

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

Bilan 2024



Auteur : Foued BOUCHENNA

Diffusion : Octobre 2025

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



Conditions de diffusion

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (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'Etat 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 (2024) – 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
- 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.

Au regard de l'intérêt qu'il porte à l'exécution du programme d'action 2024, 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.

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

2.2.1. Les particules PM10 et PM2,5

2.2.2. Le dioxyde d'azote

2.3. Sources de pollution et réglementation

2.3.1. Les particules PM10 et PM2,5

2.3.2. Le dioxyde d'azote

2.4. Résultats

2.4.1. Les particules PM10 et PM2,5

2.4.2. Le dioxyde d'azote

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. Les niveaux de confinement et paramètres de confort

3.4. Conclusion

4. Etude de hiérarchisation des stations

4.1. Polluants et paramètres étudiés

4.2. Sites et période de mesure

4.3. Résultats

4.3.1. Classement des études précédentes

4.3.2. Les particules PM10

4.3.3. Les niveaux de confinement et Paramètres de confort

4.4. Conclusion

5. Etude « 15 jours » sur les quais

5.1. Sites de mesure et polluants étudiés

5.2. Période de mesure et matériel mis en œuvre

5.3. Résultats

5.3.1. Les particules PM10 et PM2,5

5.3.2. Les métaux

5.3.3. Le dioxyde de carbone (CO₂) – indicateur de confinement

5.4. Conclusion

6. Conclusion générale



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](#)

[Annexe 3 : Définitions statistiques pour la lecture des tableaux](#)

[Annexe 4 - Station Saxe-Gambetta en 2024 – Données PM10/PM2,5](#)

[Annexe 5 - Station Saxe-Gambetta en 2024 – Données NO/NO2](#)

[Annexe 6 - Mesures dans les rames – Ligne B – Données Métaux](#)

[Annexe 7 - Etude de hiérarchisation – liste des stations de métro étudiées](#)

[Annexe 8 - Etude de hiérarchisation – Particules PM10 – moyennes 15 min](#)

[Annexe 9 - Etude de hiérarchisation – CO2 \(moyennes 15'\)](#)

[Annexe 10 - Etude de hiérarchisation – Température moyennes 15'](#)

[Annexe 11 - Etude de hiérarchisation – Humidité relative moyennes 15'](#)

[Annexes 12 à 17 - Résultats détaillés des particules PM10, PM2,5, CO2 et métaux](#)

[Annexe 18 - Etude « 15 jours » - Situation des niveaux par rapport aux valeurs de référence proposées par l'ANSES.](#)

Illustrations

Figure 1 - Station fixe de "Saxe-Gambetta"	10
Figure 2 - Saxe-Gambetta – Evolution des moyennes annuelles	13
Figure 3 - Saxe-Gambetta - Mesures 2024 - évolution horaire des particules PM2,5	14
Figure 4 - Saxe-Gambetta - Mesures 2024 – évolution horaire des particules PM10	14
Figure 5 -Saxe-Gambetta - Mesures 2023/2024 – Profils hebdomadaires PM10 et PM2,5	15
Figure 6- Saxe-Gambetta - Mesures 2023/2024 - Profils journaliers PM10 et PM2,5	15
Figure 7 – Saxe-Gambetta - moyennes annuelles 2024 en oxydes d'azote	16
Figure 8 -Saxe-Gambetta - Localisation des sites de mesure	16
Figure 9 – Saxe-Gambetta - Evolution des concentrations horaires en NO2 du 12 au 16 avril 2024	17
Figure 10 - Mesures « rames » - Moyennes 2023/2024 en PM10 et PM2,5 par ligne et en heure de pointe	20
Figure 11 – Mesures « rames » ligne B - Evolution des concentrations des particules PM10 et PM2,5	21
Figure 12 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en %) sur la ligne B	22
Figure 13 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en µg/m3) sur la ligne B	22
Figure 14 - Mesures « rames » - Concentrations moyennes sur la période en fer et en calcium (en µg/m3) ligne B/Quais	23
Figure 15 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en %) sur la ligne B, sans le fer et le calcium	23
Figure 16 - Mesures « rames » - Concentrations des autres métaux (en µg/m3) sur la ligne B, sans le fer et le calcium	24
Figure 17 - Mesures « rames » - Moyennes CO2 (en ppm) sur la ligne B	24
Figure 18 - Etude de hiérarchisation – Classement depuis 2020 – Moyennes PM10 « 15 min »	27
Figure 19 - Etude de hiérarchisation – Moyenne PM10 «15 min » (3*15min)	27
Figure 20 - Station de métro « Laurent Bonnevey »	28
Figure 21 - Station de métro « Place Guichard »	28
Figure 22 - Etude de hiérarchisation – Ligne B - Evolution des moyennes (3*15 min)	29
Figure 23 - Etude de hiérarchisation – PM10/ dioxyde de carbone	30
Figure 24 - Etude de hiérarchisation - PM10/température	31
Figure 25 - Etude de hiérarchisation – PM10/humidité	31
Figure 26 - Station de métro « Bellecour » et « Vieux Lyon »	33
Figure 27 - Etude « 15 jours » - Moyenne et maximum horaire en PM10 et PM2,5 par station	34
Figure 28 - Etude « 15 jours » - campagne 2024 - Profils journaliers PM10/PM2,5	34
Figure 29 - Etude « 15 jours » - Vieux-Lyon – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur les campagnes 2022 à 2024	35
Figure 30 - Etude « 15 jours » - Vieux-Lyon – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5 sur les 2 dernières campagnes	35

