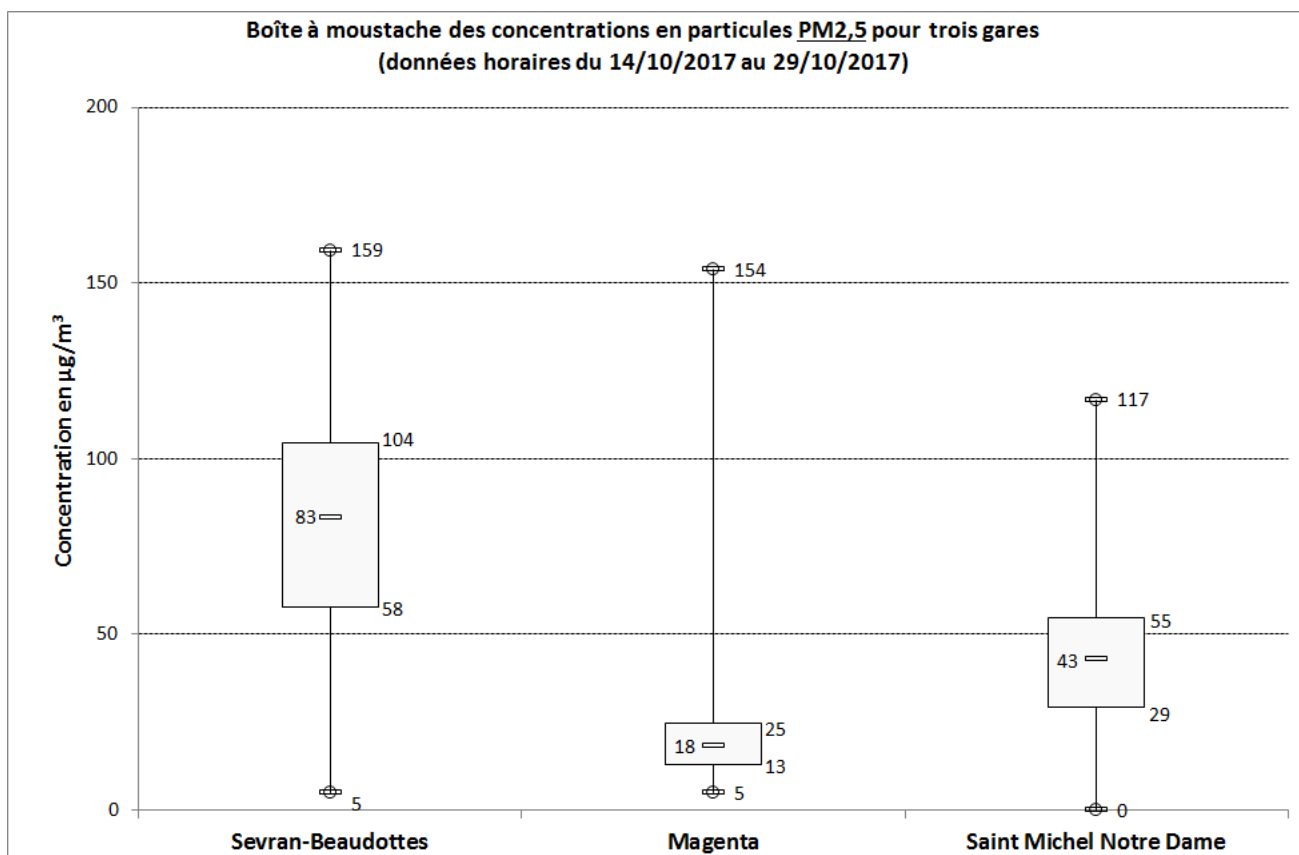


Figure 7

Ces résultats montrent que le niveau d'empoussièrement en PM10 et PM2,5 en gare de Sevrans-Beaudottes est supérieur à ceux des gares de Magenta et Saint Michel Notre Dame. En effet, en gare de Sevrans-Beaudottes, la concentration moyenne en PM10 est environ quatre fois plus importante qu'en gare de Magenta et environ deux fois plus élevée qu'en gare de Saint Michel Notre Dame.

