

# Suivi de la qualité de l'air dans le métro lyonnais

Bilan 2023



**Auteur : Foued BOUCHENNA**

Diffusion : Novembre 2024

Siège social :  
3 allée des Sorbiers 69500 BRON  
Tel. 09 72 26 48 90  
[contact@atmo-aura.fr](mailto:contact@atmo-aura.fr)



# Conditions de diffusion

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (décret 98-361 du 6 mai 1998) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO.

Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. La structure agit dans l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'État français et de l'article L.220-1 du Code de l'environnement. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site <https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr>

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (2023) – Suivi de la qualité de l'air dans le métro lyonnais.**

Les données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.

Par ailleurs, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Auvergne-Rhône-Alpes :

- depuis le [formulaire de contact](#)
- par mail : [contact@atmo-aura.fr](mailto:contact@atmo-aura.fr)
- par téléphone : 09 72 26 48 90

## Financement

Ces études ont pu être menées grâce aux données générales de l'observatoire, financé par l'ensemble des membres d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes dont fait partie SYTRAL Mobilités, autorité organisatrice des mobilités des territoires lyonnais.

SYTRAL Mobilités est devenu le 1<sup>er</sup> janvier 2022 un établissement public local en lieu et place de l'ancien syndicat mixte (SYTRAL - Syndicat mixte des transports pour le Rhône et l'agglomération lyonnaise).

Au regard de l'intérêt qu'il porte à l'exécution du programme d'action 2023, conçu et initié par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, nous remercions SYTRAL Mobilités pour le soutien financier complémentaire apporté pour la réalisation du suivi de la qualité de l'air dans le métro lyonnais.



# Sommaire

## 1 Contexte et objectifs

## 2 Mesures en continu à « Saxe-Gambetta »

- 2.1 Site de mesure et polluants étudiés
- 2.2 Période de mesure et matériel mis en œuvre
- 2.3 Sources de pollution et réglementation
- 2.4 Résultats
- 2.5 Conclusion

## 3 Mesures dans les rames

- 3.1 Polluants et paramètres étudiés
- 3.2 Période de mesure et matériels mis en œuvre
- 3.3 Résultats
  - 3.3.1 Les particules PM10 et PM2,5
  - 3.3.2 Les métaux
  - 3.3.3 Niveaux de confinement et paramètres de confort
- 3.4 Conclusion

## 4 Etude « 15 jours » sur les quais

- 4.1 Sites de mesure et polluants étudiés
- 4.2 Période de mesure et matériel mis en œuvre
- 4.3 Résultats
  - 4.3.1 Les particules PM10 et PM2,5
  - 4.3.2 Les métaux
- 4.4 Conclusion

## 5 Conclusion générale

# Annexes

<b>Annexe 1 : Plan du réseau TCL.....</b>	<b>40</b>
<b>Annexe 2 : Concentrations dans l'air à ne pas dépasser en EFS selon les recommandations de l'ANSES .....</b>	<b>41</b>
<b>Annexe 3 : Définitions statistiques pour la lecture des tableaux.....</b>	<b>42</b>
<b>Annexe 4 : Station Saxe-Gambetta en 2023 – Données PM10/PM2,5 .....</b>	<b>43</b>
<b>Annexe 5 : Plan des lignes de métro A, B et D.....</b>	<b>44</b>
<b>Annexe 6 : Mesures dans les rames – Lignes A, B et D – Données Métaux.....</b>	<b>45</b>
<b>Annexe 7 : Etude « 15 jours » - Station « Saxe-Gambetta » – Données PM10/PM2,5 .....</b>	<b>46</b>
<b>Annexe 8 : Etude « 15 jours » - Station « Vieux Lyon » – Données PM10 .....</b>	<b>47</b>
<b>Annexe 9 : Etude « 15 jours » - Station « Bellecour » – Données PM10/PM2,5.....</b>	<b>48</b>
<b>Annexe 10 : Etude « 15 jours » - Station « Saxe-Gambetta » – Données Métaux .....</b>	<b>49</b>
<b>Annexe 11 : Etude « 15 jours » - Station « Vieux Lyon » – Données Métaux.....</b>	<b>50</b>
<b>Annexe 12 : Etude « 15 jours » - Station « Bellecour » – Données Métaux.....</b>	<b>51</b>
<b>Annexe 13 : Etude « 15 jours » - Situation des niveaux par rapport aux valeurs de référence proposées par l'ANSES (Csout_OMS et Csout_Lim).....</b>	<b>52</b>

# Illustrations

<b>Figure 1 - Station fixe de "Saxe-Gambetta" .....</b>	<b>9</b>
<b>Figure 2 - Saxe-Gambetta – Evolution des moyennes annuelles.....</b>	<b>11</b>
<b>Figure 3 – Saxe-Gambetta - Mesures 2023 – Statistiques principales .....</b>	<b>12</b>
<b>Figure 4 – Saxe-Gambetta - Mesures 2023 – Statistiques sur les périodes de pointe, en semaine .....</b>	<b>12</b>
<b>Figure 5 – Saxe-Gambetta - Mesures 2023 - évolution horaire des particules PM10 .</b> Erreur ! Signet non défini.	
<b>Figure 6 – Saxe-Gambetta - Mesures 2023 – évolution horaire des particules PM2,5</b> Erreur ! Signet non défini.	
<b>Figure 7 -Saxe-Gambetta - Mesures 2022/2023 – Profil hebdomadaire PM10 et PM2,5 .....</b>	<b>14</b>
<b>Figure 8- Saxe-Gambetta - Mesures 2022/2023 - Profil journalier PM10 et PM2,5.....</b>	<b>14</b>
<b>Figure 9 - Mesures « rames » - Moyennes 2022/2023 en PM10 et PM2,5 par ligne .....</b>	<b>17</b>
<b>Figure 10 – Mesures « rames » ligne B - Evolution des concentrations des particules PM10 et PM2,5 .....</b>	<b>17</b>
<b>Figure 11 – Mesures « rames » ligne A - Evolution des concentrations des particules PM10 et PM2,5 .....</b>	<b>18</b>
<b>Figure 12 – Mesures « rames » ligne D - Evolution des concentrations des particules PM10 et PM2,5 .....</b>	<b>18</b>
<b>Figure 13 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en %) par ligne .....</b>	<b>19</b>
<b>Figure 14 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>) par ligne .....</b>	<b>20</b>
<b>Figure 15 - Mesures « rames » - Concentrations moyennes sur la période en fer (en <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>) lignes/Quais .....</b>	<b>20</b>
<b>Figure 16 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en %) hormis le fer, par ligne .....</b>	<b>21</b>
<b>Figure 17 - Mesures « rames » - Concentrations des autres métaux (en <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>) par ligne.....</b>	<b>21</b>
<b>Figure 18 - Mesures « rames » - Moyennes CO2 (en ppm) par ligne.....</b>	<b>22</b>
<b>Figure 19 - Mesures « rames » - Moyennes CO2/PM10 par ligne.....</b>	<b>22</b>
<b>Figure 20 - Classement des études de hiérarchisation depuis 2020 – Moyennes PM10 « 15 min » ....</b>	<b>24</b>
<b>Figure 21 - Station de métro « Bellecour » et « Vieux Lyon » .....</b>	<b>24</b>
<b>Figure 22 - Etude « 15 jours » - Moyenne et max horaire en PM10 et PM2,5 par station.....</b>	<b>25</b>
<b>Figure 23 - Etude « 15 jours » - Vieux-Lyon – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes .....</b>	<b>26</b>
<b>Figure 24 - Etude « 15 jours » - Vieux-Lyon – Evolution des max horaire PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes .....</b>	<b>26</b>
<b>Figure 25 - Etude « 15 jours » - Vieux-Lyon – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes .....</b>	<b>27</b>
<b>Figure 26 - Etude « 15 jours » - Vieux Lyon - Evolution des concentrations horaires des particules PM10/PM2,5 du 6 au 20 novembre 2023 (campagne 2023) .....</b>	<b>27</b>

<b>Figure 27 - Etude « 15 jours » - Saxe-Gambetta – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes .....</b>	<b>28</b>
<b>Figure 28 - Etude « 15 jours » - Saxe-Gambetta – Evolution des max horaire PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes .....</b>	<b>28</b>
<b>Figure 29 - Etude « 15 jours » - Saxe-Gambetta – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5 .....</b>	<b>29</b>
<b>Figure 30 - Saxe-Gambetta - Evolution des concentrations horaires des particules PM10 et PM2,5 du 2 au 16 octobre 2023 (campagne 2023) .....</b>	<b>29</b>
<b>Figure 31 - Etude « 15 jours » - Bellecour – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes .....</b>	<b>30</b>
<b>Figure 32 - Etude « 15 jours » - Bellecour – Evolution des max horaire PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes .....</b>	<b>30</b>
<b>Figure 33 - Etude « 15 jours » - Bellecour – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes .....</b>	<b>31</b>
<b>Figure 34 - Bellecour - Evolution horaire des particules PM10 et PM2,5 du 16 janvier au 2 février 2024 .....</b>	<b>31</b>
<b>Figure 35 - Etude « 15 jours » - Profils journaliers PM10/PM2,5 en 2023 .....</b>	<b>32</b>
<b>Figure 36 - Etude « 15 jours » - Evolution des niveaux de PM10 et proportion de métaux par station .....</b>	<b>33</b>
<b>Figure 37 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) par station.....</b>	<b>33</b>
<b>Figure 38 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en <math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>) par station.....</b>	<b>34</b>
<b>Figure 39 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) hormis le fer, par station .....</b>	<b>34</b>
<b>Figure 40 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Vieux Lyon .....</b>	<b>35</b>
<b>Figure 41 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Saxe-Gambetta .....</b>	<b>35</b>
<b>Figure 42 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Bellecour .....</b>	<b>36</b>

# 1. Contexte et objectifs

La surveillance de la qualité de l'air ambiant sur la région est une mission réglementaire confiée à Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (Atmo AuRA) par le Ministère en charge de la transition écologique. Au-delà de cette mission, l'observatoire accompagne ses membres et les territoires dans le développement de travaux en lien avec les problématiques et enjeux régionaux, toujours guidé par les objectifs d'information et de protection de la santé des populations.

Avec l'appui technique de l'INERIS, le ministère en charge de l'écologie a piloté un groupe de travail sur la définition d'un protocole de mesure harmonisé de la qualité de l'air dans les Enceintes Ferroviaires Souterraines (EFS) afin de fixer les méthodes les plus adaptées au cas des usagers de ces transports. Ce travail avait pour objectif de permettre à tous les acteurs d'acquérir des données à travers des campagnes de mesures ponctuelles selon un référentiel commun. Quatre opérateurs ferroviaires volontaires, dont Keolis Lyon, ont collaboré à ces travaux et participé à des expérimentations sur tout ou partie du protocole.

Ces éléments et les travaux nationaux ont ainsi permis la rédaction du guide, publié une première fois le 26 novembre 2020 et révisé en décembre 2023<sup>1</sup>, qui a encadré le dispositif de surveillance présenté dans ce rapport.

Poursuivant sa volonté de rendre la ville plus durable et respirable, SYTRAL Mobilités avec l'appui de son opérateur Keolis Lyon, a souhaité anticiper la publication officielle de ce guide, en développant dès 2019 le partenariat déjà initié avec Atmo AuRA, avec l'ambition de mettre en place rapidement une surveillance. Dès le départ, l'ambition partagée a été d'aller au-delà des recommandations, en organisant une surveillance continue, avec des données publiques et disponibles en direct. L'objectif a aussi été de mettre en place un dispositif pouvant permettre d'évaluer les actions de réductions des émissions de particules programmées par SYTRAL Mobilités.

La transparence de l'information et l'engagement dans les actions d'amélioration sont les conditions que recherche systématiquement Atmo AuRA dans ses partenariats et qui sont réunies avec SYTRAL Mobilités.

Les actions ont été les suivantes :

- Depuis 2020, la **station de mesure « Saxe-Gambetta »** délivre un suivi continu horaire des concentrations de particules fines (PM10) et très fines (PM2.5). Ces données sont consultables en direct sur les sites internet d'Atmo AuRA et des Transports en Commun Lyonnais (TCL).
- Mise en place d'une **2<sup>ème</sup> campagne de mesures** de particules fines (PM10 et PM2,5), de métaux (dans la fraction PM10) et de dioxyde de carbone (CO2) **à l'intérieur des rames** de métro des lignes A, B et D.
- Mise en œuvre d'une **4<sup>ème</sup> étude complémentaire** consistant à effectuer pendant **15 jours, des mesures en continu** de PM10 et PM2,5 mais aussi des mesures de particules métalliques dans l'air de **3 stations**, dont la station fixe de « Saxe-Gambetta ».

Réalisés en suivant le guide de l'INERIS, ces travaux sont présentés dans ce rapport en 3 parties. Un premier volet où sont présentés les résultats des mesures de la station du métro Saxe-Gambetta, puis un second où nous présentons les résultats des mesures réalisées dans les habitacles des rames. Les campagnes complémentaires effectuées sur les quais sont exposées dans un troisième volet.

---

<sup>1</sup> Recommandations pour la réalisation de mesures harmonisées de la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines : <https://www.ineris.fr/fr/recommandations-realisation-mesures-harmonisees-qualite-air-enceintes-ferroviaires-souterraines>



## 2. Mesures en continu à « Saxe-Gambetta »

### 2.1. Site de mesure et polluants étudiés

Depuis 2020, la station « Saxe-Gambetta » surveille en continu les particules PM10 et PM2,5. Ce dispositif de mesure est positionné sur le quai du métro B, direction Gerland (*Annexe 1 -Plan du réseau TCL*) :



Figure 1 - Station fixe de "Saxe-Gambetta"

Pour rappel, cette station a été choisie :

- afin d'avoir une continuité d'observations dans les mesures.
- pour ces niveaux importants en particules et pour son importante fréquentation.
- vu que sa configuration lui permet d'accueillir un équipement de surveillance de la qualité de l'air.

### 2.2. Période de mesure et matériel mis en œuvre

Les premières mesures de particules à Saxe-Gambetta remontent au 8 janvier 2020. Elles sont réalisées en continu et délivrent des valeurs horaires. Dans cette partie du rapport, les données de particules PM10 et PM2,5 sont étudiées du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 2023 avec :

- une première période durant laquelle les mesures n'ont pas pu être réalisées (du 21 février au 17 avril pour les PM10 et jusqu'au 28 juin pour les PM2,5) étant donné que le matériel a d'abord été utilisé dans la station de Bellecour pour l'étude « 15 jours » (2022), puis il a fait l'objet d'une maintenance complète, avant de tomber en panne et d'être enfin installé à Vieux Lyon (étude « 15 jours »).
- une deuxième période d'absence de données (du 2 novembre au 5 décembre 2023), vu que le matériel a de nouveau été utilisé dans la station de Vieux Lyon pour l'étude « 15 jours » (2023).

Les mesures de particules sont réalisées à l'aide d'un appareil de référence « TEOM 1405 » qui mesure en temps réel la masse des particules déposée sur un filtre après aspiration, et donne directement des concentrations en microgrammes de particules par mètre cube d'air. Contrairement aux mesures en air ambiant, la mesure des particules a été effectuée sans la « fraction volatile » selon les recommandations de

l'INERIS. La fraction volatile est peu importante dans les enceintes ferroviaires souterraines du fait de la composition principale des particules due à l'usure mécanique.

L'acquisition des données est faite via une centrale d'acquisition, avec transmission 4G, pour le rapatriement des données sur le poste central d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

L'armoire d'accueil et les protections des matériels, ainsi que l'alimentation électrique, ont été mises à disposition par SYTRAL Mobilités.

### 2.3. Sources de pollution et réglementation

Les particules en suspension, communément appelées « poussières », proviennent en majorité pour l'air extérieur de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement des pneumatiques...) et d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chauffage, chaufferie).

La surveillance réglementaire porte sur les particules PM10 (de diamètre inférieur à 10 µm) mais également sur les PM2,5 (de diamètre inférieur à 2,5 µm).

Dans l'enceinte des métros, les sources de particules sont généralement issues de l'abrasion des pneus, des freins et des rails, de la remise en suspension des particules par le passage à grande vitesse des rames dans les tunnels, le déplacement des usagers, et de l'air extérieur qui pénètre dans les couloirs du métro.

La qualité de l'air dans les EFS où circulent les trains de voyageurs n'est pas réglementée à l'instar d'autres établissements recevant du public (ERP). Toute la réglementation liée à l'air ambiant (air extérieur) ne s'applique pas non plus dans les EFS.

Cependant, en mai 2022, l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a rendu les valeurs de référence du CSHPF obsolètes (jusqu'ici utilisées), à savoir la Csout « locale » qui prenait en compte la qualité de l'air extérieure de l'agglomération de Lyon. Elle a défini et proposé d'autres valeurs de référence<sup>2</sup> communes pour le territoire national, en tenant compte :

- de la sortie des nouvelles valeurs OMS pour l'air ambiant,
- des micro-environnements « travail » et « logement »,
- des niveaux de pollution dans l'air ambiant des 7 agglomérations françaises accueillant ces EFS.

Les concentrations (indicatives) dans l'air à ne pas dépasser en EFS selon les recommandations de l'ANSES (*présentées en annexe 2*) serviront donc de référence dans les résultats présentés dans ce rapport et seront nommées ainsi :

- **Csout\_OMS** (concentration en µg.m<sup>-3</sup> calculée à partir de la valeur guide journalière de l'OMS) fixées à 140 µg.m<sup>-3</sup> pour les PM10 et 80 µg.m<sup>-3</sup> pour les PM2,5 en moyenne sur une heure.
- **Csout\_Lim** (concentration en µg.m<sup>-3</sup> calculée à partir de la valeur limite journalière de la directive européenne 2008/50/CE) fixée à 480 µg.m<sup>-3</sup> pour les PM10 en moyenne sur une heure.

---

<sup>2</sup> <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2019SA0148Ra.pdf>

## 2.4. Résultats

Les mesures sont diffusées en direct et validées quotidiennement : une première validation technique concerne le fonctionnement de l'analyseur puis vient ensuite une validation environnementale pour vérifier la cohérence des données par rapport à l'historique.

Un système d'alarme en cas de valeurs atypiques est aussi en place et donne lieu à des échanges systématiques avec SYTRAL Mobilités : avec le recul des 4 années de mesures, ces valeurs sont peu fréquentes et majoritairement liées à des pannes de l'analyseur ou à des maintenances du réseau ferroviaire durant la nuit.

### Evolution pluriannuelle

Une amélioration significative de la qualité de l'air au bénéfice des usagers est constatée depuis 2020. En effet, les concentrations de particules PM10 et PM2,5 mesurées à Saxe-Gambetta sont en baisse constante depuis 2020. Cette nette amélioration, déjà engagée courant 2022 et consécutive à la modernisation des rames de la ligne B, aux expérimentations complémentaires de nettoyage et d'épurations de l'air sur les quais, se confirme en 2023.

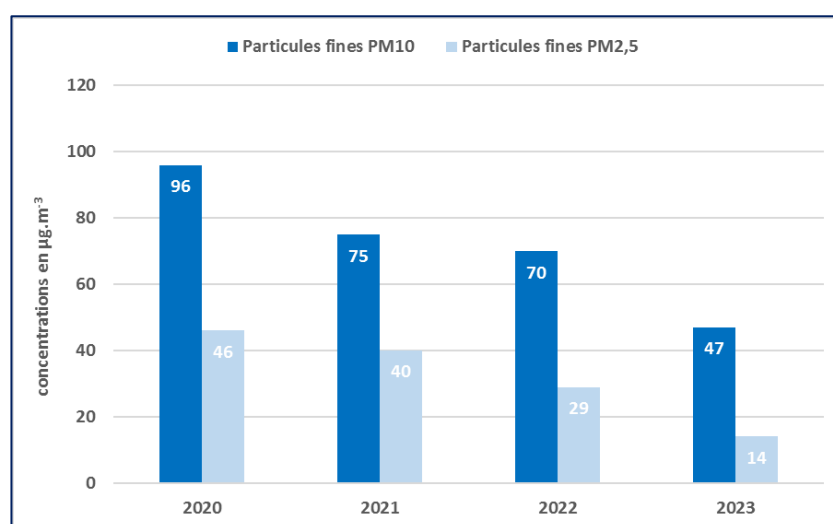


Figure 2 - Saxe-Gambetta – Evolution des moyennes annuelles

### Statistiques globales

Les mesures en particules ont été réalisées sur toute l'année 2023 avec une couverture de données :

- de 74 % pour les PM10 (c'est-à-dire que 26 % des données horaires sont manquantes sur l'année 2023 (cf. paragraphe 2.1) contre 80 % de couverture de données en 2022.
- de 55% pour les PM2,5 (presque la moitié des données horaires sont manquantes en 2023) contre 80% de couverture de données en 2022

En 2023, les concentrations horaires en particules PM10 relevées à « Saxe-Gambetta » respectent la valeur de référence « ANSES » (CSout\_Lim), hormis deux dépassements relevés en milieu d'année, ce qui est particulièrement faible. En revanche, la valeur « ANSES » (CSout\_OMS) pour les PM10 a régulièrement été dépassée sur l'année, contrairement à la valeur de référence pour les PM2,5 qui a enregistré quelques dépassements ponctuels.