Figure 31 - Etude « 15 jours » - Saxe-Gambetta – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur les campagnes 2022 à 2024	36
Figure 32 - Etude « 15 jours » - Saxe-Gambetta – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5 sur les 2 dernières campagnes.....	36
Figure 33 - Etude « 15 jours » - Bellecour – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur les campagnes 2022 à 2024	37
Figure 34 - Etude « 15 jours » - Bellecour – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5 sur les 2 dernières campagnes.....	37
Figure 35 - Etude « 15 jours » - Evolution des niveaux de PM10 et proportion de métaux par station.....	38
Figure 36 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) par station	39
Figure 37 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en µg/m3) par station	39
Figure 38 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) hormis le fer, par station	40
Figure 39 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Vieux Lyon	40
Figure 40 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Saxe-Gambetta	41
Figure 41 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Bellecour.....	41
Figure 42 - Etude « 15 jours » - Moyennes CO2 (en ppm) par station.....	42

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 2023¹, 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). De plus, en 2024, des mesures de dioxyde d'azote (NO₂) ont également été réalisées sur cette station.
- Mise en place d'une **3^{ème} 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 uniquement sur la ligne B.
- Après celles réalisées en 2020, 2021 et 2022, réalisation d'une **4^{ème} étude de hiérarchisation de 36 stations** du métro lyonnais des lignes A, B et D, permettant ainsi de les classer à nouveau en fonction de leurs concentrations en particules PM10.
- Mise en œuvre d'une **5^{ème} 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**, sélectionnées à la suite de l'étude de hiérarchisation.

Réalisés en suivant le guide de l'INERIS, ces travaux sont présentés dans ce rapport en 4 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.

L'analyse de l'étude de hiérarchisation des stations est exposée dans un troisième volet qui se poursuit par un dernier traitant des campagnes complémentaires effectuées sur les quais, à la suite de l'étude de hiérarchisation.

¹ 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 Charpennes (*Annexe 1 -Plan du réseau TCL*) :



Figure 1 - Station fixe de "Saxe-Gambetta"

Au début de l'observatoire en 2020, cette station a été choisie comme station pérenne pour disposer d'une continuité des mesures dans le métro car elle cumulait des niveaux en particules et une fréquentation importante ainsi qu'un espace qui permet l'installation d'une station sans compromettre la sécurité des usagers.

En 2024, en s'appuyant sur le guide de l'Ineris qui définit également une liste de polluants supplémentaires à suivre, des mesures complémentaires en dioxyde d'azote ont été réalisées sur cette station.