Les maximums observés en PM10 et PM2,5 sont plus élevés en gare de Sevrans-Beaudottes par rapport aux deux autres gares. Quant à la dispersion des concentrations en particules, elle est plus importante pour la gare de Sevrans-Beaudottes, suivie de la gare de Saint Michel Notre Dame et enfin de la gare de Magenta, pour laquelle la dispersion des résultats est moindre (moins d'écart entre les percentiles 25 et 75).

Concernant la fréquentation en termes de nombre de voyageurs et de trains, elle est nettement différente puisque la gare de Sevrans-Beaudottes accueille en moyenne 14 305 voyageurs montants par jour alors que la gare de Saint Michel Notre Dame en accueille en moyenne 59 480 (soit un facteur d'environ 4 entre les deux gares).

Concernant le nombre de trains théorique par jour, il est de 320 en gare de Sevrans-Beaudottes contre 477 à Saint Michel Notre Dame pour les jours ouvrés.

De plus, en matière de ventilation, ces deux gares ne sont pas équipées de ventilation mécanique de confort.

La vitesse de circulation élevée des trains passant par la gare de Sevrans-Beaudottes sans marquer l'arrêt (environ 57 trains effectuant quotidiennement la liaison directe entre la gare de Paris Nord et l'aéroport Roissy Charles-De-Gaulle) mais aussi, la présence d'importants travaux sur le parvis de la gare, dans le cadre du projet du Grand Paris Express, peuvent contribuer à ces niveaux élevés en gare de Sevrans-Beaudottes.

La gare de Magenta, où les niveaux de particules sont relativement faibles, est largement plus fréquentée (78 210 voyageurs montants et 432 trains pour les jours ouvrés) que la gare de Sevrans-Beaudottes. Magenta est une gare très volumineuse et possède par ailleurs une ventilation mécanique optimisée, ce qui explique des concentrations plus basses.

3.2 - Concentrations en métaux

3.2.1 - Niveaux observés en gare de Sevrans-Beaudottes

Les histogrammes ci-dessous montrent la concentration moyenne pour les métaux mesurés en gare de Sevrans-Beaudottes, par élément métallique pour les cinq jours de mesure.

La figure 8 montre les taux de concentration moyens pour les dix métaux mesurés.