La moyenne en PM10 est égale à 47 µg.m<sup>-3</sup> situant ce résultat à environ 10 % de la valeur de référence de l'ANSES (480 µg.m<sup>-3</sup>). Cette valeur est beaucoup plus faible que celle enregistrée en 2022 à 70 µg.m<sup>-3</sup>. De plus, 90 % des valeurs horaires sont inférieures à 87 µg.m<sup>-3</sup> et sont donc inférieures au cinquième de la référence horaire de l'ANSES.

Année 2023				
Statistiques du 1 janvier au 31 décembre				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	6450		4783	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	74%		55%	
Moyenne	47		14	
Médiane	41		12	
P10 - P90	13	87	5	24
Min horaire - Max horaire	0	699	0	326

Figure 3 – Saxe-Gambetta - Mesures 2023 – Statistiques principales

La moyenne en PM2,5 est également inférieure au résultat 2022 : 14  $\mu\text{g.m}^{-3}$  contre 29  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en 2022. A la vue de ces statistiques annuelles 2023 (*annexe 4 - station Saxe-Gambetta en 2023 – Données PM10/PM2,5*), on peut noter une fraction de PM2,5 dans les particules PM10 autour de 30 % (presque le tiers des PM10 sont des PM2,5).

En période de forte présence des usagers (période de pointe en semaine), la fraction des particules PM2,5 dans les PM10 est proche des 26 % mais avec des valeurs médianes et moyennes plus élevées de l'ordre de 68-70  $\mu\text{g.m}^{-3}$  soit 16 % de la valeur ANSES (Cscout\_Lim). De plus, 90 % des valeurs horaires en PM10 sont inférieures à 113  $\mu\text{g.m}^{-3}$  soit environ 24 % de la référence horaire ANSES (480  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ).

Année 2023				
Statistiques du 1 janvier au 31 décembre				
uniquement sur les jours de semaine (hors WE) et en heures de pointe (7h à 9h inclus et 17h à 19h inclus)				
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	972		720	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	53%		39%	
Moyenne	70		18	
Médiane	68		17	
P10 - P90	31	113	8	29
Min horaire - Max horaire	2	218	1	69

Figure 4 – Saxe-Gambetta - Mesures 2023 – Statistiques sur les périodes de pointe, en semaine

### Evolution des concentrations horaires

Sur les deux graphiques ci-après, la baisse importante des concentrations en particules PM10 et PM2,5 constatée sur le second semestre 2022 se confirme sur toute l'année 2023, malgré quelques pointes enregistrées ponctuellement.

Figure 6 – Saxe-Gambetta - Mesures 2023 - évolution horaire des particules PM10

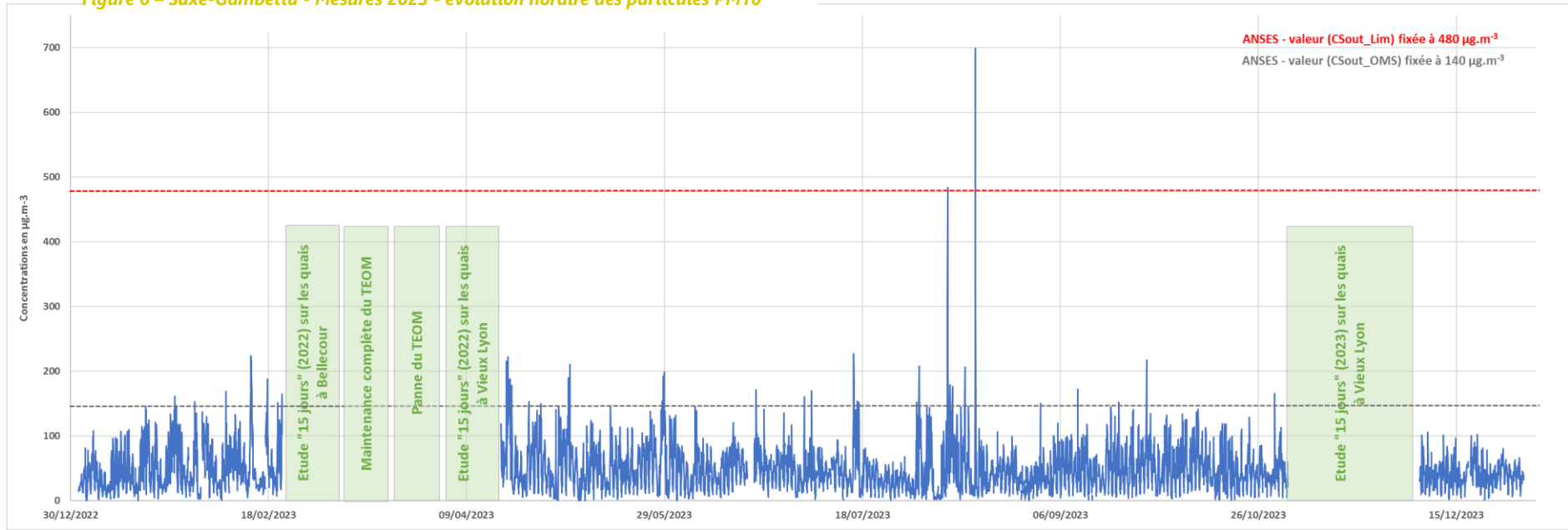
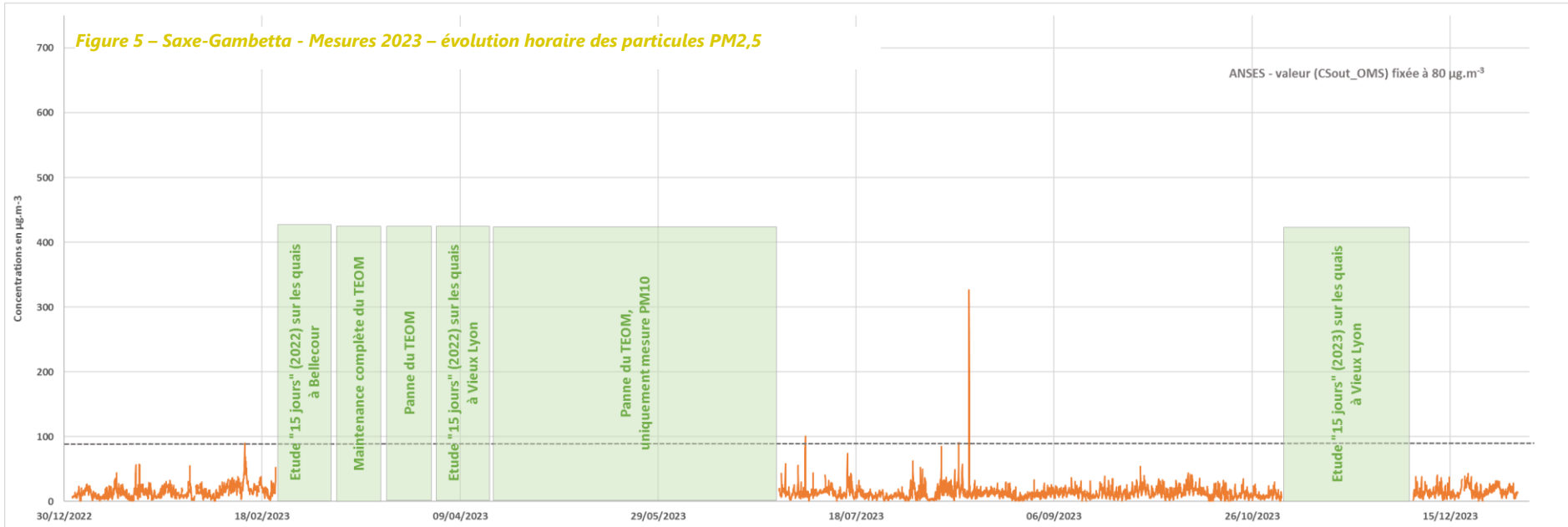


Figure 5 – Saxe-Gambetta - Mesures 2023 – évolution horaire des particules PM2,5



Cette baisse des concentrations en particules PM10 et PM2,5 est donc visible depuis la mise en service des nouvelles rames de métro sur la ligne B (25 juin 2022) et elle se confirme en 2023. En effet, SYTRAL Mobilités a investi dans des rames de métro de nouvelle génération dotées de dispositifs de récupération de l'énergie de freinage plus performants que les dispositifs équipant les rames jusqu'ici utilisées. Cette évolution technologique a pour conséquence de réduire très significativement l'utilisation du freinage mécanique et de ce fait, limite également les émissions de particules.

En règle générale, les niveaux de particules PM10 et PM2,5 ont très fortement diminué entre 2022 et 2023. En effet, en 2022 (et plus précisément sur le 1<sup>er</sup> semestre), les concentrations ont très souvent dépassé les 200  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  en horaire pour les PM10 et les 100  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour les PM2,5, alors que sur l'année 2023, les niveaux sont restés stables ne dépassant que très rarement ces 2 seuils.

### Profils hebdomadaires/journaliers

L'utilisation de profils hebdomadaires (moyenne des résultats de chaque jour d'une semaine sur une période) et des profils journaliers (moyennes de chaque heure de la journée sur une période) renseigne sur les variations des niveaux de polluants dans l'air selon les jours et les heures. On observe ainsi l'influence possible de paramètres hebdomadaires ou journaliers récurrents comme les heures d'ouverture et fermeture ou la fréquence des rames par rapport à la fréquentation du métro (semaine / week-end).

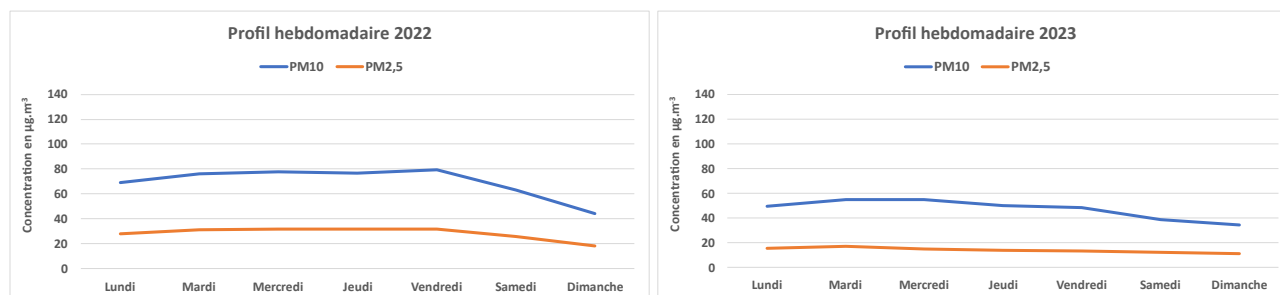


Figure 7 - Saxe-Gambetta - Mesures 2022/2023 – Profil hebdomadaire PM10 et PM2,5

Les variations selon les jours de semaine sont assez logiques et montrent une décroissance liée à la baisse d'activité et de fréquentation les jours de week-end. Les niveaux enregistrés en 2023 sont en baisse par rapport à 2022 avec très peu de variation entre les jours de la semaine et les jours du week-end, phénomène davantage marqué pour les particules PM2,5.

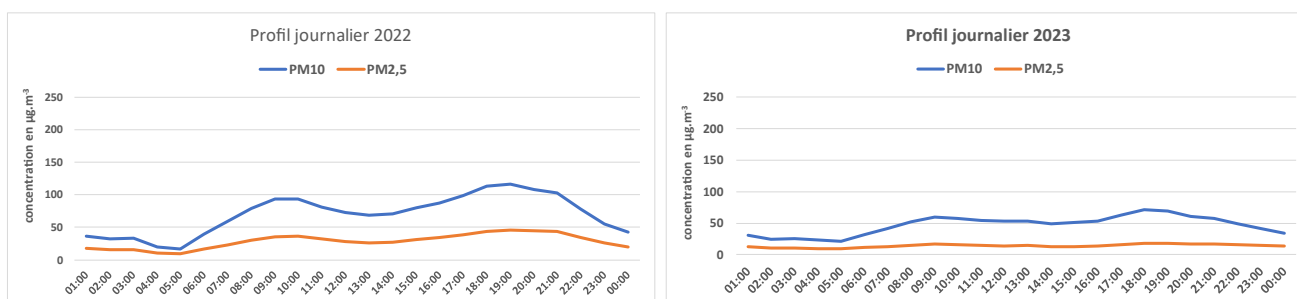


Figure 8- Saxe-Gambetta - Mesures 2022/2023 - Profil journalier PM10 et PM2,5

Même si cela est bien moins marqué, en 2023, on observe toujours une évolution des concentrations en particules (PM10 et PM2,5) en fonction des heures d'ouverture et de fermeture des stations mais aussi avec l'influence des périodes de pointe le matin et en fin de journée. Les niveaux horaires demeurent toujours les plus faibles à 5h du matin et restent même très bas pour les particules PM2,5, se rapprochant ainsi des niveaux de base moyens de ces particules relevés durant les journée du 1<sup>er</sup> mai depuis 2020, en l'absence de toute activité dans le métro.

## 2.5. Conclusion

Les mesures de particules PM10/PM2,5 réalisées en continu à Saxe-Gambetta depuis 2020 sont en baisse. En 2023, ces mesures continuent à diminuer par rapport à celles réalisées en 2022 (en moyennes annuelles : - 32 % pour les PM10 et - 52 % pour les PM2,5). Cette baisse des concentrations, déjà constatée sur le second semestre 2022 et en lien avec la mise en circulation des nouvelles rames de métro sur la ligne B, s'est confirmée en 2023.

S'il n'existe toujours pas de seuil réglementaire officiel concernant la qualité de l'air dans le métro, la valeur de l'ANSES (480  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) pour les PM10 est très largement respectée en 2023 (seulement 2 dépassements horaires enregistrés). De plus, les valeurs de référence « ANSES » (CSout\_OMS) pour les PM10 (140  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) et pour les PM2,5 (80  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ), très souvent dépassées sur le 1<sup>er</sup> semestre de l'année 2022, sont globalement respectées en 2023, malgré quelques dépassements constatés en PM10.

Les profils hebdomadaires 2023 montrent des niveaux moyens quotidiens de particules bas par rapport à 2022, et ils confirment la baisse déjà amorcée sur le 2<sup>nd</sup> semestre 2022 après la mise en circulation des nouvelles rames. La variation entre les jours de semaine et les jours du week-end en 2023 est de moins en moins visible, particulièrement pour les particules PM2,5. En lien avec l'activité du métro, l'évolution horaire des concentrations marque toujours un pic en matinée et un autre en fin de journée. Cependant, ces pointes sont moins visibles en 2023, principalement pour les particules PM2,5.

La baisse des concentrations de particules PM10 et PM2,5 enregistrée à Saxe-Gambetta depuis le 25 juin 2022, date de mise en circulation des nouvelles rames de métro sur la ligne B du réseau, s'est confirmée sur l'année 2023. Cette nouvelle technologie a donc exercé une influence positive sur les niveaux de pollution enregistrés dans cette station et sur l'ensemble de la ligne du métro B (se référer au [rapport 2022](#)).

### 3. Mesures dans les rames

Le temps passé par un voyageur dans les enceintes ferroviaires souterraines (EFS) est souvent court (trajet dans la rame inférieur à 2 heures et attente de quelques minutes sur les quais). Conformément au protocole de l'INERIS et après la première étude en 2022, une deuxième a ainsi été réalisée en 2023 dans les habitacles des rames des lignes A, B et D.

	Ligne A	Ligne B*	Ligne D
Stations terminus	Perrache Vaulx-en-Velin – La Soie	Charpennes Gare d'Oullins	Gare Vénissieux Gare Vaise
Nombre total de stations	14 stations	10 stations	15 stations
Longueur totale de la ligne	9,2 km	7,7 km	12,5 km
Temps de parcours (2 allers/retours complets)	1h et 20 min	1h	1h et 40 min

\* les deux nouvelles stations de métro de la ligne B, « Oullins Centre » et « Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud », opérationnelles depuis le vendredi 20 octobre 2023, n'ont pas été étudiées en 2023.

#### 3.1. Polluants et paramètres étudiés

Comme en 2022, les polluants prospectés sont les particules en suspension (PM10 et PM2,5) et les métaux (fer, baryum, cuivre, zinc, antimoine, manganèse, nickel, plomb, arsenic, cadmium, chrome, aluminium et calcium) dans la fraction PM10 des particules.

Les mesures du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de la température et de l'humidité relative ont également été réalisées afin d'identifier les situations atypiques en termes de ventilation ou de confort pour les voyageurs.

#### 3.2. Période de mesure et matériels mis en œuvre

Comme en 2022, les mesures ont été réalisées en continu à l'intérieur des rames de métro des lignes A, B et D (*Annexe 5 - Plan des lignes de métro A, B et D*). Elles ont été répétées 3 fois par ligne (3 journées différentes) sur 2 allers/retours complets (d'un terminus à l'autre) et dans des conditions semblables (jours ouvrés, heures de pointe de fréquentation, position similaire dans les différentes rames) :

- Ligne A : le 26 avril (soir), le 27 avril (matin) et le 4 mai (matin) 2023.
- Ligne B : le 26 avril (matin), le 3 mai (soir) et le 4 mai (soir) 2023.
- Ligne D : le 25 avril (soir), le 3 mai (matin) et le 5 mai (matin) 2023.

Ces mesures ont été réalisées à l'aide d'appareils portables (automatiques et préleveurs sur filtres) :

- Des préleveurs sur filtres pour les particules PM10 et PM2,5 mais également les métaux. Cependant, un défaut sur les filtres (effritement et perte de matières), identifié à l'analyse, rend les résultats de particules PM10 et PM2,5 inexploitable. De ce fait, ces résultats ne seront pas présentés dans ce rapport.
- Un analyseur portatif FIDAS qui permet de mesurer en continu les particules PM10 et PM2,5 mais également les paramètres de confort que sont la température et l'humidité relative ;
- Un autre appareil qui permet de mesurer le dioxyde de carbone, indicateur de confinement.



### 3.3. Résultats

#### 3.3.1. Les particules PM10 et PM2,5

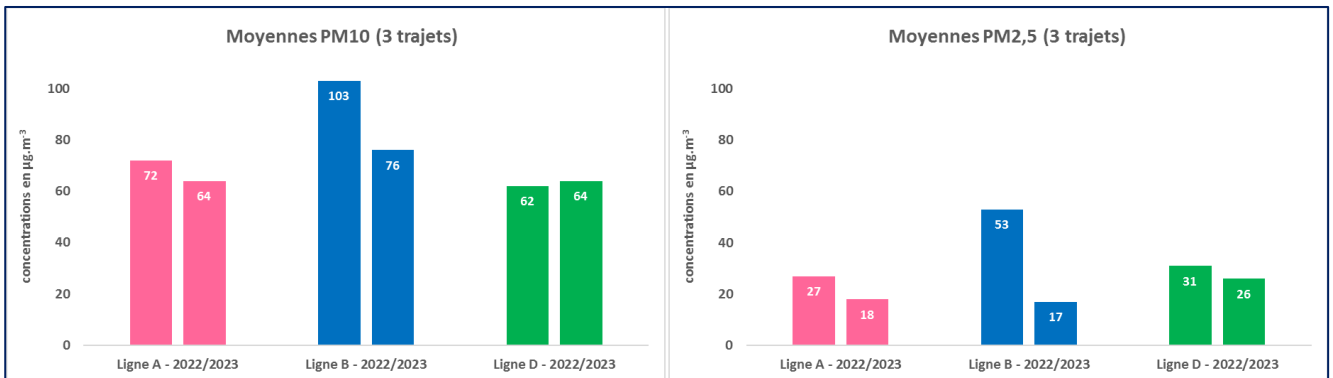


Figure 9 - Mesures « rames » - Moyennes 2022/2023 en PM10 et PM2,5 par ligne

En 2023, même s'ils restent plus élevés, les niveaux de PM10 de la ligne B reviennent dans l'ordre de grandeur des lignes A et D. Quant aux niveaux de PM2,5, ceux de la ligne B rejoignent également les niveaux des autres lignes avec une baisse très significative de 68%.

Il faut considérer les variations 2022/2023 comme indicatives compte-tenu de l'échantillon de mesures (3 jours dans l'année pour chaque ligne), mais la baisse drastique des particules dans l'air intérieur des rames de la ligne B est clairement à attribuer au changement des rames courant 2022.