2.2 Période de mesure et matériel mis en œuvre

2.2.1 Les particules PM10 et PM2,5

Les premières mesures en continu de particules à Saxe-Gambetta remontent au 8 janvier 2020 (des campagnes ponctuelles avaient été réalisées par Sytral Mobilités en 2017 et 2019). Elles délivrent des valeurs à chaque heure. Dans cette partie du rapport, les concentrations en particules PM10 et PM2,5 sont étudiées du 1^{er} janvier au 31 décembre 2024 mais avec des périodes d'absence de résultats :

- une première période (du 15 janvier au 6 février 2024) durant laquelle les mesures n'ont pas pu être réalisées étant donné que le matériel a été utilisé dans la station de Bellecour pour l'étude « 15 jours » prévue initialement fin 2023.
- une deuxième période (du 17 au 22 mai 2024) à la suite d'un problème technique survenu sur l'analyseur.

Les mesures de particules sont réalisées à l'aide d'un appareil de référence « TEOM 1405D » 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). 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.

2.2.2 Le dioxyde d'azote

Les mesures de dioxyde d'azote ont été réalisées sur toute l'année 2024 à l'aide d'un analyseur automatique. Ces mesures sont réalisées en continu et délivrent également des données horaires. Pour le rapatriement des données sur le poste central d'Atmo AuRA, l'acquisition des données est faite avec la même centrale d'acquisition que celle utilisée pour l'acquisition des données de particules.

2.3 Sources de pollution et réglementation

2.3.1 Les particules PM10 et PM2,5

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 $10\text{ }\mu\text{m}$) mais également sur les PM2,5 (de diamètre inférieur à $2,5\text{ }\mu\text{m}$).

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 référence² 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.

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

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ calculée à partir de la valeur guide journalière de l'OMS) fixée à $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5 en moyenne sur une heure.
- **Csout_Lim** (concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ calculée à partir de la valeur limite journalière de la directive européenne 2008/50/CE) fixée à $480 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 en moyenne sur une heure.

2.3.2 Le dioxyde d'azote

Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) sont émis lors de la combustion incomplète des combustibles fossiles (circulation routière, dispositifs de chauffage, industries, ...). Au contact des oxydants présents dans l'air, comme l'oxygène et l'ozone, le NO se transforme rapidement en NO₂.

Les activités de travaux de nuit dans le métro nécessitent l'utilisation de matériels fonctionnant au diesel pour la maintenance des installations. Elles représentent une source intérieure de pollution potentielle des composés chimiques issus du diesel.

En mars 2013, l'ANSES a publié des propositions de valeurs guides pour le dioxyde d'azote en air intérieur. Ces propositions correspondent aux expositions sur le court et le long terme :

- La Valeur Guide de qualité d'Air Intérieur (VGAI) court terme (pour une exposition de 1 heure) est fixée à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- La Valeur Guide de qualité d'Air Intérieur (VGAI) long terme (pour une exposition > 1 an) est fixée à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le temps passé par un voyageur dans les EFS est souvent court. C'est donc la valeur de recommandation de l'ANSES fixée à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une heure qui servira de référence dans ce rapport et elle sera nommée « VGAI court terme ».

2.4 Résultats

2.4.1 Les particules PM10 et PM2,5

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'épuration de l'air sur les quais, s'était confirmée en 2023 et se poursuit en 2024.