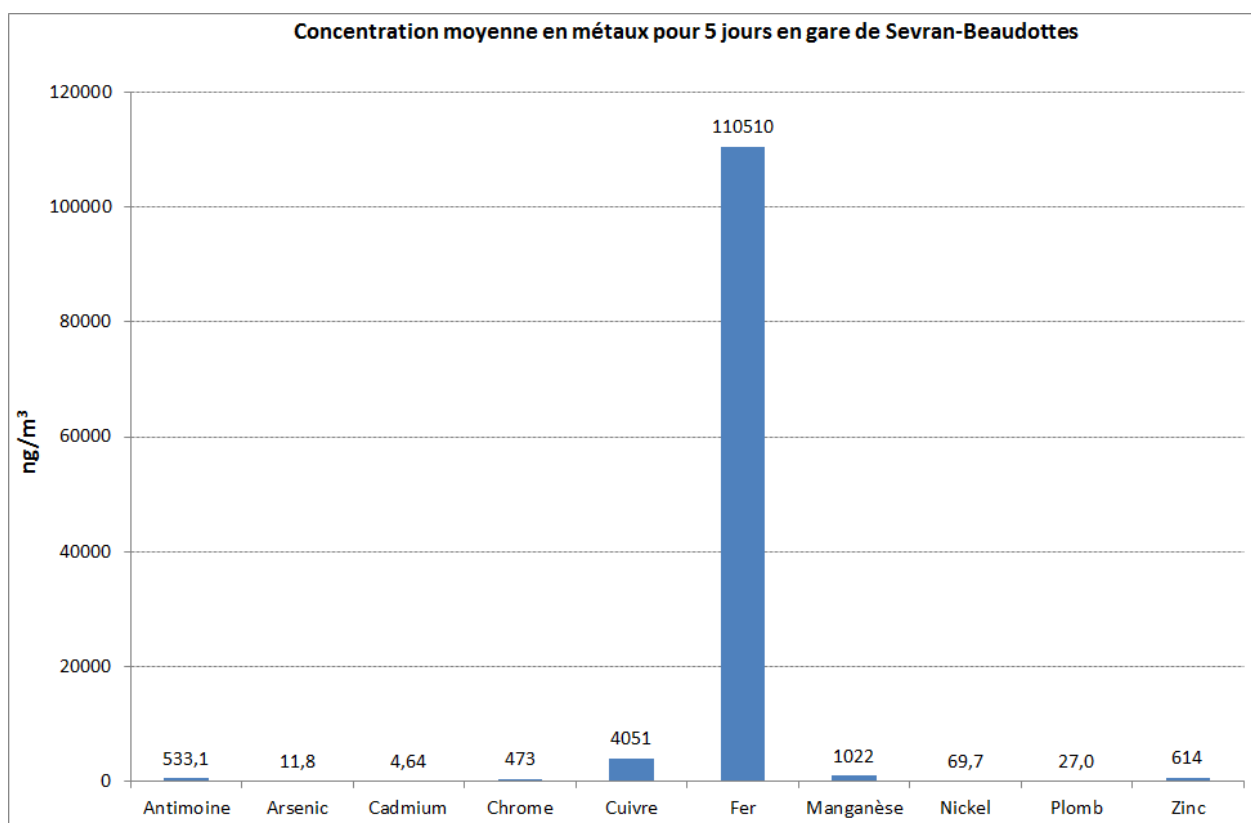


Figure 8

En moyenne, le fer représente 29 % de la composition des particules PM10. Parmi les dix métaux analysés, le fer est très largement prédominant (94,2 % de fer et 5,8 % d'autres métaux). Ceci est caractéristique des enceintes ferroviaires souterraines.

Ces particules riches en fer sont principalement issues d'arrachement (contact roue-rail) et de friction (roue-frein et système d'alimentation électrique).

La figure 9 montre les concentrations pour les neuf autres métaux, excepté le fer, afin de rendre le graphique plus lisible (l'échelle est donc différente).