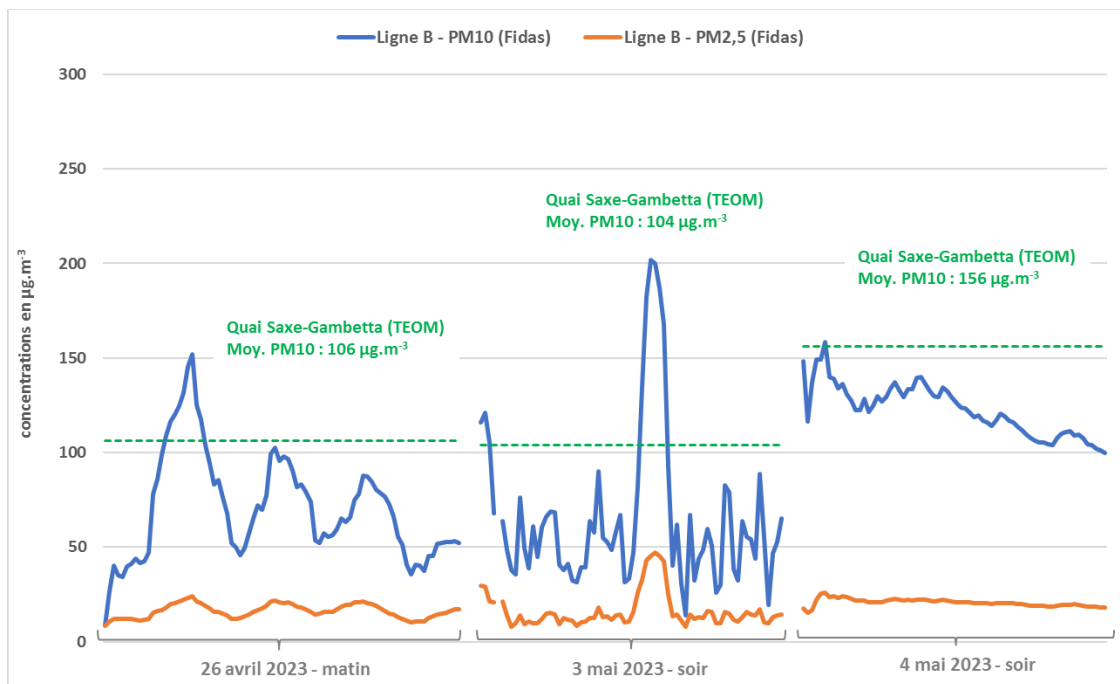


Figure 10 - Mesures « rames » ligne B - Evolution des concentrations des particules PM10 et PM2,5

Sur la ligne B, les concentrations de particules PM10 enregistrées dans les rames et sur les différentes périodes de mesures (matin et soir) varient très peu, hormis le 4 mai où l'on observe des niveaux moyens plus élevés expliqués par une hausse également sur les quais de Saxe-Gambetta. Les niveaux de particules PM2,5, quant à eux, varient très peu d'une journée à l'autre et restent bas.

Les niveaux moyens d'air dans les rames en PM10 sont en-dessous de ceux enregistrés en continu sur les quais de la station de Saxe-Gambetta.

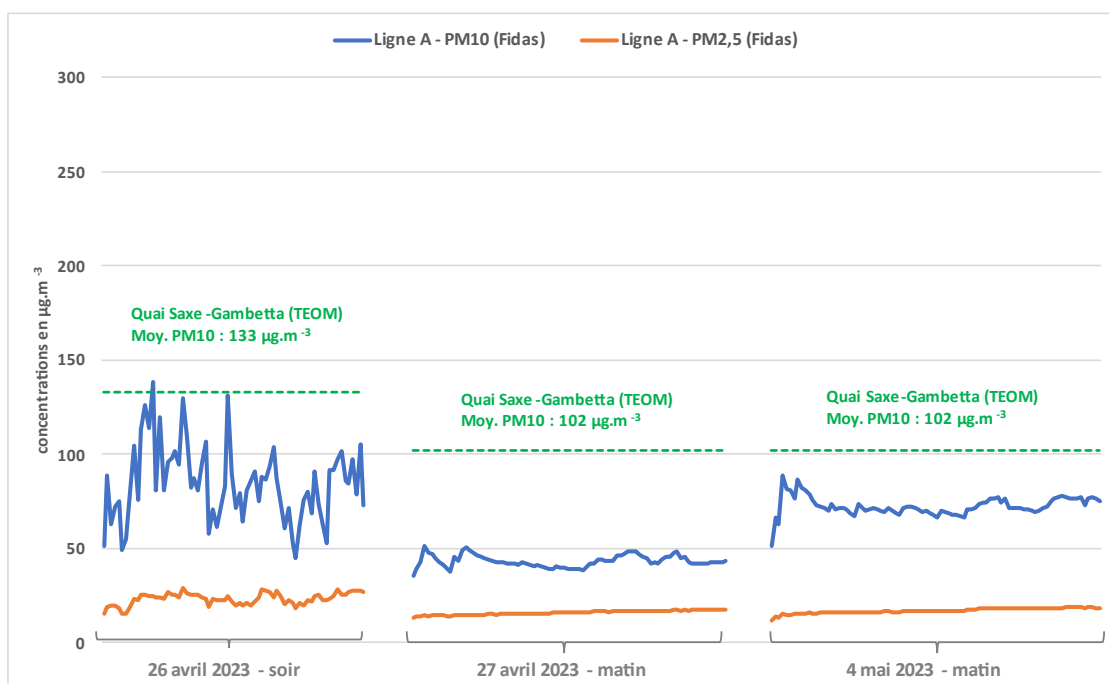


Figure 11 – Mesures « rames » ligne A - Evolution des concentrations des particules PM10 et PM2,5

Dans les rames de la ligne A, les concentrations moyennes de particules PM10 enregistrées sur les différentes périodes de mesures (matin et soir) varient d'une journée à l'autre. On observe également un lien avec les niveaux enregistrés aux mêmes moments sur les quais de la ligne B. En moyenne, les résultats se situent à environ  $66 \mu\text{g.m}^{-3}$  sur les 3 périodes de mesure et sont globalement inférieurs au niveau moyen sur le quai de la station de Saxe-Gambetta.

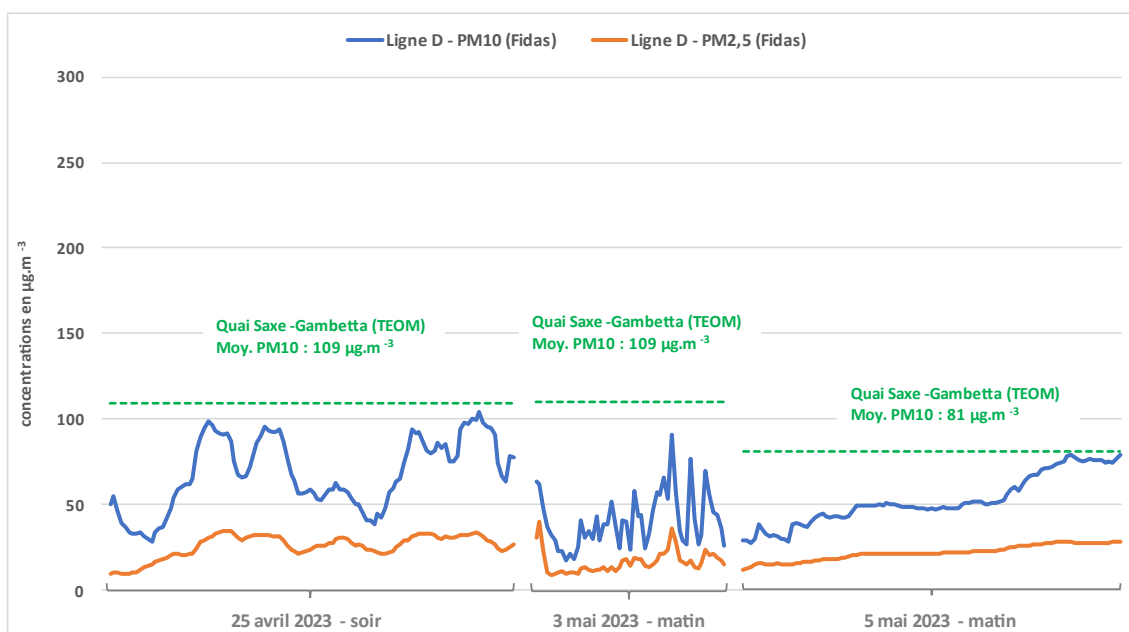


Figure 12 – Mesures « rames » ligne D - Evolution des concentrations des particules PM10 et PM2,5

Dans les rames de la ligne D, les constats sont similaires. En moyenne, les concentrations se situent entre  $40$  et  $70 \mu\text{g.m}^{-3}$  pour les PM10 et  $15$  à  $25 \mu\text{g.m}^{-3}$  pour les PM2,5.

### 3.3.2. Les métaux

Les résultats détaillés des métaux pour les lignes A, B et D sont présentés en *annexe 6*, sous forme de trois tableaux distincts .

#### Réglementation et origine dans les EFS

Les métaux regroupent une famille de composés assez vaste, la plupart se trouvant à l'état particulaire (voir liste paragraphe 3.1). Ils ne sont pas réglementés dans les enceintes ferroviaires souterraines et le sont en air ambiant avec des valeurs cibles en moyenne annuelle pour le nickel, le cadmium, l'arsenic et le plomb.

La source principale de particules riche en fer est liée aux phénomènes de friction et d'arrachement (contact roue-frein, contact du matériel roulant avec le système d'alimentation électrique, contact rail-roue).

Pour les autres métaux, les sources sont plus variables d'un réseau à l'autre. La présence d'éléments, comme l'aluminium ou le calcium, est généralement attribuée à des sources externes mais peut dans certains cas avoir une origine interne telle que l'usure des matériaux de construction, du ballast ou l'utilisation d'abrasif ou antidérapant ainsi que les freins. Cela est dépendant du type de matériels roulants (âge et composition).

#### Niveaux rencontrés dans les rames

Comme sur les quais, le fer dans l'air intérieur des rames reste l'élément majoritaire représentant 45 à 78 % des métaux prélevés. Cette teneur en fer est différente d'une ligne à une autre ; elle est la plus basse (45 %) sur la ligne B et la plus élevée (78 %) sur la ligne D. La présence importante de fer reste caractéristique des enceintes ferroviaires souterraines et les différences de proportion de fer entre les différentes lignes sont dépendantes en premier lieu des émissions liées au roulage, des modèles de rames et de la configuration et ventilation des stations

Par rapport à 2022, sans surprise, cette teneur en fer varie très peu sur les lignes A (de 60 à 64 %) et D (de 76 à 78 %) alors que sur la ligne B, cette variation est plus importante (de 59 % en 2022 contre 45 % en 2023). Nous observons donc également sur les métaux l'efficacité de la modernisation des rames de la ligne B, bénéfique pour l'air intérieur des rames et de leurs usagers.

Sur les graphiques suivants, l'ensemble des métaux est pris en compte dans la répartition. Cependant, certains à très faible pourcentage ne sont pas « visibles ».

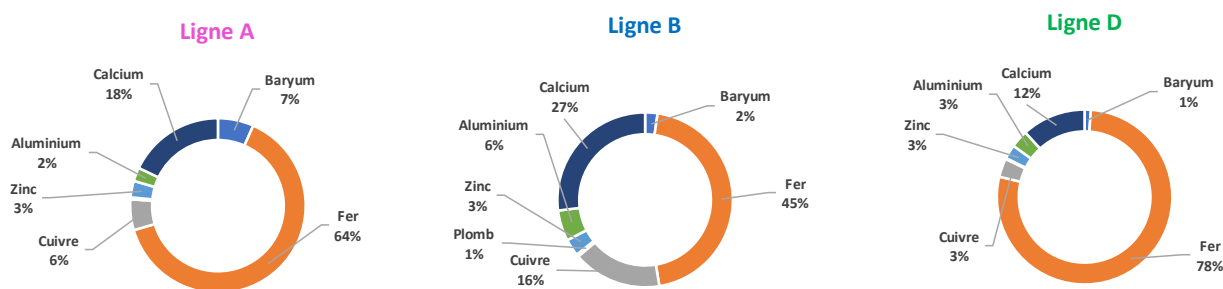


Figure 13 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en %) par ligne

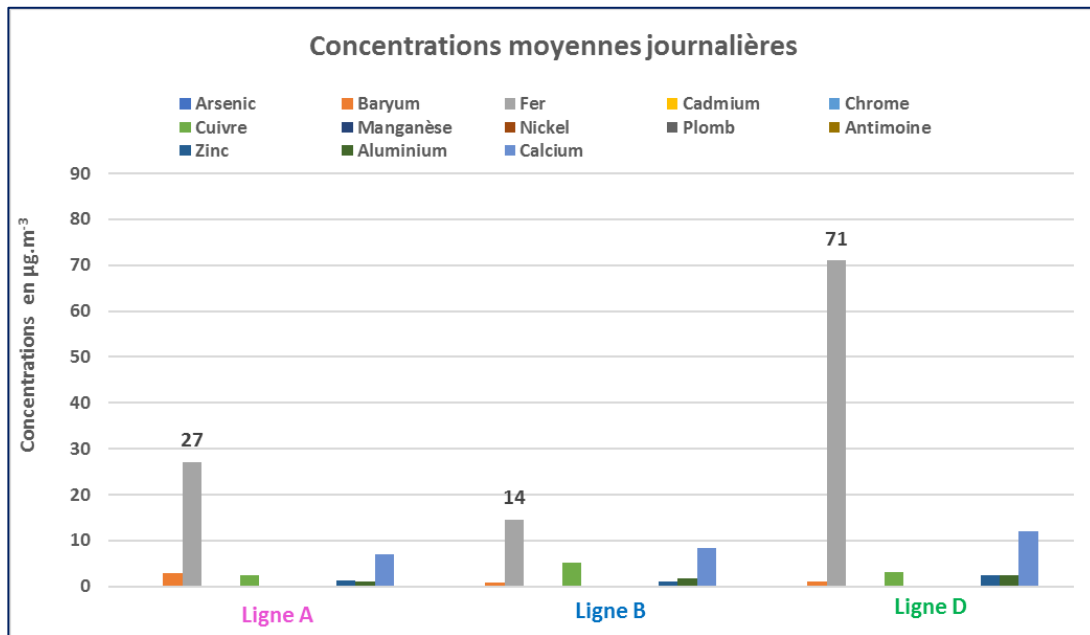


Figure 14 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en µg.m<sup>-3</sup>) par ligne

Les niveaux de fer sur les lignes A et B sont du même ordre de grandeur. Ils sont en baisse par rapport à 2022 passant de 48 à 27 µg.m<sup>-3</sup> sur la ligne A et de 56 à 14 µg.m<sup>-3</sup> sur la ligne B. Les niveaux de fer sur la ligne D sont, quant à eux, 3,5 fois plus élevés en moyenne que sur les autres lignes mais ils baissent (de 89 µg.m<sup>-3</sup> à 71 µg.m<sup>-3</sup>) par rapport à ceux relevés en 2022.

A titre indicatif, les concentrations en fer sont comparées à celles effectuées durant les études « 15 jours » (campagne 2023) sur les quais de « Saxe-Gambetta », « Bellecour » et « Vieux Lyon » (cf. paragraphe 4.3.2)

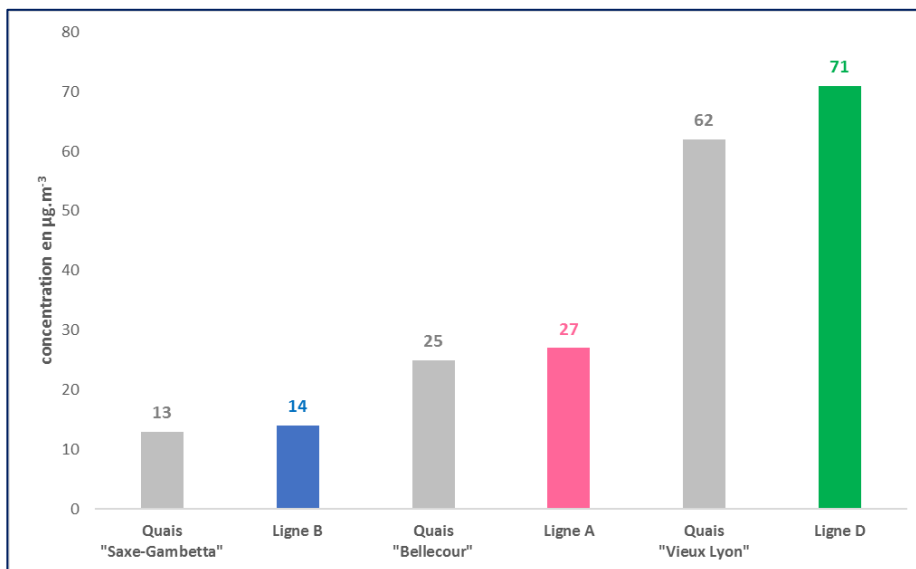


Figure 15 - Mesures « rames » - Concentrations moyennes sur la période en fer (en µg.m<sup>-3</sup>) lignes/Quais

Les concentrations en fer sont du même ordre de grandeur dans la rame de la ligne B et sur les quais de « Saxe-Gambetta » (station située sur la ligne B). Les concentrations enregistrées sont les plus basses et elles ont été réalisées après la mise en circulation (juin 2022) des nouvelles rames de métro ; ce qui démontre une nouvelle fois la forte amélioration des résultats sur les quais et à l'intérieur des rames de la ligne B.

Sur les lignes A et D, les concentrations en fer sont également du même ordre de grandeur que celles enregistrées sur les quais. Un écart est cependant observé sur la ligne D avec les résultats des quais de « Vieux Lyon » à l'inverse de 2022 mais cette comparaison indicative n'autorise aucune conclusion sur ce sujet.

Remarque : il est nécessaire de rester vigilants sur ces comparaisons entre les quais et l'intérieur des rames puisque les campagnes de mesures n'ont pas été réalisées de manière simultanée durant les mêmes durées et les mêmes périodes et au même endroit.

Les autres métaux analysés (baryum, calcium, zinc, cuivre, ...), présents en quantité moins importante que le fer, se répartissent (hors fer) de la manière suivante :

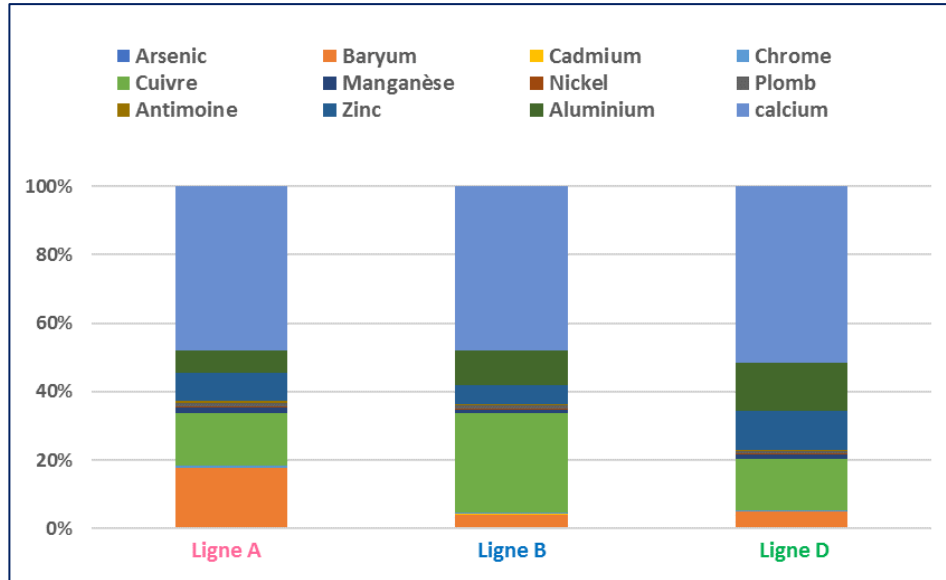


Figure 16 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en %) hormis le fer, par ligne

Parmi les différences entre les 3 lignes de métro, on peut souligner :

- une répartition des métaux globalement équivalente sur les lignes B et D, mais différente de la ligne A.
- le baryum est plus présent dans les métaux sur la ligne A (19 %) que sur les lignes B et D (4 %). Il serait utile de rechercher s'il y a plus de baryum dans les matériaux des équipements de la ligne A.
- la part de cuivre (25 %) est plus importante sur la ligne B que sur les lignes A et D (13 %). Il serait utile de rechercher s'il y a plus de cuivre dans les matériaux des équipements de la ligne B.