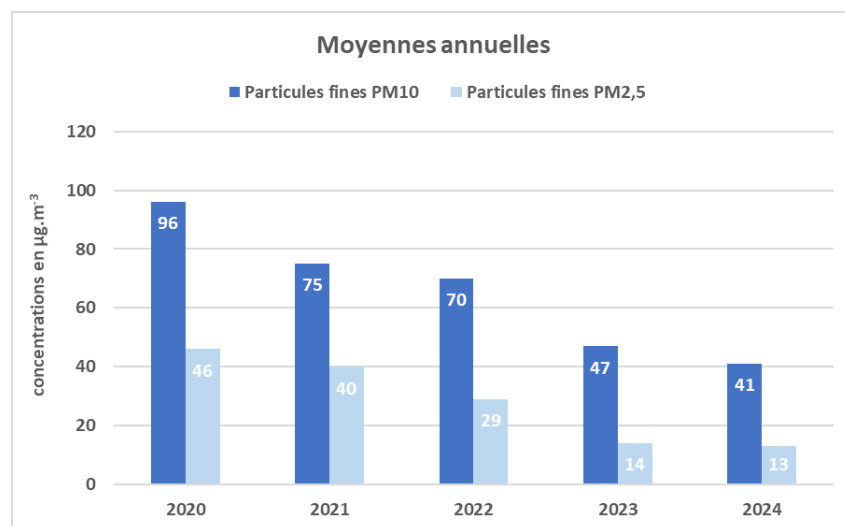


Figure 2 - Saxe-Gambetta – Evolution des moyennes annuelles

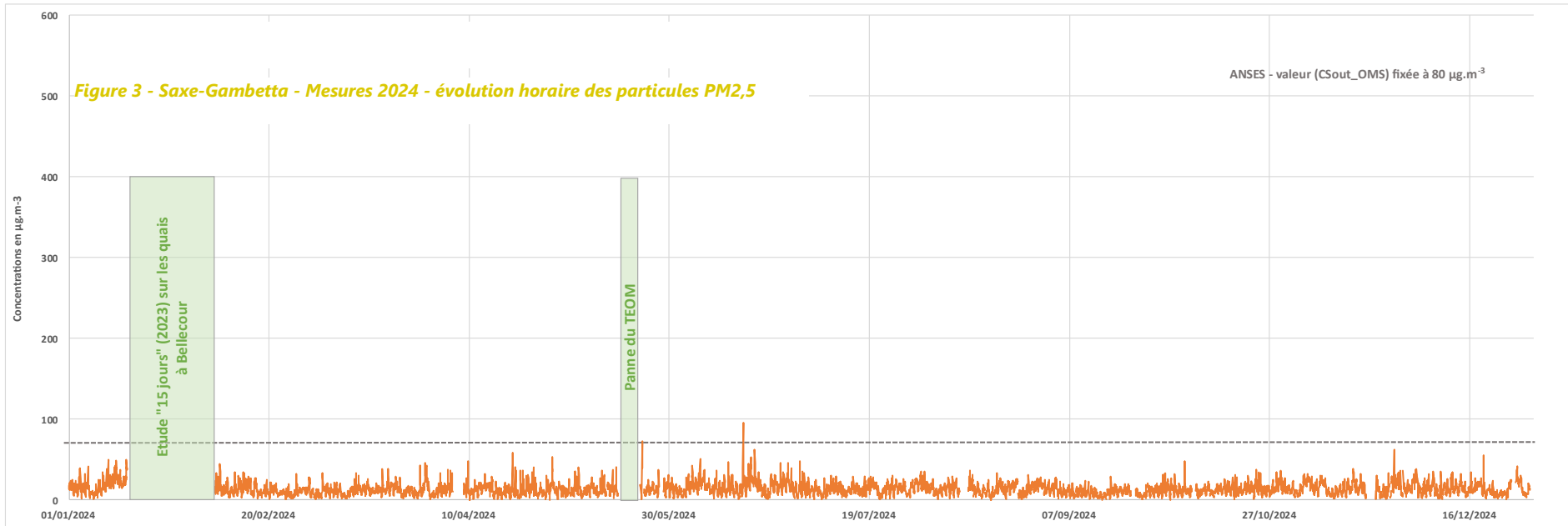
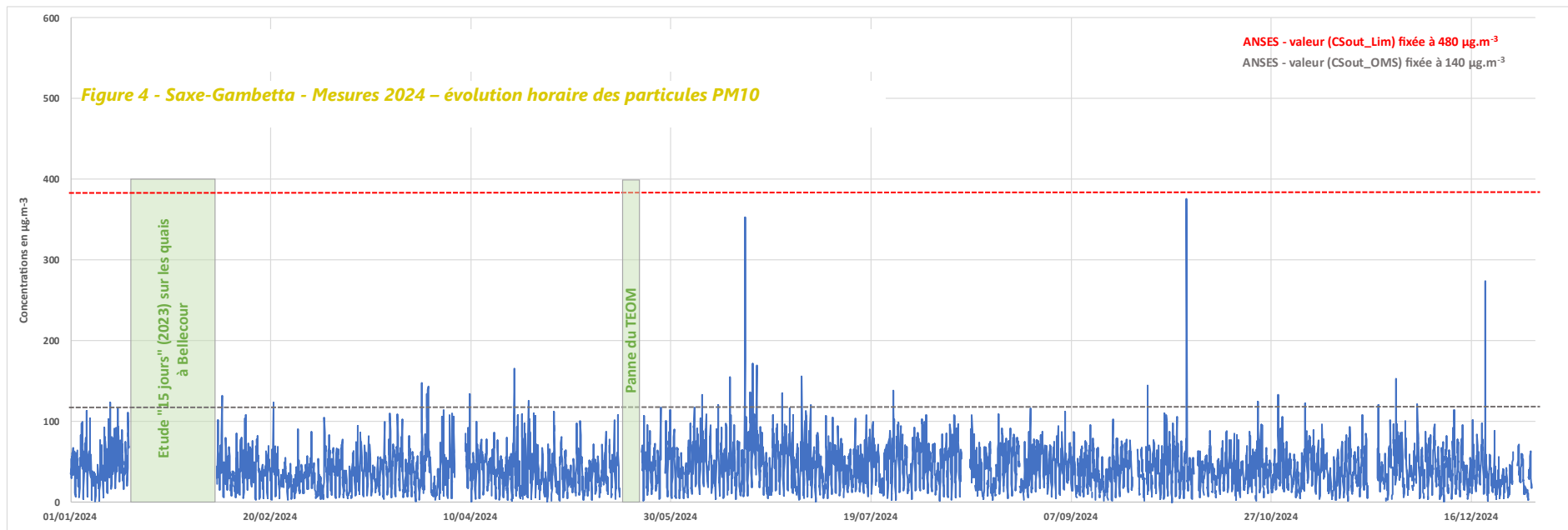
En 2024, la moyenne en PM10 est égale à 41 µg/m3 situant ce résultat à environ 9 % de la valeur de référence de l'ANSES (480 µg/m3).