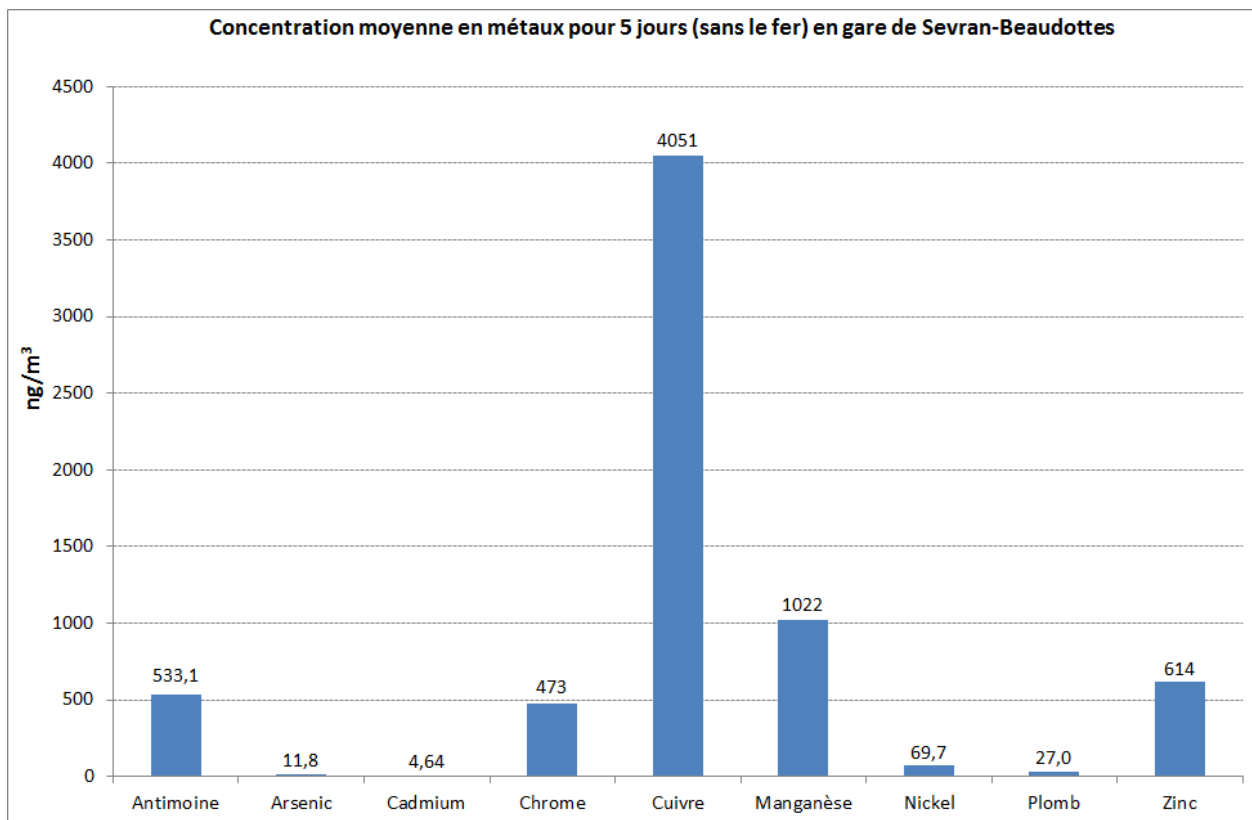


Figure 9

Les éléments majoritaires après le fer sont le cuivre, le manganèse, le zinc, l'antimoine et le chrome. Dans des proportions moindres, viennent ensuite le nickel, le plomb, l'arsenic et le cadmium.