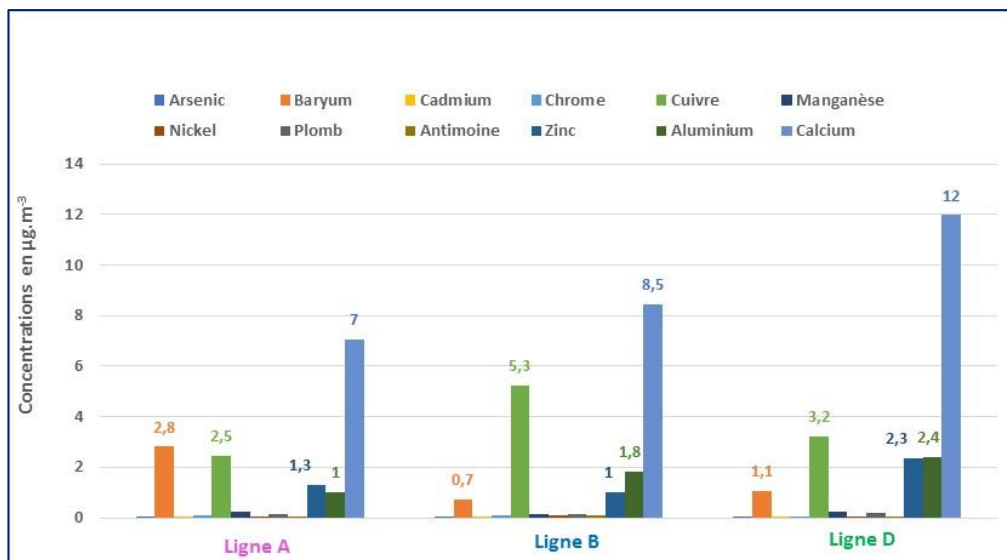


Figure 17 - Mesures « rames » - Concentrations des autres métaux (en µg.m<sup>-3</sup>) par ligne

Comme dans l'analyse des proportions, ces métaux se distinguent aussi en concentration sur la ligne A, c'est-à-dire plus de baryum et moins de cuivre.

Même si les niveaux ne sont pas comparables, les concentrations en métaux relevées dans les EFS sont bien au-dessus de celles enregistrées en air extérieur.

### 3.3.3. Niveaux de confinement et paramètres de confort

#### Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) – indicateur de confinement

Il n'existe pas de valeur de référence en CO<sub>2</sub> pour les EFS. Toutefois, afin d'évaluer le niveau de renouvellement d'air dans les rames, il est utile de se référer par exemple au HCSP (Haut Conseil de Santé Publique) qui définit une valeur repère de 800 ppm de CO<sub>2</sub> comme objectif d'un renouvellement de l'air satisfaisant des locaux occupés, et une valeur d'action rapide fixée à 1500 ppm. Le RSD (Règlement Sanitaire Départemental), quant à lui, recommande de se situer en dessous d'un seuil de 1 000 ppm. Ces mesures peuvent être qualifiées d'indicateur de confinement.

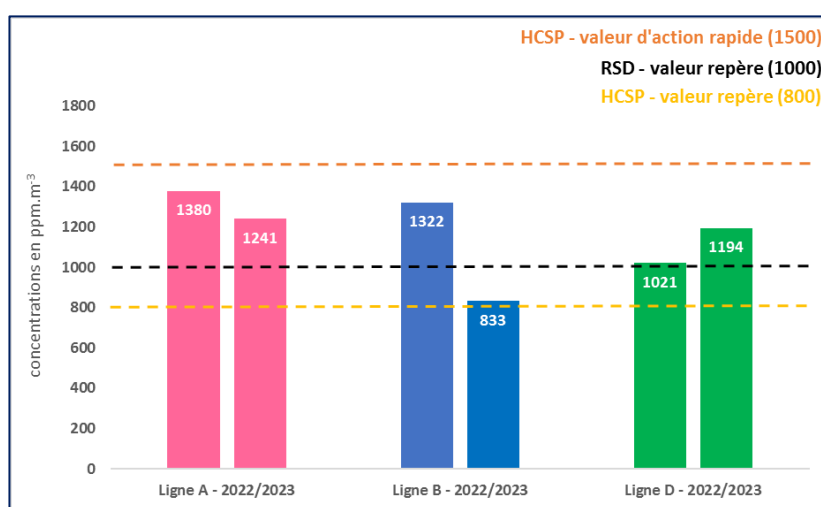


Figure 18 - Mesures « rames » - Moyennes CO<sub>2</sub> (en ppm) par ligne

En comparaison à 2022, les niveaux en dioxyde de carbone – CO<sub>2</sub> mesurés en 2023 dans les rames restent dans le même ordre de grandeur pour les lignes A et D. Ces variations sont très dépendantes de l'occupation des rames au moment des mesures et de l'état de la ventilation qui est par ailleurs asservie à la fréquentation.

En revanche, la diminution sensible des niveaux sur la ligne B démontre probablement l'efficacité de la modernisation de la rame et de son système de renouvellement d'air. Il serait utile de vérifier cette hypothèse avec le Sytral.

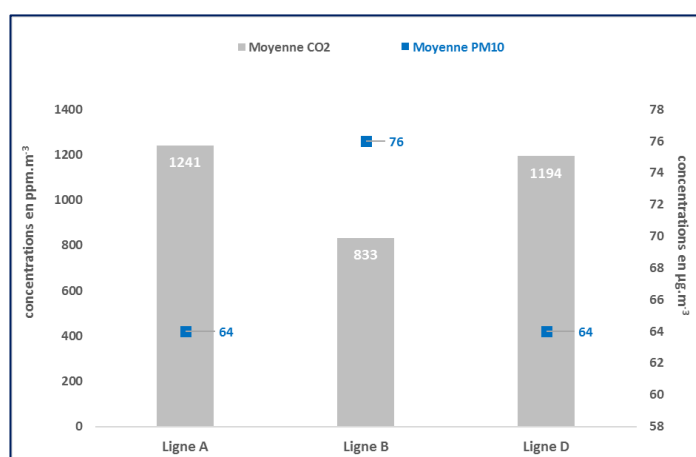


Figure 19 - Mesures « rames » - Moyennes CO<sub>2</sub>/PM<sub>10</sub> par ligne

En première approche, les concentrations moyennes en PM10 (source extérieure) et en CO<sub>2</sub> (Source intérieure produite par la respiration des voyageurs) de chacune des lignes ne sont pas corrélées. L'efficacité de la ventilation des rames de la ligne B est avérée par la mesure du CO<sub>2</sub>, cependant l'air intérieur des rames reste dépendant des niveaux de particules dans le métro et sur les quais. L'air "neuf" des rames étant pris à l'extérieur de la rame, il est probable que le dispositif ne soit pas équipé de filtre à particules.

### **La température (T°) et l'humidité relative (HR) – paramètres de confort**

La température moyenne (calculée sur les 3 trajets) la plus élevée est de 23,9 °C et concerne la ligne D. Le taux d'humidité le plus élevé a été enregistré sur la ligne B (50 %). En comparaison, le taux d'humidité recommandé en environnement intérieur se situe entre 40 et 60%.

Comme en 2022, ces 2 paramètres de confort n'ont a priori pas de lien évident avec les niveaux de particules mesurés dans les rames.

## **3.4. Conclusion**

En 2023, l'exposition des usagers a été réévaluée pour la seconde fois dans les habitacles des rames de métro (une première étude avait été réalisée en 2022). Des mesures de particules (PM10 et PM2,5), de métaux et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ont été réalisées dans les habitacles des lignes A, B et D. La température et l'humidité ont également été suivies.

D'une manière générale, les résultats de 2023 sont du même ordre que ceux de 2022 sur l'ensemble des paramètres des lignes A et D, et il convient de rester prudent sur les variations 2022/2023 et les considérer comme indicatives compte-tenu de l'échantillonnage temporel qui est de 3 jours de mesures dans les rames sur chacune des lignes.

En revanche, une évolution très intéressante est à constater concernant les résultats de la ligne B, que cela soit en particules (PM10 et PM2.5) ou en niveaux de CO<sub>2</sub> dans ces nouvelles rames mises en service courant 2022. Dans les rames de la ligne B, la baisse est très significative, de l'ordre de 70 % pour les PM2.5 et 25% pour les PM10. Cette amélioration permet de rejoindre les résultats des autres lignes. Le renouvellement d'air est également amélioré dans les rames de la ligne B.

En comparaison des mesures réalisées en continu sur les quais de Saxe-Gambetta, les concentrations sont 2 fois moins élevées dans les rames de la ligne D et elles sont 1,5 fois moins élevées dans les rames des lignes A et B.

Concernant les métaux lourds, et comme sur les quais, le polluant majoritaire reste le fer sur la ligne A (64 %) et la ligne B (45 %). C'est également le polluant dominant sur la ligne D mais en quantité plus importante (78 %). La répartition des autres métaux montre quelques différences entre les lignes qu'il serait utile de comprendre ; par exemple une proportion de Baryum plus importante sur la ligne A ou de Cuivre plus présente sur la ligne B.

Sur les paramètres de confort, notamment le renouvellement d'air, les résultats peuvent être considérés comme satisfaisants compte-tenu du temps passé par les usagers dans les rames, et assez proches des valeurs repères.

## 4. Etude « 15 jours » sur les quais

### 4.1. Sites de mesure et polluants étudiés

Depuis 2020, les sites pour les études « 15 jours » sur les quais étaient retenus à la suite de l'étude de hiérarchisation qui consistait à réaliser des mesures ponctuelles, avec du matériel léger, dans l'ensemble des stations du métro. Les études de hiérarchisation réalisées en 2020, 2021 et 2022 avaient donné les classements suivants :

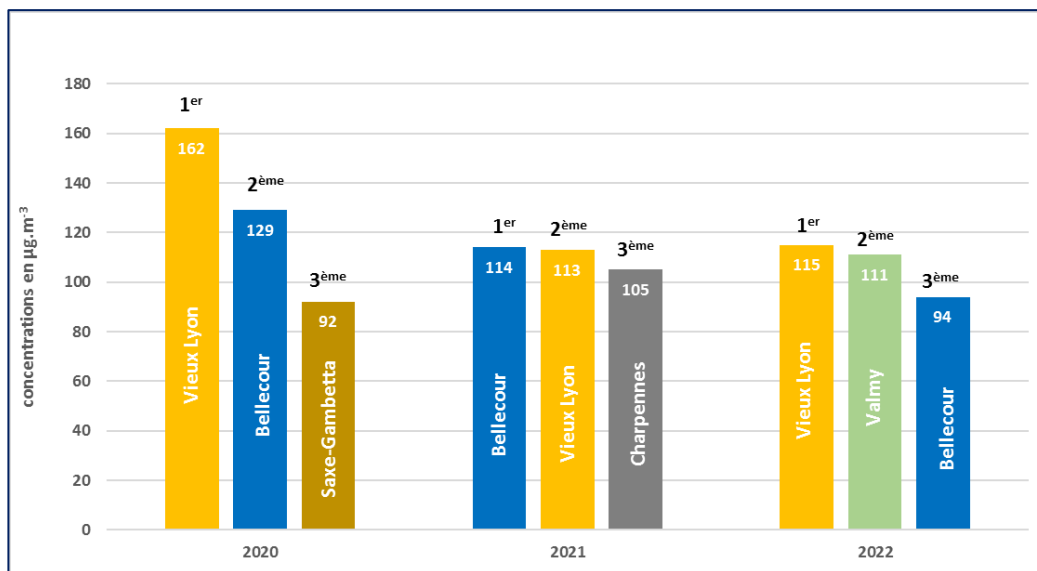


Figure 20 - Classement des études de hiérarchisation depuis 2020 – Moyennes PM10 « 15 min »

Etant donné que le classement a très peu évolué depuis 2020, l'étude de hiérarchisation en 2023 n'a pas été réalisée. Les stations qui ont donc été sélectionnées pour réaliser une campagne complémentaire sont toujours « Bellecour » et « Vieux Lyon », en plus de la station « Saxe-Gambetta ».



Figure 21 - Station de métro « Bellecour » et « Vieux Lyon »

Comme pour les années précédentes, les polluants prospectés sont les particules (PM10 et PM2,5) et les métaux dans la fraction PM10 des particules (fer, baryum, cuivre, zinc, antimoine, manganèse, nickel, plomb, arsenic, cadmium, chrome, aluminium et calcium).



## 4.2. Période de mesure et matériel mis en œuvre

Dans le but d'être représentative d'une période standard d'exploitation du métro et comme indiqué dans le protocole national, les mesures ont été réalisées hors périodes de vacances scolaires et dans l'ordre suivant : « Saxe-Gambetta » du 2 au 16 octobre 2023 inclus, « Vieux Lyon » du 6 au 20 novembre 2023 inclus puis « Bellecour » du 16 janvier au 2 février 2024 inclus.

Les systèmes de mesure mis en œuvre pour cette campagne de mesure sur les 3 stations sont :

- Un préleveur bas-débit de type « Partisol » pour les métaux avec une tête de prélèvement des PM10 : prélèvement sur filtre (1 prélèvement de 24 heures par jour sur au moins 14 jours consécutifs) avec analyse différée des filtres en laboratoire.
- L'analyseur automatique TEOM 1405D de référence (celui utilisé à Saxe-Gambetta pour la mesure des poussières PM10 et PM2,5). Les mesures ont été réalisées en continu (24h/24, 7j/7) et sur au moins 14 jours consécutifs, dans la mesure du possible.

## 4.3. Résultats

Les résultats détaillés des particules PM10 et PM2,5 ainsi que des métaux sont présentés dans les *annexes 7 à 12*, sous forme de quatre tableaux distincts pour les périodes suivantes :

- Sur la totalité de la campagne de mesures ;
- Sur les jours de semaine ;
- Sur les week-ends ;
- Sur les périodes de pointe en semaine, uniquement pour les particules PM10 et PM2,5 (non disponible pour les métaux étant donné que ce sont des résultats journaliers).

### 4.3.1. Les particules PM10 et PM2,5

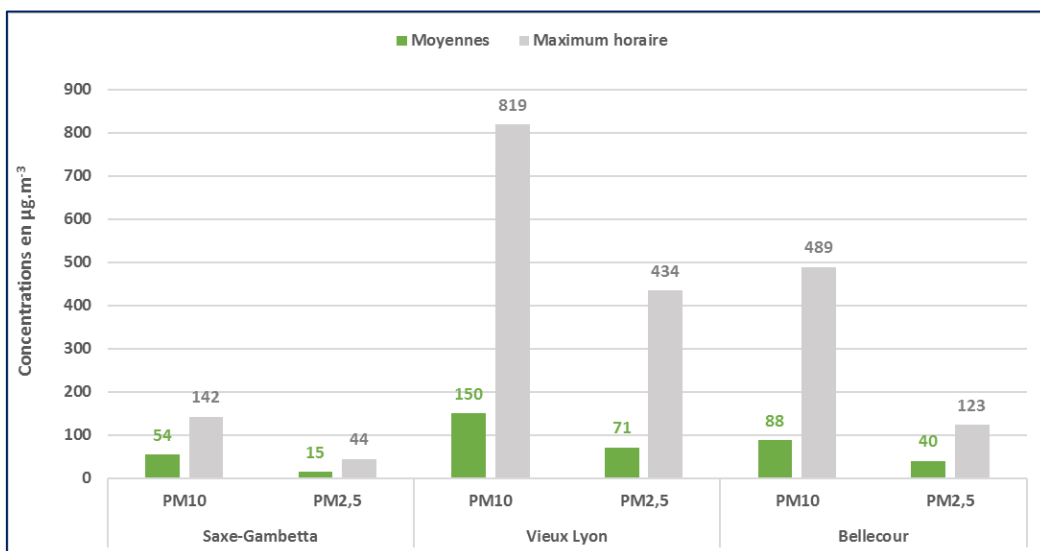


Figure 22 - Etude « 15 jours » - Moyenne et max horaire en PM10 et PM2,5 par station

Cette année encore, la **station « Vieux Lyon »** montre les plus fortes concentrations moyennes en PM10 (150 µg.m<sup>-3</sup>) confirmant ainsi la 1<sup>ère</sup> place constatée lors de l'étude de hiérarchisation de 2022 et ses niveaux de particules PM10 (115 µg.m<sup>-3</sup>).

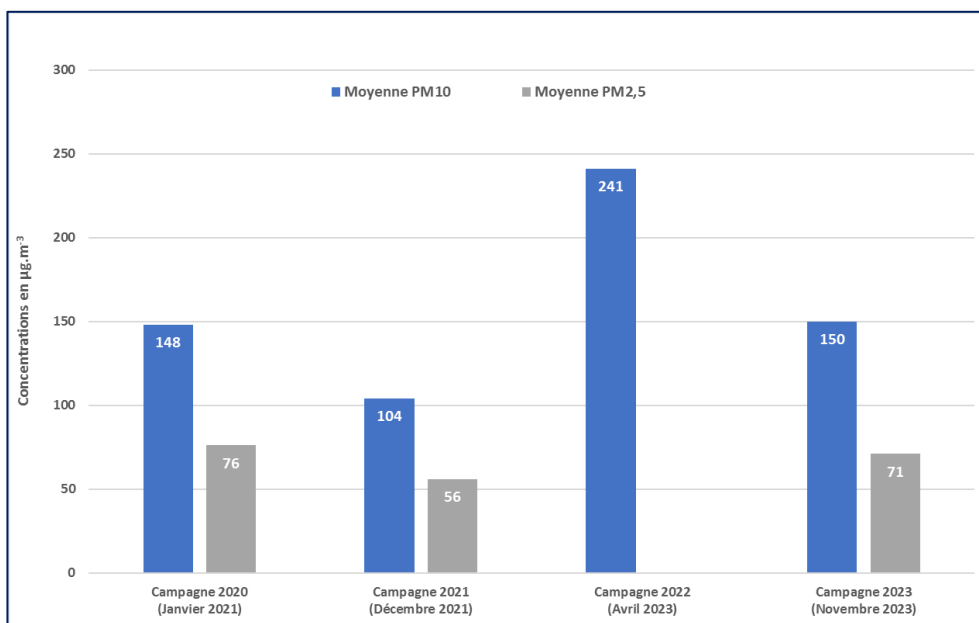


Figure 23 - Etude « 15 jours » - Vieux-Lyon – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes

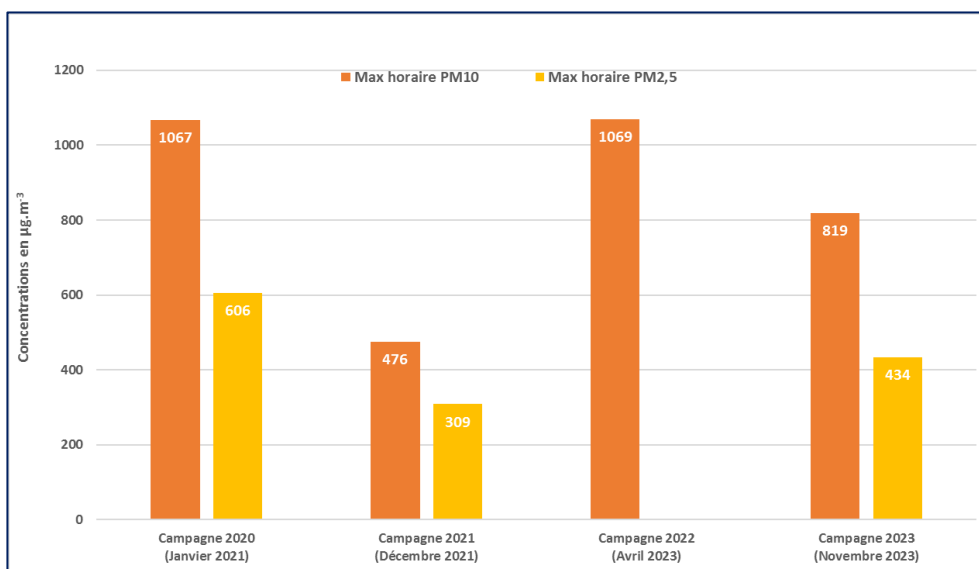


Figure 24 - Etude « 15 jours » - Vieux-Lyon – Evolution des max horaire PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes

Par rapport à l'étude « 15 jours » réalisée en 2022, les niveaux moyens enregistrés à « Vieux Lyon » sont en baisse ; la moyenne en PM10 passe de 241 µg.m<sup>-3</sup> à 150 µg.m<sup>-3</sup> et elle est du même ordre de grandeur que celles enregistrées en 2020 et 2021. . Les niveaux enregistrés en PM2,5 (71 µg.m<sup>-3</sup>) restent globalement stables par rapport aux campagnes précédentes.