A la vue de des statistiques annuelles 2024 (*annexe 4 - station Saxe-Gambetta en 2024 – 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). Cette fraction ne varie pas par rapport à 2023 (30 % également) mais diminue par rapport à 2022 (40 % des PM10 étaient des PM2,5).

Sur l'année 2024, 90 % (percentile 90) des valeurs horaires en PM10 sont inférieures à 71 µg/m3 et sont donc inférieures au sixième de la référence horaire de l'ANSES.

Evolution des concentrations horaires

Sur les deux graphiques ci-après, la baisse importante des concentrations en particules PM10 et PM2,5 constatée en 2023 (se référer au rapport 2023) se confirme sur toute l'année 2024, malgré quelques pointes enregistrées ponctuellement.



En 2024, les concentrations horaires en particules PM10 relevées à « Saxe-Gambetta » respectent la valeur de référence « ANSES » (CSout_Lim), aucun dépassement n'a été constaté. La valeur « ANSES » (CSout_OMS) pour les PM10 a connu quelques dépassements sur l'année, contrairement à la valeur de référence pour les PM2,5 globalement respectée sur l'année, hormis deux dépassements relevés en milieu d'année.

Les niveaux de particules PM10 et PM2,5 ont encore diminué entre 2023 et 2024. En effet, en 2023, les concentrations ont, à quelques reprises, dépassé les 200 µg/m³ en horaire pour les PM10 (15 dépassements) et les 100 µg/m³ pour les PM2,5 (3 dépassements), alors que sur l'année 2024, les niveaux ont encore baissé ne dépassant qu'à trois reprises le seuil de 200 µg/m³ pour les PM10 et aucun dépassement du seuil de 100 µg/m³ pour les PM2,5.

Profils hebdomadaires/journaliers

L'utilisation de profils hebdomadaires (moyenne des résultats de chaque jour d'une semaine sur une période) et des profils journaliers (moyenne 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).