En complément, la figure 10 reprend la répartition moyenne en pourcentage de chacun des dix métaux analysés pour les cinq journées de mesure.

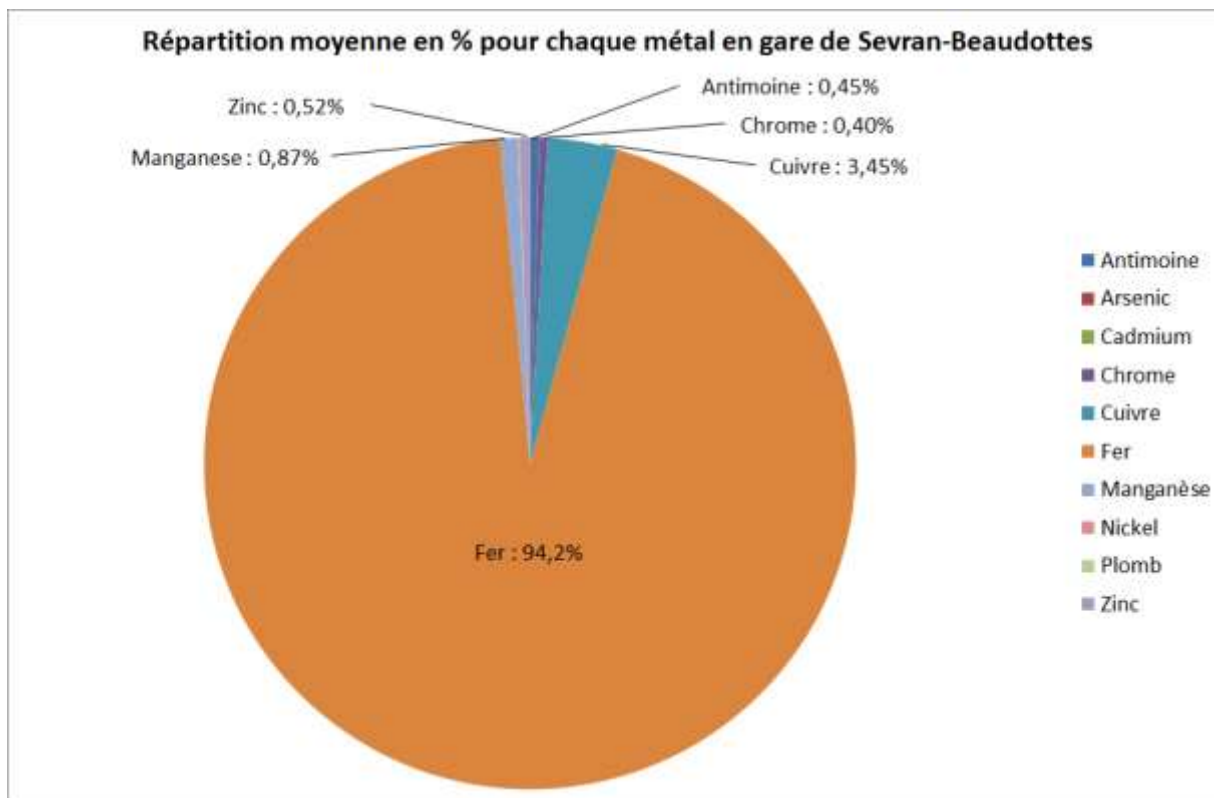
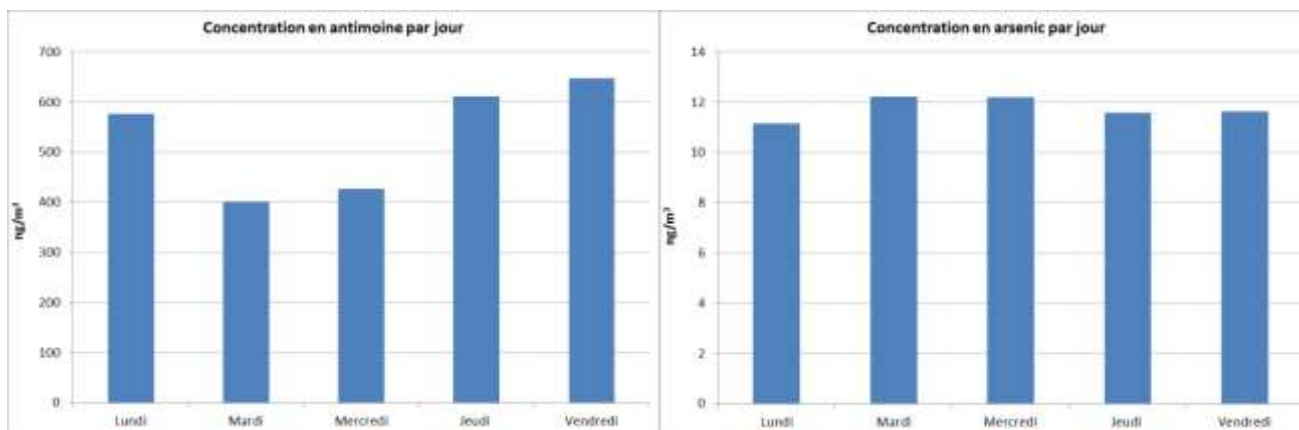