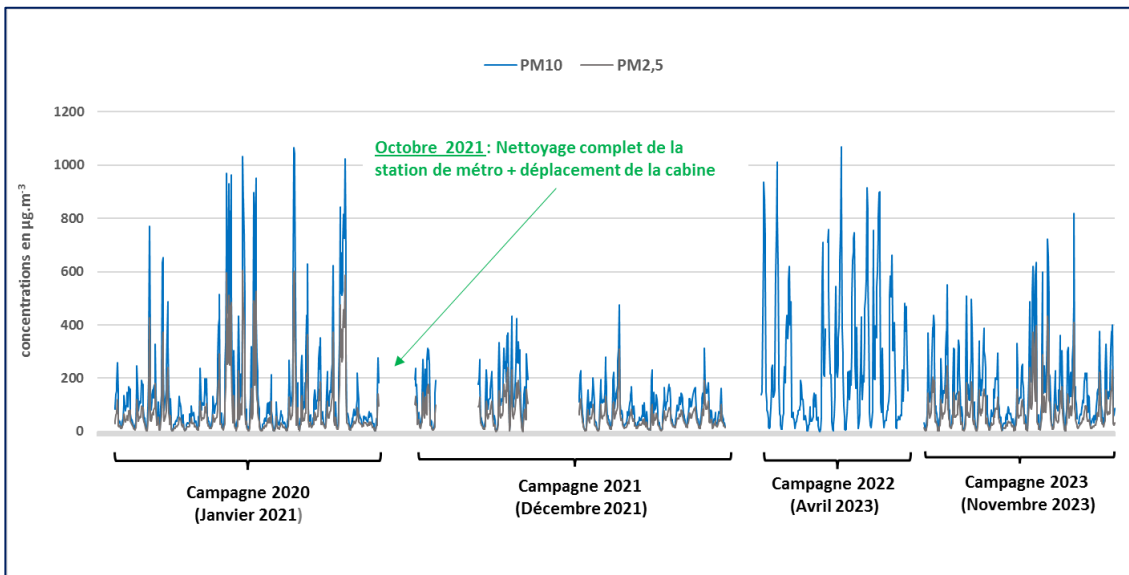


Figure 25 - Etude « 15 jours » - Vieux-Lyon – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes

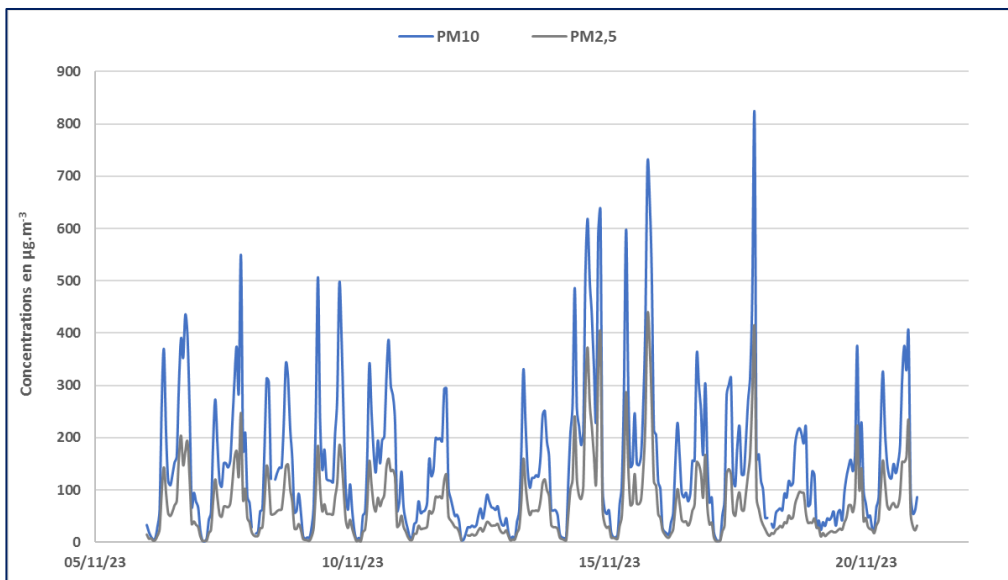


Figure 26 - Etude « 15 jours » - Vieux Lyon - Evolution des concentrations horaires des particules PM10/PM2,5 du 6 au 20 novembre 2023 (campagne 2023)

La baisse des concentrations constatée durant la 2<sup>ème</sup> campagne (décembre 2021) était liée au nettoyage complet de la station et au déplacement, de quelques mètres, de la station qui se trouvait initialement sous des conduits d'aération très empoussiérés.

Depuis, l'accumulation des poussières dans la station (2 an et demi après le dernier nettoyage), la remise en suspension régulière des particules par les usagers (fréquentation des usagers) et la circulation des rames de métro ont entraîné une nouvelle hausse des niveaux de particules PM10 (campagne 2022). En 2023, même si les concentrations restent encore élevées (campagne 2023), on note tout de même une diminution des niveaux par rapport à 2022 qu'il serait utile de comprendre et analyser avec le Sytral.

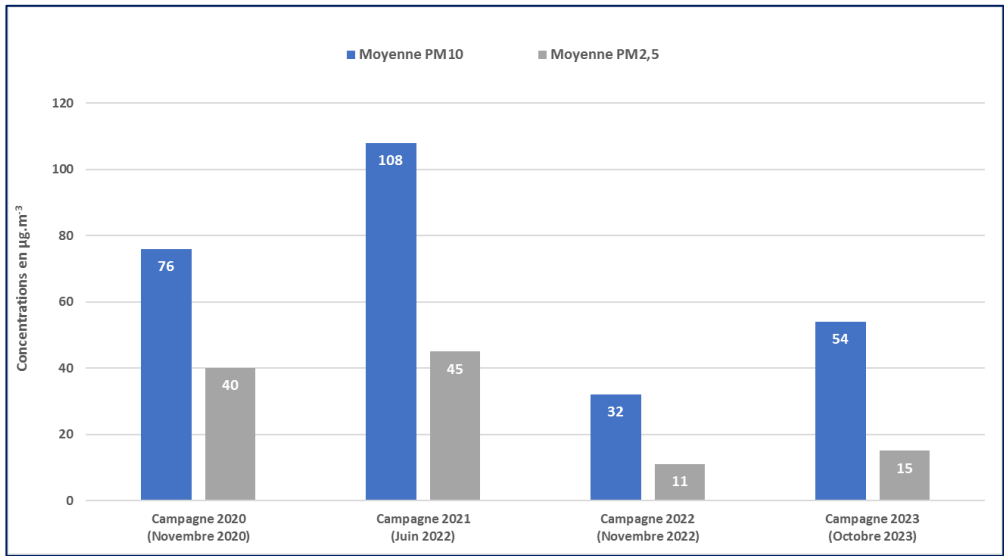


Figure 27 - Etude « 15 jours » - Saxe-Gambetta – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes

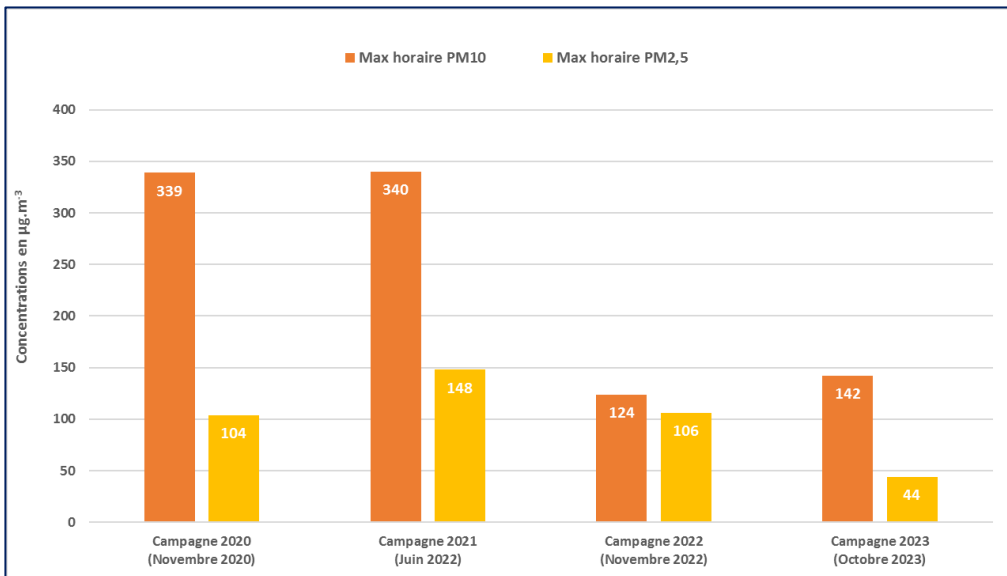
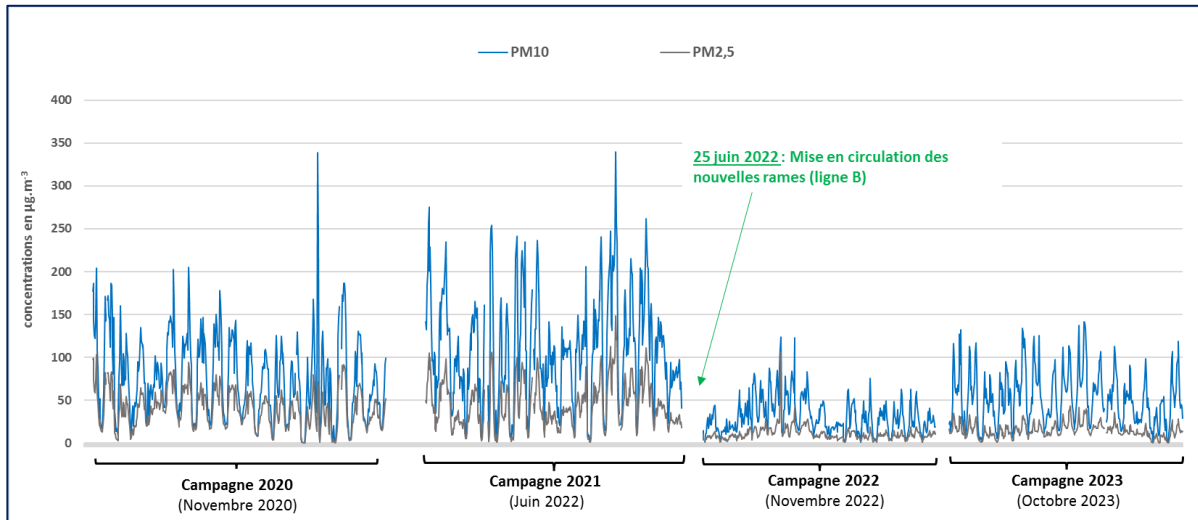
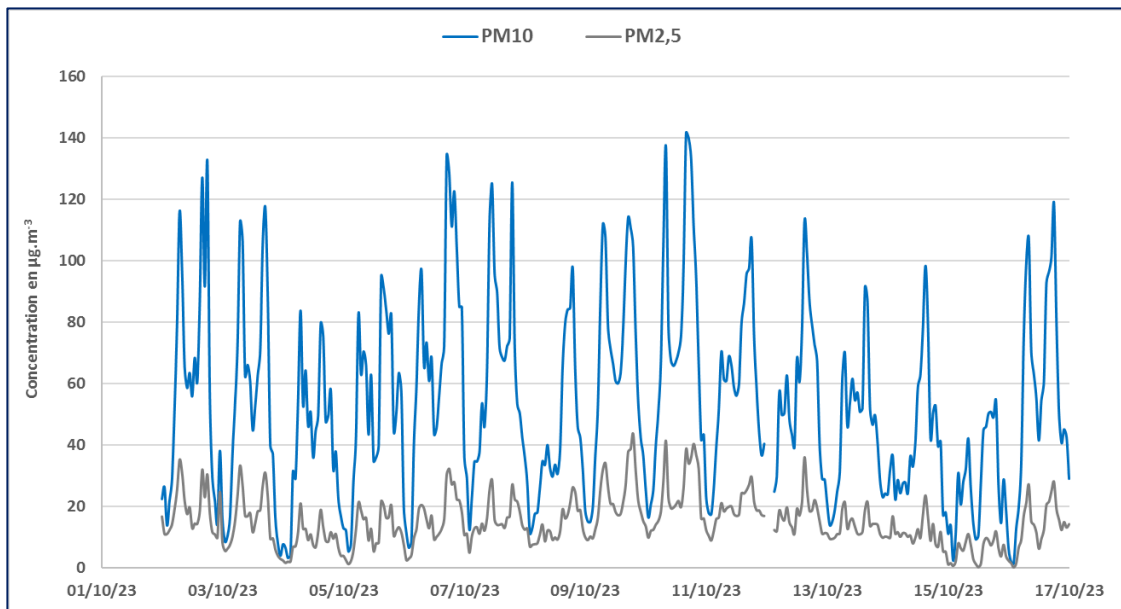


Figure 28 - Etude « 15 jours » - Saxe-Gambetta – Evolution des max horaire PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes

La station « **Saxe-Gambetta** » enregistre des moyennes en PM10 et PM2,5 sur 15 jours (correspondante à la campagne avec la mesure des métaux) respectivement de 54 µg.m<sup>-3</sup> et de 15 µg.m<sup>-3</sup>. Contrairement aux observations faites à « Vieux Lyon », les niveaux enregistrés à « Saxe-Gambetta » sont en légère hausse entre les 2 campagnes de 15 jours (2022 et 2023), surtout pour les particules PM10.



**Figure 29 - Etude « 15 jours » - Saxe-Gambetta – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5**



**Figure 30 - Saxe-Gambetta - Evolution des concentrations horaires des particules PM10 et PM2,5 du 2 au 16 octobre 2023 (campagne 2023)**

Malgré tout, les concentrations enregistrées durant la campagne 2023 sont en nette baisse en comparaison des campagnes 2020 et 2021 et elles confirment la baisse enregistrée en 2022, en lien avec la mise en circulation des nouvelles rames de métro sur la ligne B.

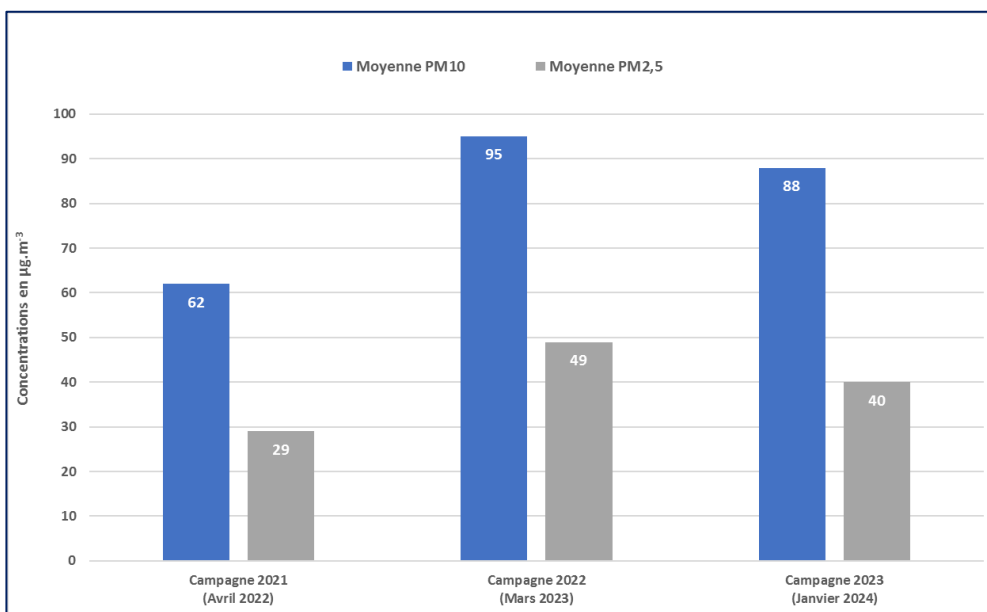


Figure 31 - Etude « 15 jours » - Bellecour – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes

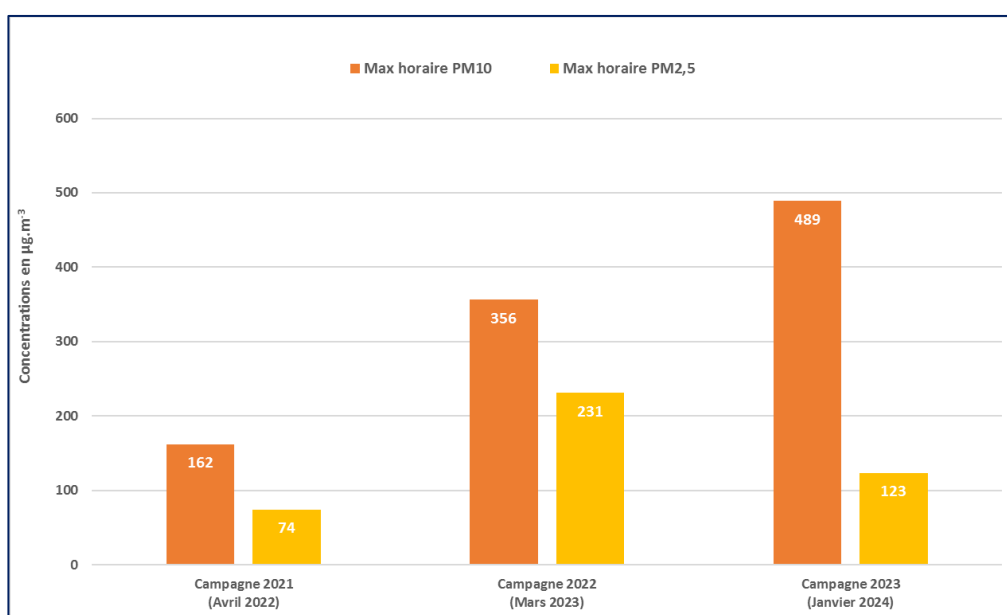


Figure 32 - Etude « 15 jours » - Bellecour – Evolution des max horaire PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes

Confirmant les résultats de l'étude de hiérarchisation de 2022, les niveaux moyens enregistrés à « Bellecour » se situent entre les 2 stations de Saxe-Gambetta et Vieux Lyon, avec une moyenne en PM10 à 88 µg.m<sup>-3</sup> (et en PM2,5 à 40 µg.m<sup>-3</sup>) contre une estimation des PM10 à 94 µg.m<sup>-3</sup> à Bellecour lors de l'étude (approximativement les mêmes ordres de grandeur).

De plus, les concentrations moyennes relevées durant cette campagne « 15 jours » de 2023 sont en baisse par rapport à celle de 2022 (- 7 % pour les PM10 et - 18 % pour les PM2,5), contrairement à la concentration maximum horaire pour les PM10 qui est en augmentation (facteur 1,5) d'une campagne à l'autre.

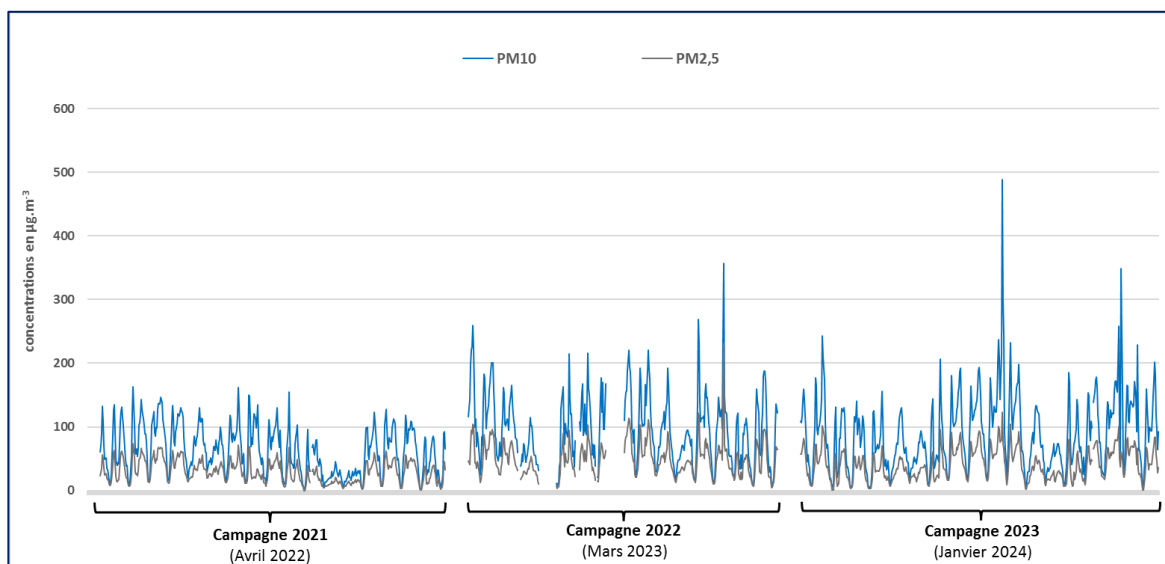


Figure 33 - Etude « 15 jours » - Bellecour – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5 sur l'ensemble des campagnes

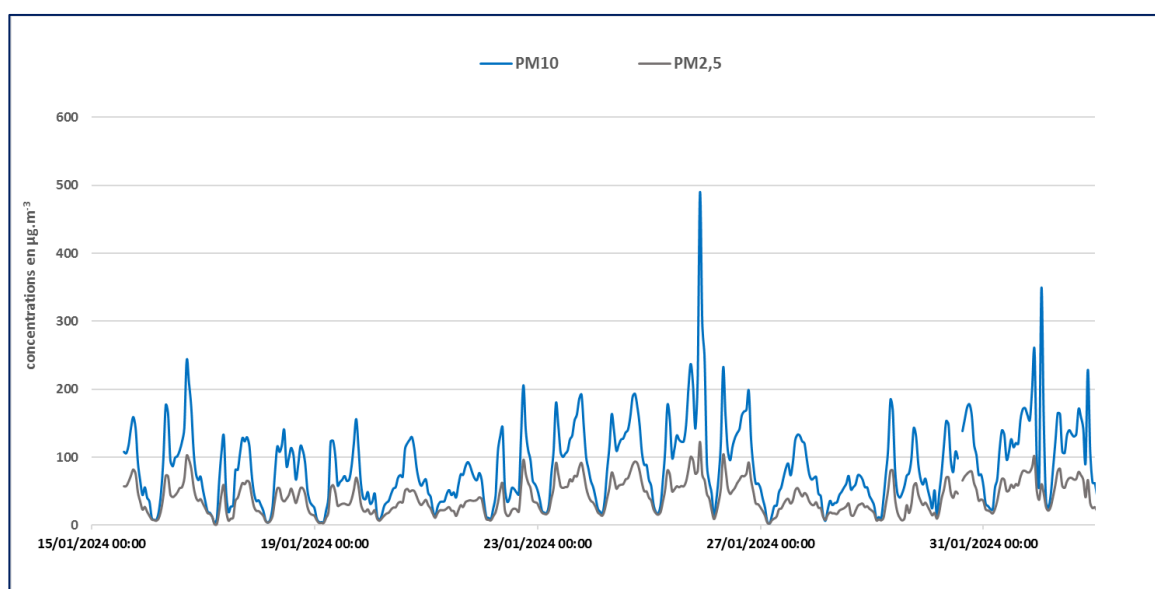


Figure 34 - Bellecour - Evolution horaire des particules PM10 et PM2,5 du 16 janvier au 2 février 2024

Les concentrations horaires enregistrées à Saxe-Gambetta et Bellecour durant ces 15 jours d'étude respectent globalement la valeur de référence sur une heure en PM10 de l'ANSES (CSout\_Lim à  $480 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) à l'exception d'un seul dépassement à Bellecour. La valeur de l'ANSES (CSout\_OMS) fixée à  $140 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , quant à elle, est très souvent dépassée à Bellecour, contrairement à Saxe-Gambetta où un seul dépassement à  $141 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a été enregistré.