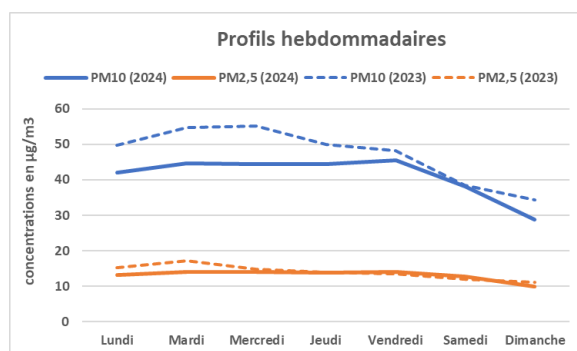


Figure 5 -Saxe-Gambetta - Mesures 2023/2024 – Profils hebdomadaires PM10 et PM2,5

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. Pour les PM10, les niveaux pour chaque jour de la semaine en 2024 sont en baisse par rapport à 2023 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.

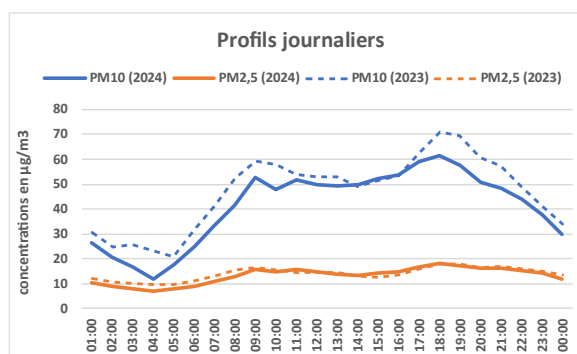


Figure 6- Saxe-Gambetta - Mesures 2023/2024 - Profils journaliers PM10 et PM2,5

Même si cela est bien moins marqué, en 2024, 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 4-5h 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 journées du 1^{er} mai depuis 2020, en l'absence de toute activité dans le métro.

2.4.2 Le dioxyde d'azote

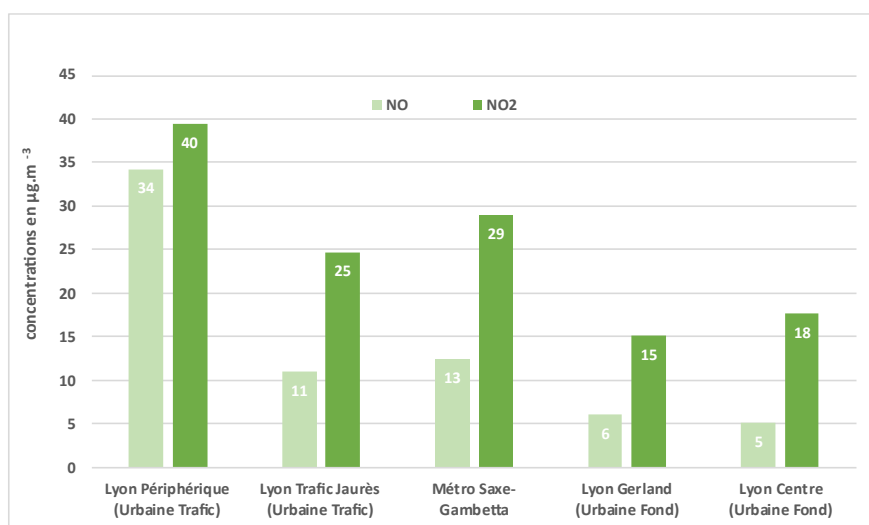


Figure 7 – Saxe-Gambetta - moyennes annuelles 2024 en oxydes d'azote

La concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote relevée dans la station de « Saxe-Gambetta » est du même ordre de grandeur que celle mesurée dans la station « Lyon Trafic Jaurès », station urbaine influencée par le trafic automobile et située non loin de la station de métro de Saxe-Gambetta.