Figure 10

La littérature montre que le chrome et le nickel peuvent être présents dans l'acier des roues et des rails. Il en est de même pour le manganèse qui pourrait aussi être issu du freinage. Concernant le cuivre, il est possible qu'il soit lié au frottement du système d'alimentation électrique. Pour les autres métaux, ils sont probablement issus de l'exploitation ferroviaire mais les sources n'ont pas été clairement identifiées dans cette gare.

3.2.2 - Variabilité temporelle

Les histogrammes ci-dessous montrent les concentrations mesurées par élément pour chacune des cinq journées. Il est important de noter que les échelles diffèrent selon les représentations graphiques.



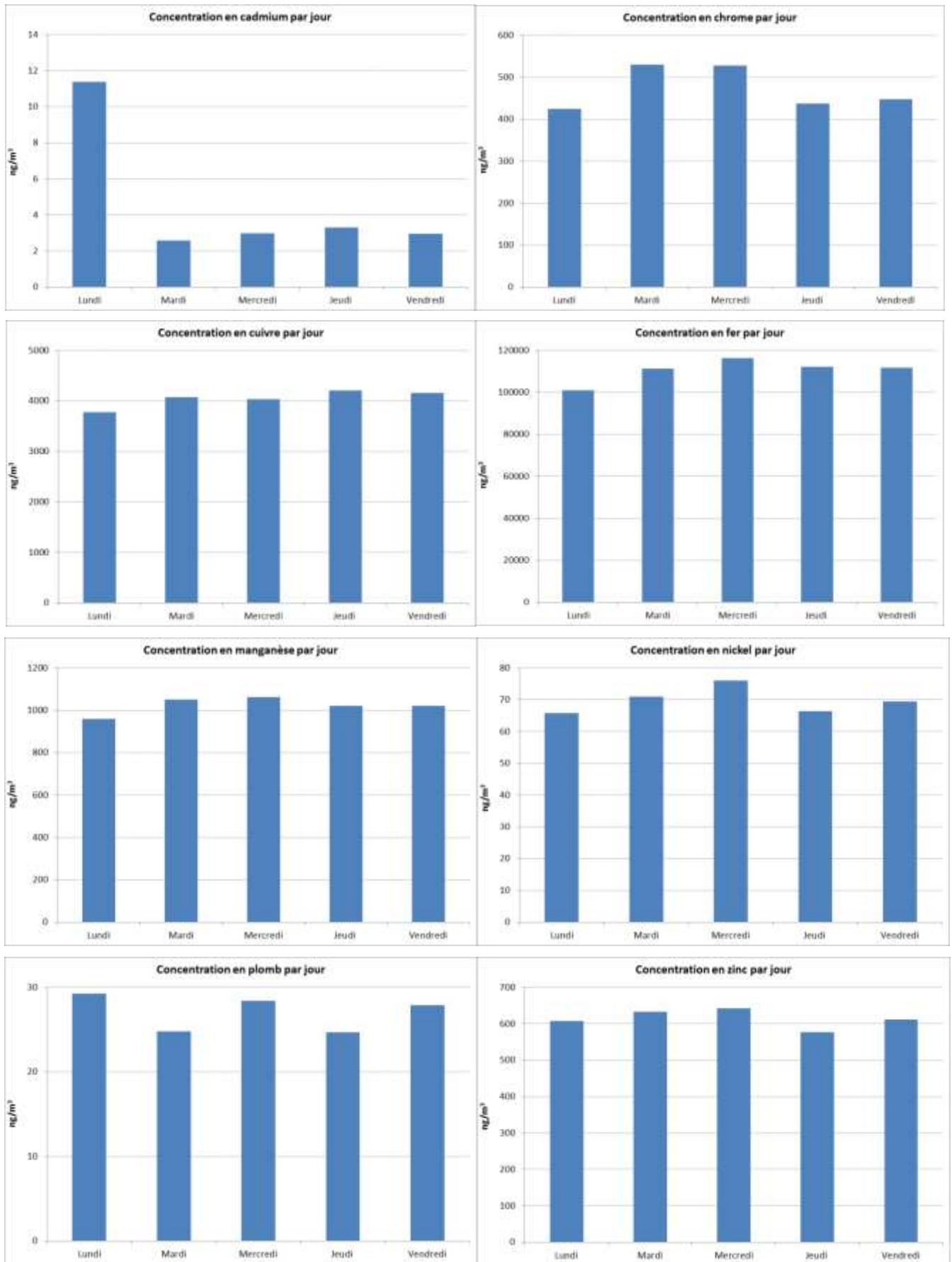


Figure 11

Les concentrations peuvent être légèrement variables d'un jour à l'autre. Les proportions de chacun des éléments restent tout de même relativement stables tout au long de la période de mesure.

3.3 - Concentration en dioxyde de carbone

La concentration en dioxyde de carbone, la température et l'humidité relative en fonction du temps sont présentées sur la figure 12 ci-dessous pour l'ensemble de la durée de la campagne de mesure.