Concernant les PM2,5, la valeur de référence de l'ANSES (CSout\_OMS) fixée à  $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  n'a jamais été dépassé à Saxe-Gambetta contrairement à Bellecour où des dépassements ponctuels ont été enregistrés avec un maximum horaire enregistré à  $123 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

En revanche, avec des concentrations horaires en PM10 et PM2,5 plus élevées, Vieux Lyon enregistre des dépassements réguliers des différentes valeurs de référence de l'ANSES. Le maximum horaire en PM10 a été relevé à  $819 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  le 17 novembre 2023 à 20h en semaine et début de soirée.

L'évolution de ces concentrations horaires, en lien avec ces valeurs de référence est présentée en annexe (*Annexe 13 - Etude « 15 jours » - Situation des niveaux par rapport aux valeurs de référence proposées par l'ANSES (CSout\_OMS et CSout\_Lim)*).

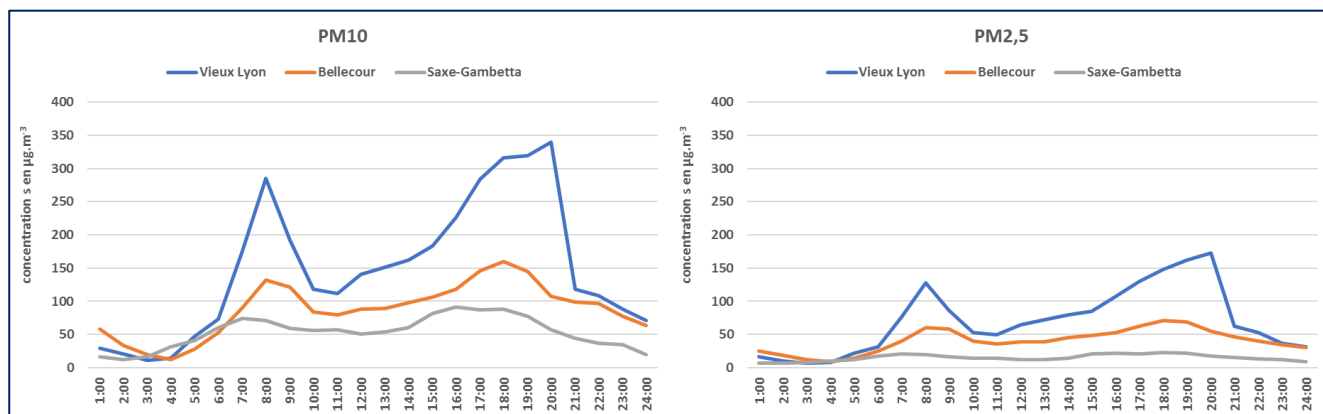


Figure 35 - Etude « 15 jours » - Profils journaliers PM10/PM2,5 en 2023

Les profils journaliers des PM10 et PM2,5 sont assez bien corrélés d'une station à une autre : on retrouve les pointes du matin (7h à 10h) et du soir (16h à 20h) liées à la fréquentation du métro et au nombre de rames en circulation. Les profils de la journée sont beaucoup plus marqués pour les stations de Vieux Lyon et de Bellecour. On observe bien la hiérarchie des concentrations sur les 3 stations et l'amplitude la plus élevée de particules PM10 sur Vieux Lyon. Les niveaux des PM10 et PM2.5 à Saxe-Gambetta marquent bien moins les heures de pointes, et montrent l'atténuation des émissions de particules, particulièrement en pointe, en lien avec la modernisation des rames de 2022.

Concernant « Vieux Lyon », il est très utile de constater que les niveaux de nuit (fermeture du métro de minuit à 5h du matin) sont au même niveau que ceux de Bellecour, ce qui indique bien un lien très marqué avec l'activité relative à la circulation des rames durant la journée. La forte baisse des niveaux à partir de 24h confirme le phénomène de dépôt des particules au sol pendant la nuit.

Les résultats obtenus dans la station de « Vieux Lyon » sont encore élevés cette année et différents des deux autres stations. Ces résultats ont fait l'objet d'une analyse et d'une recherche de l'origine de ce phénomène avec SYTRAL Mobilités. De nouvelles mesures à Vieux Lyon devraient être réalisées en 2024.

### 4.3.2. Les métaux

#### Niveaux rencontrés

Phénomène connu dans les EFS, les proportions de métaux dans les particules sont bien plus importantes qu'en air extérieur. La part des métaux mesurée dans les particules, en moyenne sur les 15 prélèvements effectués, est différente d'un site à un autre : en moyenne 46 % à Vieux Lyon (52 % en 2022), 36 % à Bellecour (38 % en 2022) et 37 % à Saxe-Gambetta (33 % en 2022) :



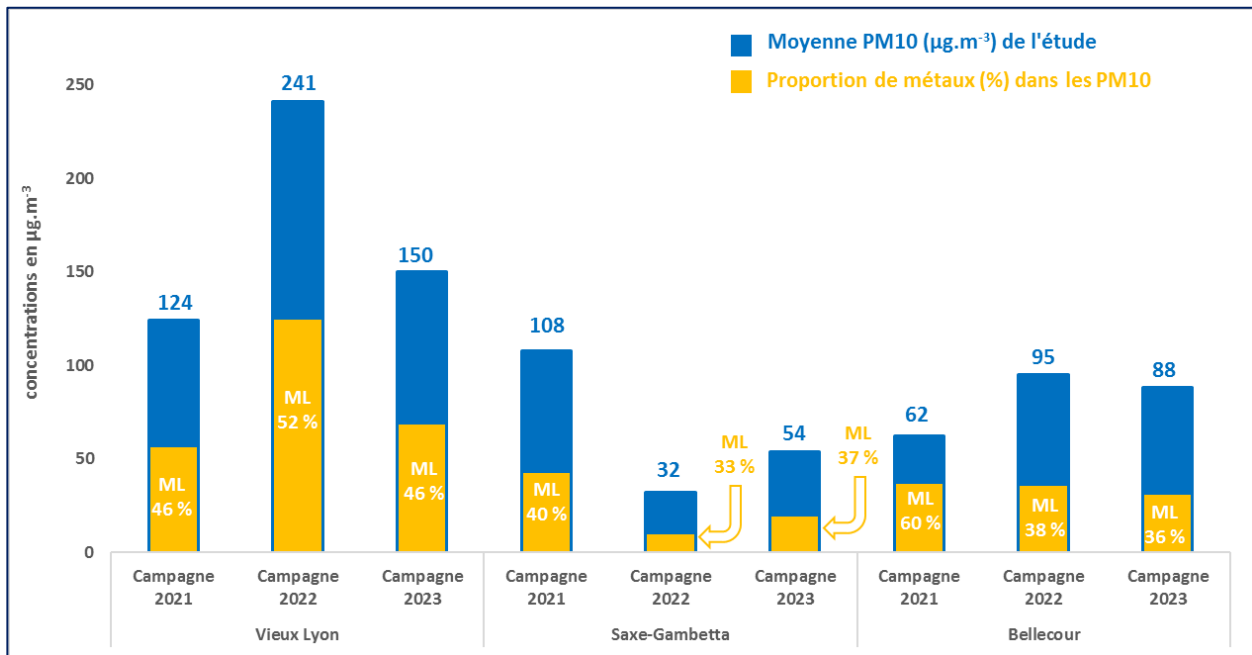
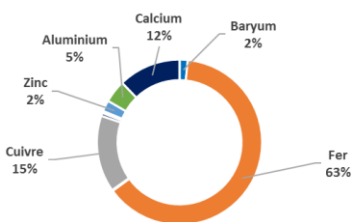


Figure 36 - Etude « 15 jours » - Evolution des niveaux de PM10 et proportion de métaux par station

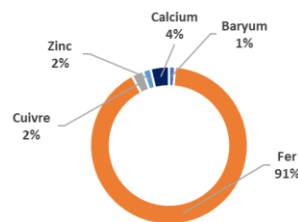
Comme vu précédemment, les niveaux de PM10 à Saxe-Gambetta lors de cette campagne 2023 ont légèrement augmenté par rapport à la précédente, et la proportion de métaux, quant à elle, augmente également (de 33 à 37 %). Pour « Bellecour », la proportion de métaux représente toujours un peu plus du tiers des particules et elle baisse encore par rapport à la campagne 2022. Quant à la station de « Vieux Lyon », avec une diminution des niveaux de particules entre les 2 campagnes (1,5 fois moins), la proportion de métaux en 2023 reste stable à une petite moitié de la quantité de particules.

Comme pour les campagnes antérieures, le fer reste l'élément majoritaire représentant 63 à 91 % des métaux analysés : la présence importante de fer reste caractéristique des enceintes ferroviaires souterraines. Cette teneur en fer varie fortement d'un site à un autre : 63 % à Saxe-Gambetta » (en lien avec la mise en circulation des nouvelles rames sur la ligne B), 78 % à Bellecour (comme en 2022) et jusqu'à 91 % à Vieux Lyon.

Saxe Gambetta - Répartition des métaux



Vieux Lyon - Répartition des métaux



Bellecour - Répartition des métaux

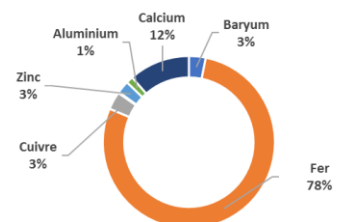


Figure 37 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) par station

Remarque : sur les graphiques, l'ensemble des métaux est pris en compte dans la répartition. Cependant, certains à très faible pourcentage ne sont pas « visibles ».

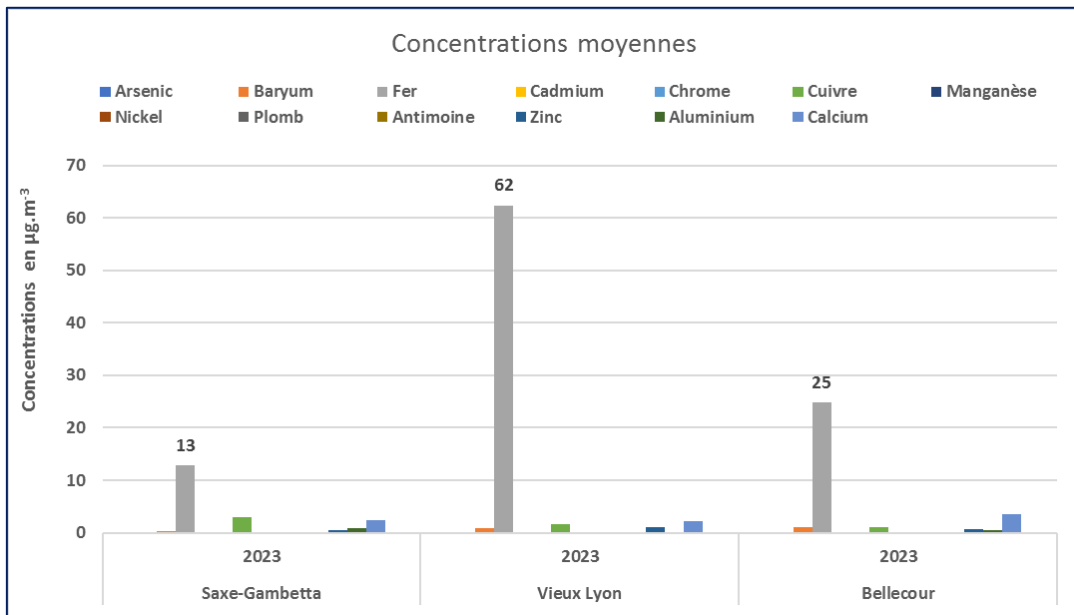


Figure 38 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en µg.m<sup>-3</sup>) par station

Les autres métaux analysés (baryum, calcium, zinc, cuivre, ...), présents en quantité moins importante que le fer, se répartissent de la manière suivante :

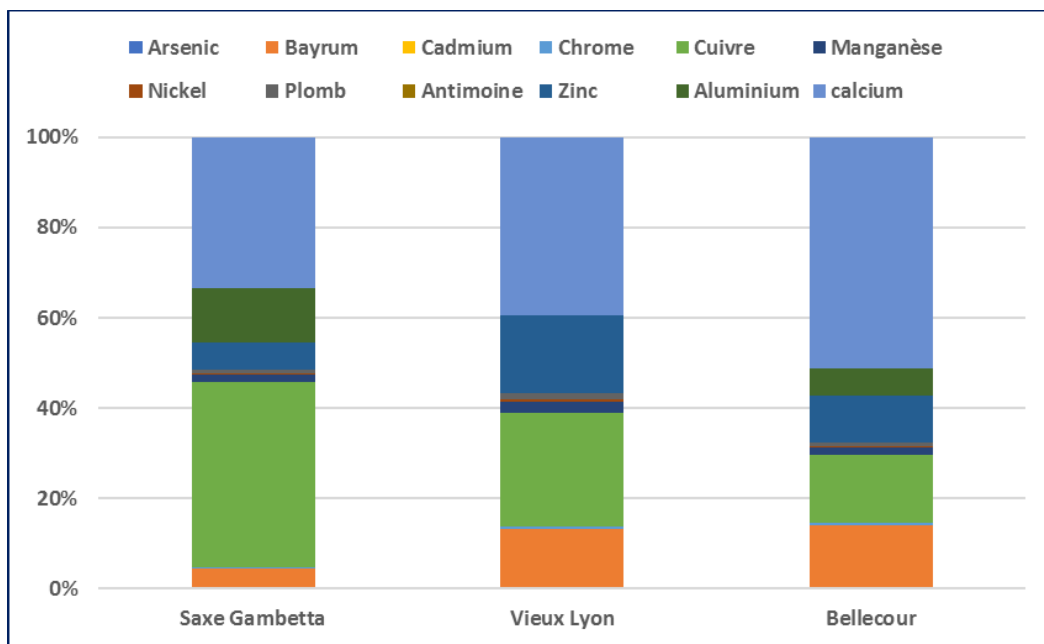


Figure 39 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) hormis le fer, par station

Parmi les différences entre les 3 stations, on peut distinguer :

- Plus de cuivre à Saxe-Gambetta (40 %) qu'à Vieux Lyon (25 %) et Bellecour (17 %). Cela est cohérent avec les analyses réalisées à l'intérieur des rames
- Le Baryum qui est plus présent dans les métaux à « Vieux Lyon » (12 %) et à « Bellecour » (13 %) qu'à « Saxe-Gambetta » (4 %) ; également cohérent avec l'air intérieur des rames
- La part de Zinc est plus importante à Vieux Lyon (18 %) que sur les 2 autre stations.
- Quasiment plus d'aluminium à Vieux Lyon contrairement à Saxe-Gambetta (10 %) et Bellecour (5 %)

Pour « Vieux Lyon », les niveaux en PM10 et la proportion globale de métaux sont en baisse entre 2022 et 2023. En effet, dans le graphique ci-dessous, on constate que cette baisse de proportion est vérifiée pour chacun des métaux.

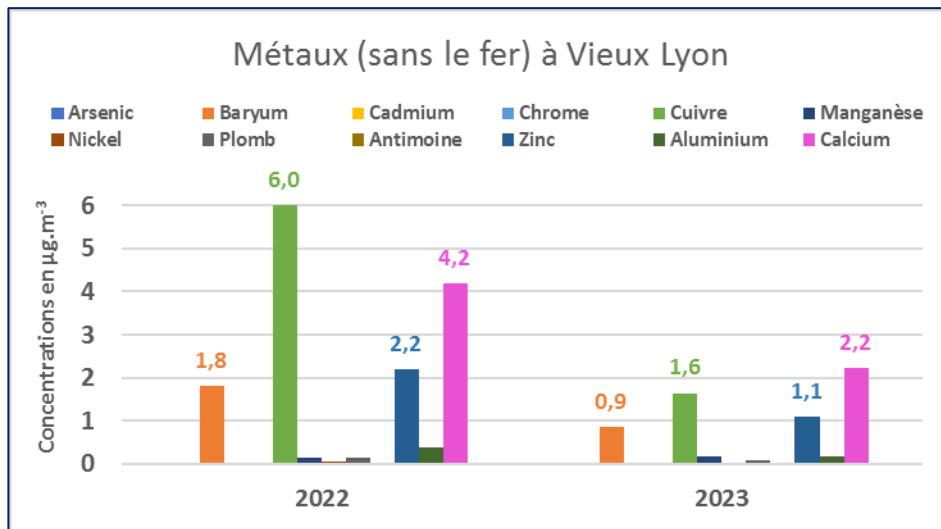


Figure 40 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Vieux Lyon

Avec des niveaux en PM10 en légère hausse entre les 2 campagnes de mesures à Saxe-Gambetta, la proportion de métaux suit la même tendance (de 33 % à 37 % en 2023). Globalement, on observe cette hausse dans la présentation par métal ci-dessous : pas de métal nouvellement présent et un léger déséquilibre qui concerne le Cuivre et le Calcium qui sont analysés en plus grosse quantité cette année.

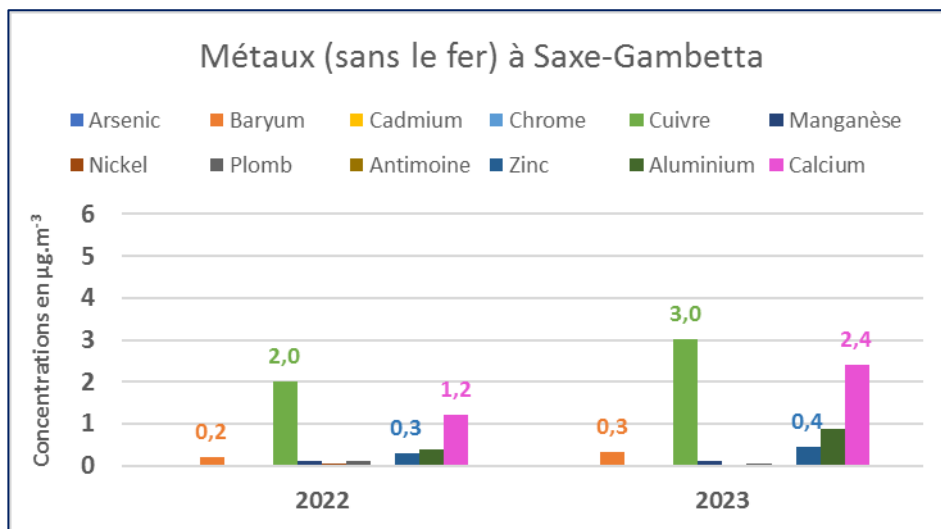


Figure 41 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Saxe-Gambetta

Pour « Bellecour », les niveaux en PM10 sont en baisse entre 2022 et 2023 et la proportion globale de métaux est en légère baisse passant de 38 % à 36 %. Cette diminution reste tout de même moins importante que celle enregistrée entre 2021 et 2022 (quasiment de moitié de 60 à 38 %). Les proportions pour les autres métaux sont stables.