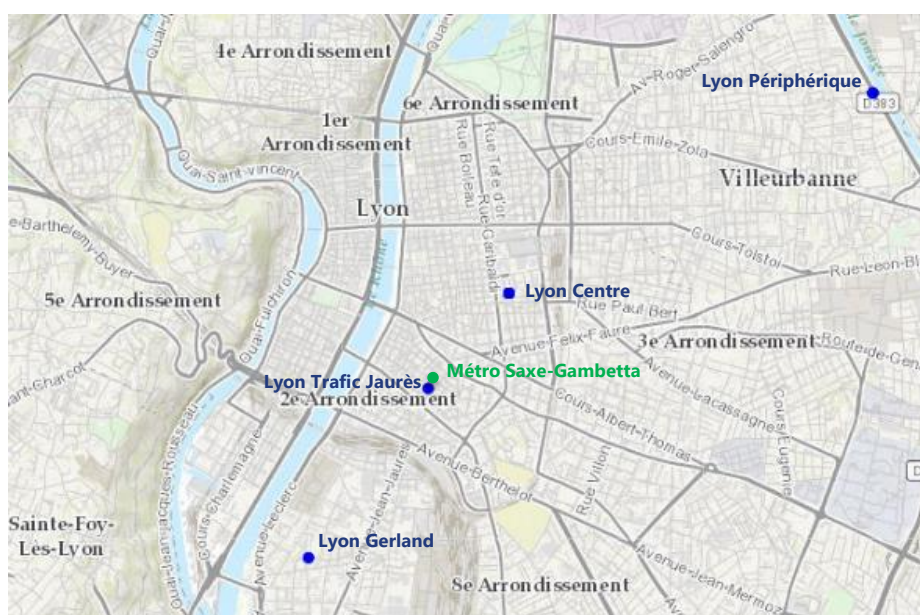


Figure 8 -Saxe-Gambetta - Localisation des sites de mesure

Evolution des concentrations horaires

Les niveaux horaires en dioxyde d'azote enregistrés sur toute l'année 2024 (*annexe 5 - station Saxe-Gambetta en 2024 – Données NO/NO₂*) sont restés globalement très bas. La valeur guide horaire à court terme (VGAI court terme) proposée par l'ANSES et fixée à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a jamais été dépassée et le maximum horaire a été enregistré le 13 avril 2024 à 97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

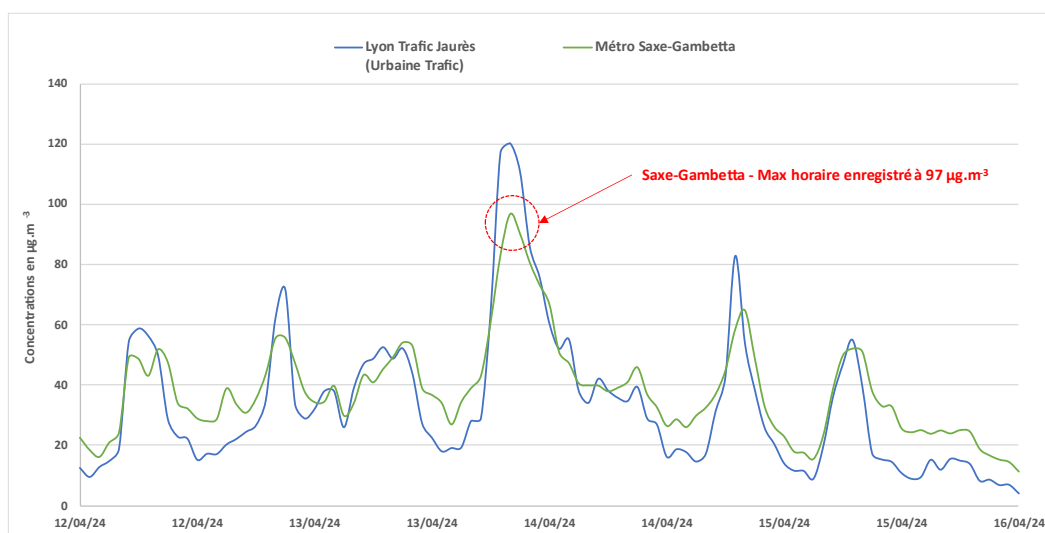


Figure 9 – Saxe-Gambetta - Evolution des concentrations horaires en NO₂ du 12 au 16 avril 2024

L'évolution des concentrations horaires à Saxe-Gambetta montre que les niveaux enregistrés sur cette station sont similaires et assez bien corrélés à ceux relevés dans la station urbaine de proximité trafic « Lyon Trafic Jaurès ».