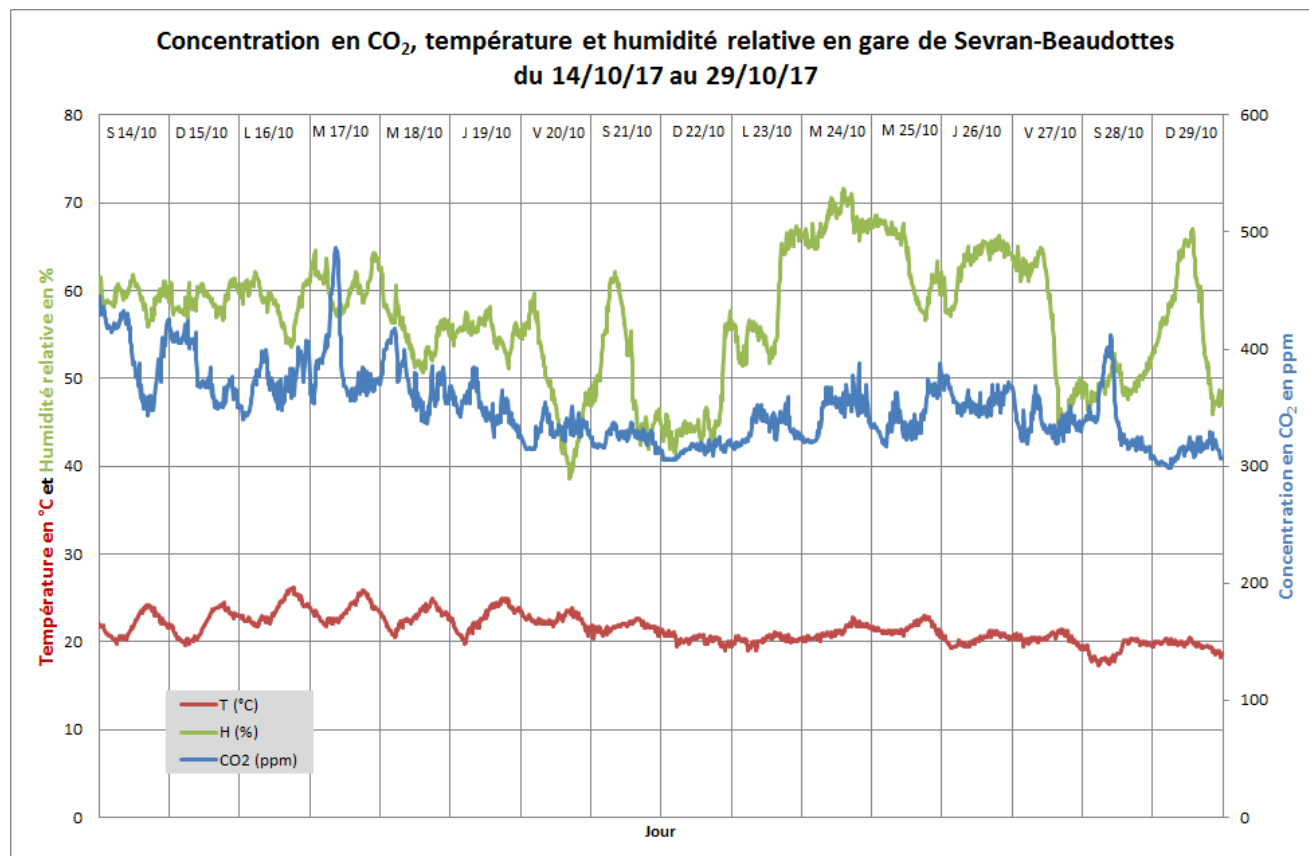


Figure 12

Pendant cette période de mesure, la température sur le quai de la gare de Sevrان-Beaudottes est restée plutôt stable avec une moyenne 21,5°C. L'humidité relative était comprise entre 39 et 72 %.

Concernant le dioxyde de carbone, l'évolution globale de sa concentration est similaire à celle des concentrations en particules ; à savoir une concentration généralement plus faible la nuit et les jours de week-end. La concentration en dioxyde de carbone est aussi moins importante lors de la deuxième semaine de mesure (correspondant aux vacances scolaires et à la réduction de l'offre de transport). Ces profils représentent la fréquentation des voyageurs sur le quai de la gare.

4 - CONCLUSION

L'Agence d'Essai Ferroviaire a réalisé une campagne de mesure de qualité de l'air au sein de la gare de Sevrans-Beaudottes. Elle vise à caractériser l'air intérieur de la gare sur le volet santé publique. Les mesures ont porté sur les concentrations en particules PM10 et PM2,5, en métaux et en dioxyde de carbone pendant deux semaines du 14 au 29 octobre 2017.

Lors de cette période de mesure, la concentration moyenne en gare de Sevrans-Beaudottes a été de 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5. Il a été mis en évidence une relation entre les teneurs en particules, la fréquentation de la gare et le trafic ferroviaire. Ce dernier est une source importante de particules au vu des concentrations mesurées sur le quai en période d'ouverture de la gare.

Le niveau d'empoussièrement en PM10 et PM2,5 en gare de Sevrans-Beaudottes est supérieur par rapport à ceux observés en gares de Magenta et Saint Michel Notre Dame.

Concernant les métaux, le fer est très largement prédominant, ce qui est caractéristique des enceintes ferroviaires souterraines. Les éléments majoritaires après le fer sont le cuivre, le manganèse, le zinc, l'antimoine et le chrome. Il y aurait lieu d'identifier précisément les sources par des études complémentaires.