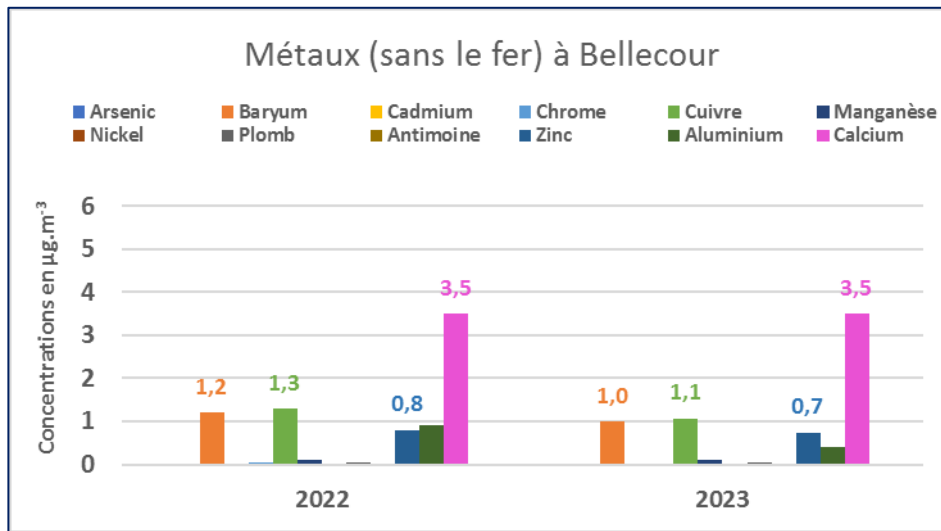


Figure 42 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Bellecour

#### 4.4. Conclusion

Depuis 2020, le classement des études de hiérarchisation a très peu évolué. De ce fait, en 2023, il n'était pas justifié de reconduire une nouvelle étude de hiérarchisation. Malgré tout et comme pour les années précédentes, des mesures complémentaires de PM10, PM2,5 et métaux ont été réalisées dans les stations de « Saxe-Gambetta », « Vieux Lyon » et « Bellecour », lors d'une campagne intensive de 15 jours.

Même si cela ne remet pas en cause les principaux constats, il est nécessaire de rester vigilants sur les comparaisons entre les stations car les campagnes de mesures n'ont pas été réalisées de manière simultanée durant les mêmes périodes.

Concernant les particules PM10 et PM2,5, des niveaux différents ont été mesurés dans les 3 stations : les plus forts à « Vieux Lyon », les plus faibles à « Saxe-Gambetta » et ceux de la station de « Bellecour », s'intercalant au milieu.

Par rapport à la campagne précédente, les concentrations sont en légère hausse à « Saxe-Gambetta » avec des moyennes sur 15 jours à 54 µg.m<sup>-3</sup> pour les PM10 et 15 µg.m<sup>-3</sup> pour les PM2,5 et en baisse à « Bellecour » avec des moyennes sur 15 jours à 88 µg.m<sup>-3</sup> pour les PM10 et 40 µg.m<sup>-3</sup> pour les PM2,5.

L'ensemble des données de « Saxe-Gambetta » et « Bellecour » respecte la valeur « Csout\_Lim » proposée par l'ANSES et fixée à 480 µg.m<sup>-3</sup> pour les particules fines PM10. En revanche, la valeur fixée à 140 (CSout\_OMS) est très souvent dépassée à Bellecour.

Concernant les PM2,5, la valeur de référence de l'ANSES (CSout\_OMS) fixée à 80 µg.m<sup>-3</sup> est respectée à Saxe-Gambetta contrairement à Bellecour où des dépassements réguliers ont été enregistrés.

Les concentrations enregistrées à « Vieux Lyon » sont en baisse par rapport à la campagne précédente mais restent toujours les plus élevées (150 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne pour les PM10 et 71 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne pour les PM2,5) que celles enregistrées sur les deux autres stations. Le site de « Vieux Lyon » enregistre des dépassements fréquents des différentes valeurs de référence de l'ANSES pour les particules PM10 et PM2,5.

L'analyse des résultats confirme certains constats des études de hiérarchisation réalisées les années précédentes :

- des niveaux restant élevés à « Vieux Lyon »,
- des résultats en légère hausse sur « Saxe-Gambetta » par rapport à 2022 mais qui restent en nette amélioration. Cette confirmation est à relier à la mise en circulation des nouvelles rames de métro sur la ligne B.

- pour « Bellecour », des résultats en baisse par rapport à 2022 et du même ordre de grandeur que ceux obtenus par les moyens plus légers utilisés lors de l'étude de hiérarchisation 2022 (en moyenne  $88 \mu\text{g.m}^{-3}$  contre  $94 \mu\text{g.m}^{-3}$  pour les PM10).

Concernant les métaux, et de la même façon que la campagne précédente, le composé majoritaire reste le fer à 63 % à « Saxe-Gambetta » et 78 % à « Bellecour ». C'est également toujours le polluant particulaire dominant dans la station « Vieux Lyon » mais en quantité plus importante que dans les deux autres stations, à savoir une proportion de 91 % de la totalité des métaux.

Les 12 autres métaux mesurés sont présents mais en quantité moins importante et avec des particularités relevées d'une station à une autre.

Au regard des résultats de « Vieux Lyon », la situation nécessite toujours une recherche des causes occasionnant ces niveaux atypiques. Ce travail est en cours par SYTRAL Mobilités et le gestionnaire Keolis, avec l'appui d'Atmo AuRA, dans l'objectif d'identifier des possibilités de réduction des niveaux de particules dans cette station.

## 5. Conclusion générale

Depuis janvier 2020, un suivi permanent de la qualité de l'air dans le métro lyonnais est en place, avec des mesures en continu, et mises à disposition grâce à une diffusion publique en direct sur les sites internet des TCL et d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Dans le cadre des recommandations de l'INERIS sur les méthodes de suivi de la qualité de l'air dans les EFS, les partenaires SYTRAL Mobilités et Atmo Auvergne-Rhône-Alpes ont souhaité aller plus loin que ces préconisations en créant une station permanente de suivi des particules PM10 et PM2,5 sur les quais de la station de métro « Saxe-Gambetta ». Ce dispositif permet également, au moyen de divers matériels de mesures, d'accompagner SYTRAL Mobilités dans l'évaluation de leur plan d'actions ambitieux de réduction des particules dans les stations du métro.

### Station fixe de « Saxe-Gambetta »

Depuis 2020, les mesures de particules PM10 et PM2,5 réalisées à Saxe-Gambetta sont en baisse. Cette baisse est liée à la mise en circulation des nouvelles rames de métro sur la ligne B (courant 2022) mais également aux expérimentations complémentaires de nettoyage et d'épurations de l'air sur les quais réalisés par Sytral Mobilités.

Les concentrations moyennes de 2023 en particules PM10 et PM2,5 poursuit donc une baisse par rapport à 2022 (- 32 % pour les PM10 et – 52 % pour les PM2,5). Les niveaux sont également toujours plus réduits la nuit, le week-end, ou lors de périodes spécifiques, en lien avec les heures d'ouverture du métro et la fréquence des rames.

La valeur de référence proposée par l'ANSES ( $480 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) pour les PM10 est largement respectée en 2023. De plus, les valeurs de référence (CSout\_OMS), fixées respectivement à  $140 \mu\text{g.m}^{-3}$  et à  $80 \mu\text{g.m}^{-3}$  pour les PM10 et le PM2,5, régulièrement dépassées sur le 1<sup>er</sup> semestre de l'année 2022, sont globalement respectées en 2023.

Au regard de ces références, ces résultats peuvent donc être considérés comme satisfaisants. Ils restent néanmoins sensiblement plus élevés qu'en air extérieur : en concentration moyenne annuelle, environ d'un facteur 2,5 pour les PM2,5 et 4 pour les PM10, que l'on se réfère à une station lyonnaise de forte proximité automobile ou par comparaison à une station urbaine de fond. Ces niveaux sont habituellement rencontrés dans les EFS.

### Etude dans les habitacles des rames

Des mesures de particules PM10/PM2,5, de métaux et de dioxyde de carbone ont été réalisées une seconde fois dans les habitacles des rames des lignes A, B et D.

Concernant les particules, les résultats de 2023 sont du même ordre de grandeur que ceux de 2022 pour les lignes A et D. En revanche, les niveaux enregistrés sur la ligne B sont en baisse (-70% pour les PM2,5 et -25% pour les PM10) en lien avec la meilleure performance des nouvelles rames de métro mises en service courant 2022. Le renouvellement de leur air intérieur est également de meilleure qualité compte tenu des résultats en dioxyde de carbone. En comparaison des mesures réalisées en continu sur les quais de Saxe-Gambetta, les concentrations en particules dans les rames sont en moyenne 2,8 fois moins élevées.

Concernant, les métaux, le polluant majoritaire est le fer que l'on retrouve en quantité plus importante (78 %) sur la ligne D.

Les niveaux en dioxyde de carbone mesurés dans les rames des lignes A,B,D sont assez proches des valeurs repères et ils peuvent être considérés comme satisfaisants compte-tenu du temps passé par les usagers dans les rames.

### **Etude « 15 jours » sur les quais**

Sur la base des études de hiérarchisation réalisées depuis 2020 (pas d'étude de hiérarchisation en 2023), le protocole prévoit de retenir 3 stations pour réaliser des mesures plus approfondies sur les quais, durant 15 jours consécutifs, à l'aide d'un appareil de référence et en réalisant des analyses complémentaires de métaux dans les particules PM10. Les stations de « Saxe-Gambetta », « Vieux Lyon » et « Bellecour » ont été sélectionnées pour cette phase.

Cette étude approfondie sur 15 jours pour les PM10 et les PM2,5 a montré :

- les niveaux les plus élevés à « Vieux Lyon » mais en diminution ( $150 \mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne pour les PM10) par rapport à ceux enregistrés lors de la campagne précédente . Ces observations continuent de faire l'objet d'expertises de SYTRAL Mobilités afin d'identifier l'origine de cet écart de résultats avec les deux autres stations.
- Des niveaux en légère hausse à Saxe-Gambetta par rapport à la campagne précédente mais en nette amélioration depuis 2020 et en lien avec la mise en circulation des nouvelles rames de métro sur la ligne B (courant 2022).
- les niveaux en baisse à « Bellecour » avec des moyennes sur 15 jours à  $88 \mu\text{g.m}^{-3}$  pour les PM10 et  $40 \mu\text{g.m}^{-3}$  pour les PM2,5.

Les données de « Saxe-Gambetta » et « Bellecour » respectent la valeur horaire proposée par l'ANSES et fixée à  $480 \mu\text{g.m}^{-3}$  pour les PM10 . Quant à la valeur de référence de l'ANSES fixée à  $140 \mu\text{g.m}^{-3}$  , elle est souvent dépassée à Bellecour. Concernant les PM2,5, la valeur de référence de l'ANSES fixée à  $80 \mu\text{g.m}^{-3}$  est respectée à Saxe-Gambetta, contrairement à Bellecour où des dépassements sont enregistrés.

Le site de « Vieux Lyon » quant à lui, enregistre des dépassements réguliers des différentes valeurs de référence de l'ANSES pour les particules PM10 et PM2,5.

L'étude des 13 métaux dans les particules PM10, sur ces 3 stations, confirme la proportion élevée de métaux dans une enceinte ferroviaire souterraine comme le métro. Le fer y est toujours prépondérant au regard des autres métaux avec une contribution de 63 à 91 % du total des métaux. Les 12 autres métaux étudiés sont mesurés mais en quantité moindre et avec des particularités d'une station à une autre.

Comme pour les particules PM10, la station « Vieux Lyon » se distingue encore en concentration et en répartition des métaux, avec notamment une part plus élevée en fer.

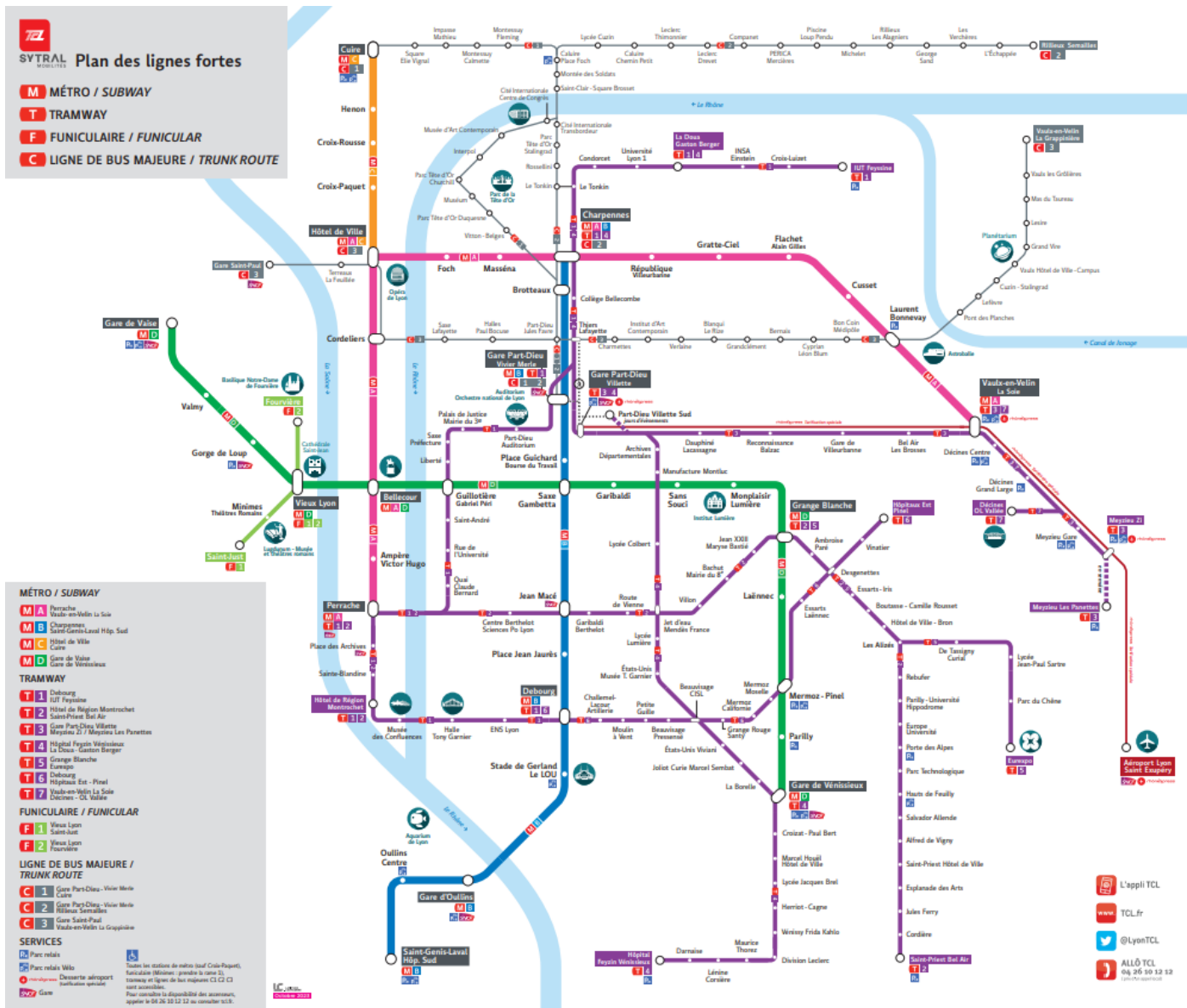
### **Bilan et perspectives**

L'ensemble des résultats de 2023, obtenu en suivant les recommandations du protocole national de l'INERIS, permet de dresser un nouvel état des lieux et de progresser dans l'observation de la qualité de l'air dans le métro. Les actions de SYTRAL Mobilités accompagnées de mesures par Atmo AuRA permettront au fil du temps de mieux cerner et comprendre les phénomènes qui conditionnent la qualité de l'air.

La surveillance de l'air du métro lyonnais se poursuit en 2024 avec la mesure pérenne de « Saxe-Gambetta », des campagnes de mesures et des analyses de données spécifiques, de nouvelles mesures de l'air à l'intérieur des rames et de nouvelles mesures plus approfondies sur les quais avec des campagnes sur 15 jours visant les particules et les métaux.

# Annexes

## Annexe 1 : Plan du réseau TCL





## Annexe 2 : Concentrations dans l'air à ne pas dépasser en EFS selon les recommandations de l'ANSES

Tableau 2 : Concentrations dans l'air en EFS recommandées *a minima*

Polluant	Durée cumulée de fréquentation de l'EFS sur une journée	Concentration calculée à partir de la valeur limite journalière de la directive européenne 2008/50/CE * ( $C_{sout\_Lim}$ ) ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	Concentration calculée à partir de la valeur guide journalière de l'OMS * ( $C_{sout\_OMS}$ ) ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )
<b>PM<sub>10</sub></b>	2h/j	260	80
	1h30/j	330	100
	1h/j	480	140
	30min/j	940	250
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	2h/j	s.o.	50
	1h30/j	s.o.	60
	1h/j	s.o.	80
	30min/j	s.o.	140
*Valeurs calculées en assimilant les particules d'EFS aux particules de l'air ambiant			

s.o. : sans objet

### **Annexe 3 : Définitions statistiques pour la lecture des tableaux**

**Moyenne** : somme de toutes les valeurs, divisée par le nombre total des valeurs.

**Médiane** : nombre qui partage la série de données en deux groupes de même quantité. Par conséquent, 50% des valeurs sont inférieures à la médiane et 50% des valeurs lui sont supérieures.

**Percentile 90 (P90)** : valeur au-dessous de laquelle se situent 90% des données et au-dessus de laquelle se situent 10 % des données. Cette valeur, en comparaison de la moyenne ou la médiane mais aussi du max, permet d'avoir une idée de l'importance des valeurs de pointe (possiblement atypiques par rapport à la série de données).

**Percentile 10 (P10)** : valeur au-dessous de laquelle se situent 10% des données et au-dessus de laquelle se situent 90 % des données. Cette valeur, en comparaison du minimum, permet d'avoir une idée de l'importance de valeurs très basses (possiblement atypiques par rapport à la série de données).

**Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue** : proportion de données valides sur la période de mesure visée initialement. Traduit le taux de fonctionnement des mesures et donc les périodes de perte de données (pannes, vérifications métrologiques, coupures de courant).

## Annexe 4 : Station Saxe-Gambetta en 2023 – Données PM10/PM2,5

Année 2023				
Statistiques du 1 janvier au 31 décembre				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	6450		4783	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	74%		55%	
Moyenne	47		14	
Médiane	41		12	
P10 - P90	13	87	5	24
Min horaire - Max horaire	0	699	0	326

Année 2023				
Statistiques du 1 janvier au 31 décembre				
sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures.				
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	4581		3395	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	73%		54%	
Moyenne	52		15	
Médiane	46		13	
P10 - P90	14	94	5	26
Min horaire - Max horaire	0	699	0	326

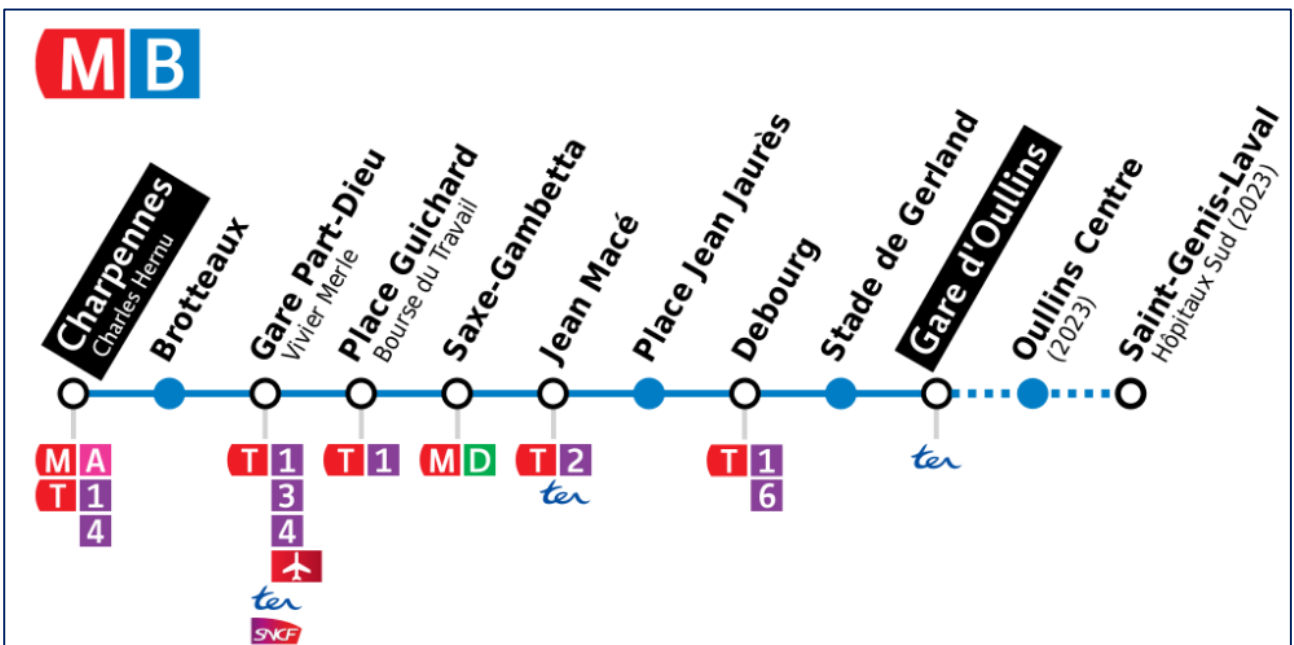
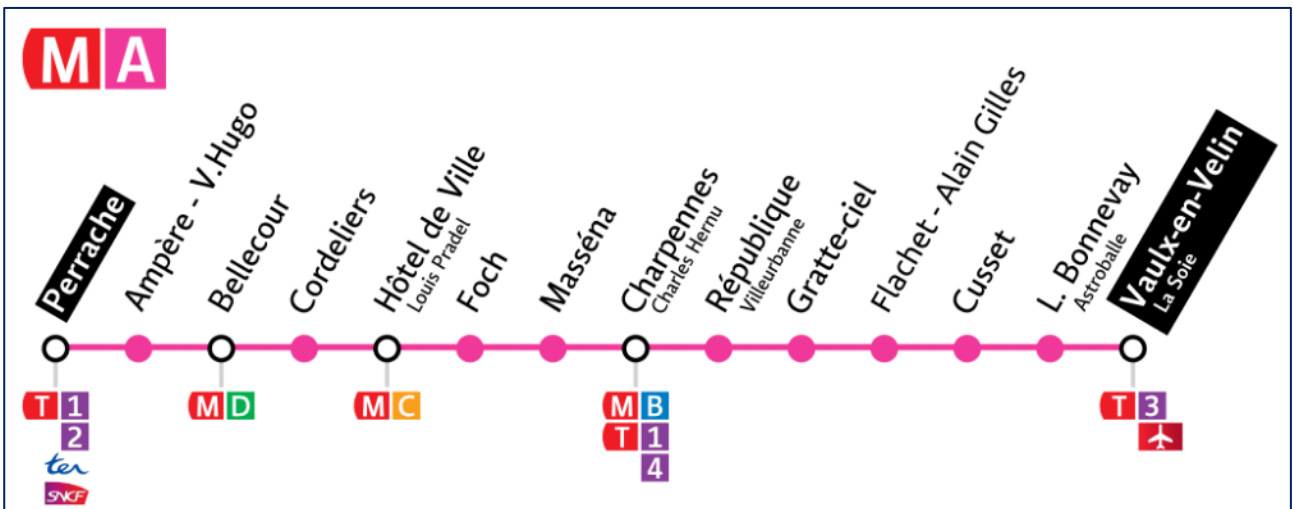
  

Année 2023				
Statistiques du 1 janvier au 31 décembre				
sur les jours week-ends et toutes les heures				
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	1869		1390	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	74%		55%	
Moyenne	37		12	
Médiane	32		10	
P10 - P90	12	64	4	20
Min horaire - Max horaire	0	228	0	90

Année 2023				
Statistiques du 1 janvier au 31 décembre				
uniquement sur les jours de semaine (hors WE) et en heures de pointe (7h à 9h inclus et 17h à 19h inclus)				
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	972		720	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	53%		39%	
Moyenne	70		18	
Médiane	68		17	
P10 - P90	31	113	8	29
Min horaire - Max horaire	2	218	1	69

## Annexe 5 : Plan des lignes de métro A, B et D



## Annexe 6 : Mesures dans les rames – Lignes A, B et D – Données Métaux

Ligne A - Statistiques sur 3 prélèvements : les 26 avril, 27 avril et 4 mai 2023																	
$C_{\text{mre}}$ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			PM2,5	PM10	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
<b>Ligne A</b>																	
Nombre de valeurs	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Durée cumulée des prélèvements	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36	4h36
Moyenne	Résultats invalidés		0,01	3	27	0,01	0,1	2	0,25	0,1	0	0,1	1	1	7		
Min			0,01	2	18	0,01	0,1	1	0,19	0,1	0	0,1	1	1	7		
Max			0,01	4	38	0,01	0,2	3	0,33	0,1	0	0,1	2	1	7		

Ligne B - Statistiques sur 3 prélèvements : les 26 avril, 3 mai et 4 mai 2023																	
$C_{\text{mre}}$ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			PM2,5	PM10	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
<b>Ligne B</b>																	
Nombre de valeurs	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Durée cumulée des prélèvements	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29	3h29
Moyenne	Résultats invalidés		0,02	1	14	0,02	0,1	5	0,13	0,1	0	0,1	1	2	8		
Min			0,02	1	12	0,02	0,1	4	0,08	0,1	0	0,1	1	1	8		
Max			0,02	1	18	0,02	0,1	7	0,23	0,1	0	0,1	2	3	9		

Ligne D - Statistiques sur 3 prélèvements : les 25 avril, 3 mai et 5 mai 2023																	
$C_{\text{mre}}$ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			PM2,5	PM10	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
<b>Ligne D</b>																	
Nombre de valeurs	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Durée cumulée des prélèvements	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19	5h19
Moyenne	Résultats invalidés		0,01	1	71	0	0,1	3	0,23	0,1	0	0,1	2	2	12		
Min			0,01	1	51	0	0,1	2	0,16	0,1	0	0,1	1	1	6		
Max			0,01	1	91	0	0,1	5	0,31	0,1	0	0,1	4	5	24		

## Annexe 7 : Etude « 15 jours » - Station « Saxe-Gambetta » – Données PM10/PM2,5

Année 2023				
Statistiques du 2 octobre au 16 octobre inclus				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	356		356	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	99%		99%	
Moyenne	54		15	
Médiane	50		14	
P10 - P90	16	98	6	26
Min horaire - Max horaire	1	142	0	44

Année 2023				
Statistiques du 2 octobre au 16 octobre inclus				
sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures.				
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	261		261	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	99%		99%	
Moyenne	57		16	
Médiane	56		16	
P10 - P90	16	104	7	27
Min horaire - Max horaire	1	142	0	44

Année 2023				
Statistiques du 2 octobre au 16 octobre inclus				
sur les jours week-ends et toutes les heures				
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	96		96	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%		100%	
Moyenne	44		12	
Médiane	36		11	
P10 - P90	14	84	5	20
Min horaire - Max horaire	0	126	0	29

Année 2023				
Statistiques du 2 octobre au 16 octobre inclus				
uniquement sur les jours de semaine (hors WE) et en heures de pointe (7h à 9h inclus et 17h à 19h inclus)				
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	55		55	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	73%		73%	
Moyenne	88		23	
Médiane	87		21	
P10 - P90	61	115	16	33
Min horaire - Max horaire	48	142	9	39

## Annexe 8 : Etude « 15 jours » - Station « Vieux Lyon » – Données PM10

Année 2023				
Statistiques du 6 au 20 novembre inclus				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Metro Vieux Lyon Ligne D	PM10 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	356		357	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	99%		99%	
Moyenne	150		71	
Médiane	118		52	
P10 - P90	20	318	10	153
Min horaire - Max horaire	2	819	1	434

Année 2023				
Statistiques du 6 au 20 novembre inclus				
sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures.				
Metro Vieux Lyon Ligne D	PM10 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	257		259	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	97%		98%	
Moyenne	173		82	
Médiane	143		63	
P10 - P90	16	363	8	162
Min horaire - Max horaire	2	819	1	434

Année 2023				
Statistiques du 6 au 20 novembre inclus				
sur les jours week-ends et toutes les heures				
Metro Vieux Lyon Ligne D	PM10 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	93		92	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	97%		96%	
Moyenne	91		41	
Médiane	66		30	
P10 - P90	29	226	13	86
Min horaire - Max horaire	5	376	3	223

Année 2023				
Statistiques du 6 au 20 novembre inclus				
uniquement sur les jours de semaine (hors WE) et en heures de pointe (7h à 9h inclus et 17h à 19h inclus)				
Metro Vieux Lyon Ligne D	PM10 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	33		33	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	44%		44%	
Moyenne	266		123	
Médiane	265		114	
P10 - P90	165	382	76	162
Min horaire - Max horaire	150	432	66	230

## Annexe 9 : Etude « 15 jours » - Station « Bellecour » – Données PM10/PM2,5

Année 2024				
Statistiques du 16 janvier au 2 février				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Metro Bellecour Ligne A	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	430		430	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%		100%	
Moyenne	88		40	
Médiane	76		36	
P10 - P90	22	162	12	75
Min horaire - Max horaire	3	489	1	123

Année 2024				
Statistiques du 16 janvier au 2 février				
sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures.				
Metro Bellecour Ligne A	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	335		335	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%		100%	
Moyenne	96		44	
Médiane	95		44	
P10 - P90	21	171	12	78
Min horaire - Max horaire	3	489	1	123

Année 2024				
Statistiques du 16 janvier au 2 février				
sur les jours week-ends et toutes les heures				
Metro Bellecour Ligne A	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	96		96	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%		100%	
Moyenne	59		27	
Médiane	56		26	
P10 - P90	24	105	12	43
Min horaire - Max horaire	3	134	2	55

Année 2024				
Statistiques du 16 janvier au 2 février				
uniquement sur les jours de semaine (hors WE) et en heures de pointe (7h à 9h inclus et 17h à 19h inclus)				
Metro Bellecour Ligne A	PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		PM2.5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Nombre de valeurs horaires	70		70	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	78%		78%	
Moyenne	145		65	
Médiane	148		68	
P10 - P90	97	194	38	89
Min horaire - Max horaire	46	242	18	104



## Annexe 10 : Etude « 15 jours » - Station « Saxe-Gambetta » – Données Métaux

Statistiques du 2 au 16 octobre 2023 réalisées sur la totalité de la campagne													
Ligne B Saxe Gambetta	As (ng/m <sup>3</sup> )	Ba (ng/m <sup>3</sup> )	Fe (ng/m <sup>3</sup> )	Cd (ng/m <sup>3</sup> )	Cr (ng/m <sup>3</sup> )	Cu (ng/m <sup>3</sup> )	Mn (ng/m <sup>3</sup> )	Ni (ng/m <sup>3</sup> )	Pb (ng/m <sup>3</sup> )	Sb (ng/m <sup>3</sup> )	Zn (ng/m <sup>3</sup> )	Al (ng/m <sup>3</sup> )	Ca (ng/m <sup>3</sup> )
Nombre de valeurs journalières	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	10,7	314	12883	0,5	33,3	3021	119,12	22,5	48	10,7	434	885	2409
Médiane	11,6	290	13453	0,5	32,8	2931	119,25	22,6	42	11,6	424	807	2320
P10	8,0	209	8496	0,5	25,4	2244	84,66	16,3	32	8,0	317	697	1760
P90	13,4	461	16646	0,5	41,3	3948	151,48	29,2	74	13,4	554	1225	3145
Min	5,4	180	7073	0,5	20,6	1879	70,71	13,3	30	5,4	298	429	1624
Max	14,4	468	16875	0,5	42,2	4377	164,88	32,0	80	14,4	606	1482	3906

Statistiques du 2 au 16 octobre 2023 réalisées uniquement sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures (0 à 24h)													
Ligne B Saxe Gambetta	As (ng/m <sup>3</sup> )	Ba (ng/m <sup>3</sup> )	Fe (ng/m <sup>3</sup> )	Cd (ng/m <sup>3</sup> )	Cr (ng/m <sup>3</sup> )	Cu (ng/m <sup>3</sup> )	Mn (ng/m <sup>3</sup> )	Ni (ng/m <sup>3</sup> )	Pb (ng/m <sup>3</sup> )	Sb (ng/m <sup>3</sup> )	Zn (ng/m <sup>3</sup> )	Al (ng/m <sup>3</sup> )	Ca (ng/m <sup>3</sup> )
Nombre de valeurs journalières	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	11,1	337	13311	0,5	34,9	3138	124,63	23,8	52	11,1	441	880	2406
Médiane	11,6	336	13946	0,5	34,7	3018	122,75	23,7	48	11,6	429	807	2320
P10	8,5	232	8812	0,5	25,9	2295	86,96	17,3	38	8,5	324	749	2135
P90	13,7	463	16524	0,5	41,4	4098	152,13	29,5	79	13,7	564	965	2789
Min	8,0	180	8286	0,5	25,3	2209	83,13	15,9	30	8,0	298	670	1793
Max	14,4	468	16728	0,5	42,2	4377	164,88	32,0	80	14,4	606	1482	3383

Statistiques du 2 au 16 octobre 2023 réalisées uniquement sur les jours du WE et toutes les heures (0 à 24h)													
Ligne B Saxe Gambetta	As (ng/m <sup>3</sup> )	Ba (ng/m <sup>3</sup> )	Fe (ng/m <sup>3</sup> )	Cd (ng/m <sup>3</sup> )	Cr (ng/m <sup>3</sup> )	Cu (ng/m <sup>3</sup> )	Mn (ng/m <sup>3</sup> )	Ni (ng/m <sup>3</sup> )	Pb (ng/m <sup>3</sup> )	Sb (ng/m <sup>3</sup> )	Zn (ng/m <sup>3</sup> )	Al (ng/m <sup>3</sup> )	Ca (ng/m <sup>3</sup> )
Nombre de valeurs journalières	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	9,5	248	11705	0,5	29,0	2699	103,99	18,9	40	9,5	413	900	2418
Médiane	10,0	239	11437	0,5	28,4	2597	107,19	19,8	38	10,0	403	956	2071
P10	6,2	206	8116	0,5	22,1	2082	78,86	14,4	32	6,2	338	522	1658
P90	12,4	298	15510	0,5	36,3	3397	126,56	22,6	50	12,4	497	1233	3455
Min	5,4	196	7073	0,5	20,6	1879	70,71	13,3	31	5,4	313	429	1624
Max	12,6	319	16875	0,5	38,4	3722	130,88	22,6	55	12,6	534	1259	3906

## Annexe 11 : Etude « 15 jours » - Station « Vieux Lyon » – Données Métaux

Statistiques du 6 au 20 novembre 2023 réalisées sur la totalité de la campagne													
Ligne D	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
Vieux Lyon	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )
Nombre de valeurs journalières	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	2,4	854	62432	0,5	29,2	1643	167,89	34,7	85	7,1	1083	174	2216
Médiane	2,5	813	61434	0,5	28,8	1644	158,17	35,4	82	7,0	1071	156	2172
P10	1,6	497	36738	0,5	20,0	735	100,25	18,0	37	3,6	613	120	1502
P90	3,4	1349	104265	0,5	44,7	2721	277,96	55,4	141	9,7	1639	259	2918
Min	0,5	173	13230	0,5	9,4	419	38,67	10,0	21	2,6	308	93	1444
Max	3,8	1576	121502	0,5	49,7	3363	326,21	65,3	179	14,5	1920	313	3298

Statistiques du 6 au 20 novembre 2023 réalisées uniquement sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures (de 0 à 24h)													
Ligne D	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
Vieux Lyon	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )
Nombre de valeurs journalières	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	2,6	929	68706	0,5	31,5	1861	184,01	38,5	96	7,7	1183	165	2370
Médiane	2,6	898	65893	0,5	29,9	1756	178,00	35,5	90	7,5	1250	147	2416
P10	2,0	604	46073	0,5	22,6	1326	120,96	27,5	65	5,4	751	114	1517
P90	3,7	1471	114955	0,5	49,3	3057	309,54	62,5	158	9,8	1815	221	2988
Min	0,5	173	13230	0,5	9,4	419	38,67	10,0	21	2,6	308	93	1492
Max	3,8	1576	121502	0,5	49,7	3363	326,21	65,3	179	14,5	1920	313	3298

Statistiques du 6 au 20 novembre 2023 réalisées uniquement sur les jours du WE et toutes les heures (de 0 à 24h)													
Ligne D	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
Vieux Lyon	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )	(ng/m <sup>3</sup> )
Nombre de valeurs journalières	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	1,9	646	45178	0,5	23,0	1044	123,55	24,1	53	5,4	807	196	1793
Médiane	1,7	582	40006	0,5	21,2	917	110,00	21,8	48	5,9	738	173	1778
P10	1,6	493	36535	0,5	19,9	726	99,94	17,9	36	3,4	609	154	1500
P90	2,3	850	57959	0,5	27,5	1464	158,01	32,2	75	7,1	1060	256	2097
Min	1,6	481	35928	0,5	19,8	699	99,00	17,4	34	2,6	596	154	1444
Max	2,5	938	64773	0,5	29,8	1644	175,21	35,4	83	7,3	1155	284	2172

## Annexe 12 : Etude « 15 jours » - Station « Bellecour » – Données Métaux

Statistiques du 16 janvier au 2 février 2024 réalisées sur la totalité de la campagne													
Ligne A Bellecour	As (ng/m <sup>3</sup> )	Ba (ng/m <sup>3</sup> )	Fe (ng/m <sup>3</sup> )	Cd (ng/m <sup>3</sup> )	Cr (ng/m <sup>3</sup> )	Cu (ng/m <sup>3</sup> )	Mn (ng/m <sup>3</sup> )	Ni (ng/m <sup>3</sup> )	Pb (ng/m <sup>3</sup> )	Sb (ng/m <sup>3</sup> )	Zn (ng/m <sup>3</sup> )	Al (ng/m <sup>3</sup> )	Ca (ng/m <sup>3</sup> )
Nombre de valeurs journalières	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	2,6	997	24840	0,5	31,5	1068	114,27	24,8	57	2,8	743	402	3522
Médiane	2,5	992	22312	0,5	30,3	1091	103,75	22,8	62	2,6	657	360	3457
P10	1,7	620	19137	0,5	19,9	735	83,61	16,8	39	2,6	534	238	2337
P90	3,6	1392	33283	0,5	45,2	1484	155,30	33,2	77	2,6	983	595	4857
Min	1,6	602	11764	0,5	19,3	457	63,00	13,0	24	2,6	428	129	2034
Max	3,9	1482	34298	0,5	46,3	1564	159,42	33,8	83	5,7	1089	864	5834

Statistiques du 16 janvier au 2 février 2024 réalisées uniquement sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures (0 à 24h)													
Ligne A Bellecour	As (ng/m <sup>3</sup> )	Ba (ng/m <sup>3</sup> )	Fe (ng/m <sup>3</sup> )	Cd (ng/m <sup>3</sup> )	Cr (ng/m <sup>3</sup> )	Cu (ng/m <sup>3</sup> )	Mn (ng/m <sup>3</sup> )	Ni (ng/m <sup>3</sup> )	Pb (ng/m <sup>3</sup> )	Sb (ng/m <sup>3</sup> )	Zn (ng/m <sup>3</sup> )	Al (ng/m <sup>3</sup> )	Ca (ng/m <sup>3</sup> )
Nombre de valeurs journalières	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	2,5	994	24808	0,5	31,3	1093	114,01	25,1	58	2,6	739	397	3604
Médiane	2,3	1019	22980	0,5	31,3	1156	105,75	24,1	63	2,6	658	344	3594
P10	1,7	644	18939	0,5	19,5	708	83,21	16,7	37	2,6	542	230	2169
P90	3,5	1272	33176	0,5	43,9	1544	148,21	33,6	81	2,6	933	653	5168
Min	1,6	602	11764	0,5	19,3	457	63,00	13,0	24	2,6	428	129	2034
Max	3,9	1482	33329	0,5	46,3	1564	158,33	33,8	83	2,6	1004	864	5834

Statistiques du 16 janvier au 2 février 2024 réalisées uniquement sur les jours du WE et toutes les heures (0 à 24h)													
Ligne A Bellecour	As (ng/m <sup>3</sup> )	Ba (ng/m <sup>3</sup> )	Fe (ng/m <sup>3</sup> )	Cd (ng/m <sup>3</sup> )	Cr (ng/m <sup>3</sup> )	Cu (ng/m <sup>3</sup> )	Mn (ng/m <sup>3</sup> )	Ni (ng/m <sup>3</sup> )	Pb (ng/m <sup>3</sup> )	Sb (ng/m <sup>3</sup> )	Zn (ng/m <sup>3</sup> )	Al (ng/m <sup>3</sup> )	Ca (ng/m <sup>3</sup> )
Nombre de valeurs journalières	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	2,8	1006	24956	0,5	31,9	975	115,24	23,5	52	3,6	759	419	3224
Médiane	2,7	965	20969	0,5	29,3	857	101,75	20,9	46	2,6	655	457	3001
P10	2,3	681	19875	0,5	22,5	809	87,98	17,9	43	2,6	556	364	2784
P90	3,4	1348	31632	0,5	42,5	1187	147,88	30,1	64	5,1	1003	460	3754
Min	2,2	610	19601	0,5	20,8	797	84,54	17,2	42	2,6	531	341	2729
Max	3,6	1443	34298	0,5	45,8	1269	159,42	32,4	68	5,7	1089	460	3942

## Annexe 13 : Etude « 15 jours » - Situation des niveaux par rapport aux valeurs de référence proposées par l'ANSES (Csout\_OMS et Csout\_Lim)

**Csout Lim** : concentration en  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  calculée à partir de la valeur limite journalière de la directive européenne 2008/50/CE.

**Csout OMS** : concentration en  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  calculée à partir de la valeur guide journalière de l'OMS.