ANNEXES

RAPPORT

CAMPAGNE DE MESURE DE QUALITE DE L'AIR PENDANT DEUX SEMAINES EN GARE DE SEVRAN-BEAUDOTTES

SOMMAIRE DES ANNEXES

<i>ANNEXE 1 : Descriptif de la gare de Sevrans-Beaudottes.....</i>	23
---	-----------



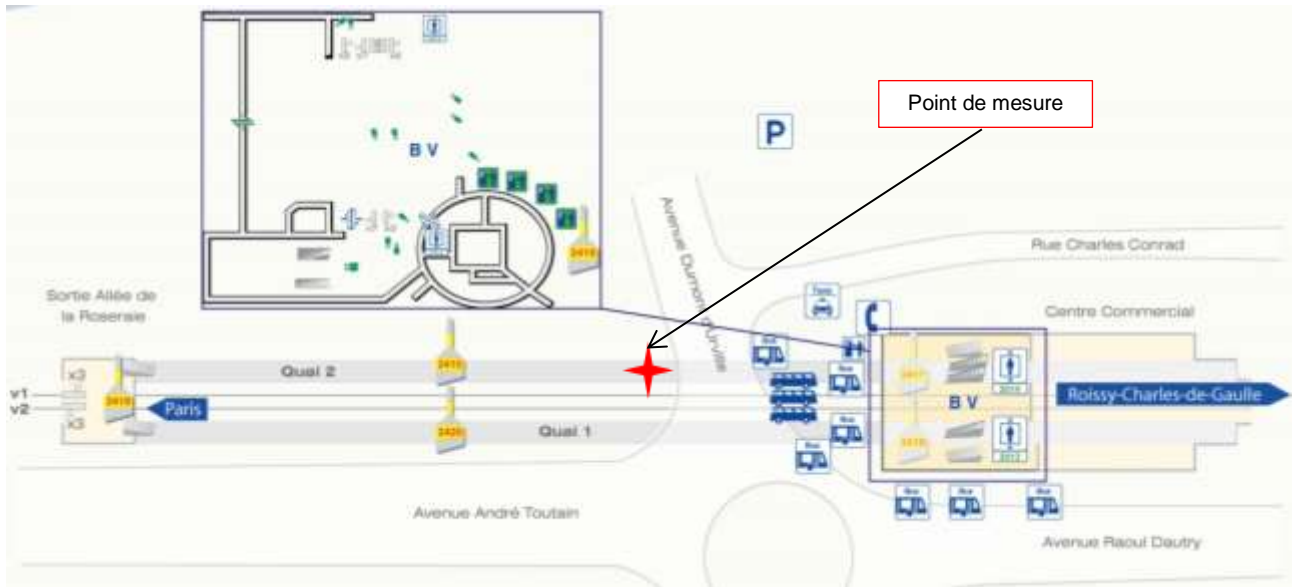
Positionnement

La gare de Sevrans-Beaudottes (cf. point rouge sur le plan 1) est desservie par les trains de la ligne B du RER et ne dispose pas de correspondance ferroviaire. La gare est également desservie par différentes lignes de bus.

Caractéristiques architecturales

La gare de Sevrans-Beaudottes comporte une partie souterraine (deux quais et deux voies) et une partie aérienne (guichet, bulle information, salle des pas perdus).

Cette gare n'est pas équipée de ventilation mécanique de confort.



Plan 2 : Plan représentant 2 niveaux de la gare (RDC niveau rue : guichet (BV), salle des perdus / Un niveau en-dessous du RDC : quais et voies)



Photographie 1 : Gare de Sevrans-Beaudottes



Photographie 2 : Emplacement de la baie de mesure sur le quai

Matériel roulant

Le matériel circulant en service commercial en gare de Sevrans-Beaudottes est constitué des types MI84 et MI79.

En conditions normales de circulation, le nombre de trains en heure de pointe est au maximum de 21 par heure ; il est globalement de 16 en heure creuse. Lors de la campagne de mesure, les trains ont circulé de 05h03 à 00h36.

Fréquentation des voyageurs

En termes de fréquentation, la gare accueille chaque jour ouvré en moyenne 14 305 personnes (nombre de voyageurs montants en 2014).