Les concentrations de ce polluant au niveau du quai sont donc fortement influencées par le milieu extérieur. Ces observations laissent à penser que la présence de dioxyde d'azote à l'intérieur du métro est en majeure partie liée à l'air extérieur (le dioxyde d'azote de l'air extérieur pourrait pénétrer dans le métro par la ventilation naturelle et mécanique) et provient essentiellement du trafic automobile de surface.

Cependant, sur le quai de la station de Saxe-Gambetta, des pics ponctuels de nuit ont été observés pour le monoxyde d'azote sans qu'ils soient aussi observés sur la station « Lyon Trafic Jaurès ».

Date/heure	NO – concentration horaire	
	Saxe-Gambetta	Lyon Trafic Jaurès
7 mai 2024 à 2h	153 µg/m ³	3 µg/m ³
11 septembre 2024 à 00h	133 µg/m ³	2 µg/m ³
27 septembre 2024 à 1h	72 µg/m ³	1 µg/m ³
23 décembre 2024 à 3h	133 µg/m ³	0 µg/m ³
24 décembre 2024 à 2h	95 µg/m ³	0 µg/m ³

L'étude de causalité a révélé que le fonctionnement de la motrice diesel de travaux de nuit dans le tunnel de la station « Saxe-Gambetta » constituait la principale source dans le métro.

2.5 Conclusion

Les mesures de particules PM₁₀/PM_{2,5} réalisées en continu à Saxe-Gambetta depuis 2020 sont en baisse. En 2024, ces mesures continuent à diminuer par rapport à celles réalisées en 2023 : - 12 % pour les PM₁₀ et - 7 % pour les PM_{2,5} en moyenne annuelle. 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 puis s'est poursuivie en 2024.

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 µg/m³) pour les PM₁₀ est respectée en 2024 (aucun dépassement horaire enregistré). De plus, les valeurs de référence « ANSES » (CSout_OMS) pour les PM₁₀ (140 µg/m³) et pour les PM_{2,5} (80 µg/m³) sont globalement respectées en 2024, malgré quelques dépassements constatés en PM₁₀ et deux dépassements en PM_{2,5}.

La variation des niveaux entre les différents jours de la semaine est quasi inexistante en 2024. Seule une diminution est encore visible les jours du week-end, surtout le dimanche. 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, surtout pour les PM10, mais de manière moins marquée, en lien avec la baisse des concentrations.

Les résultats des mesures de dioxyde d'azote à Saxe-Gambetta ont montré que ce polluant provenait essentiellement des activités extérieures de surface, notamment du trafic automobile, en raison de la proximité des axes routiers autour de cette station de métro. En effet, les niveaux enregistrés restent similaires de ceux de la station trafic proche « Lyon trafic Jaurès » et au regard des valeurs recommandées en air intérieur, la valeur préconisée pour une exposition d'une heure n'a pas été atteinte durant cette année. Il n'a donc pas été jugé utile de poursuivre la mesure des oxydes d'azote à Saxe-Gambetta.

3. Mesures dans les rames

Le temps passé par un voyageur dans les enceintes ferroviaires souterraines 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 les études réalisées en 2022 et 2023, une troisième a ainsi été réalisée en 2024.

Le type de rame ayant changé sur la ligne B (nouvelles rames de métro mises en service en juin 2022), cette étude 2024 a été réalisée uniquement dans les habitacles de la rame de cette ligne.

Ligne B*	
Stations terminus	Charpennes Saint-Genis-Laval – Hôpitaux sud
Nombre total de stations	12 stations
Longueur totale de la ligne	7,7 km
Temps de parcours (2 allers/retours complets)	1h

* 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, ont été intégrées aux mesures en 2024.

3.1 Polluants et paramètres étudiés

Comme en 2023, 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 (CO₂), 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

Les mesures ont été réalisées en continu à l'intérieur de la rame de métro de la ligne B.



Elles ont été répétées :

- sur 3 journées différentes : le 14 mai (soir), le 15 mai (matin) et le 16 mai (soir) 2024,
- sur 2 allers/retours complets (d'un terminus à l'autre),
- dans des conditions semblables (jours ouvrés, heures de pointe de fréquentation, position similaire dans les différentes rames).

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, seuls les résultats en métaux seront 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

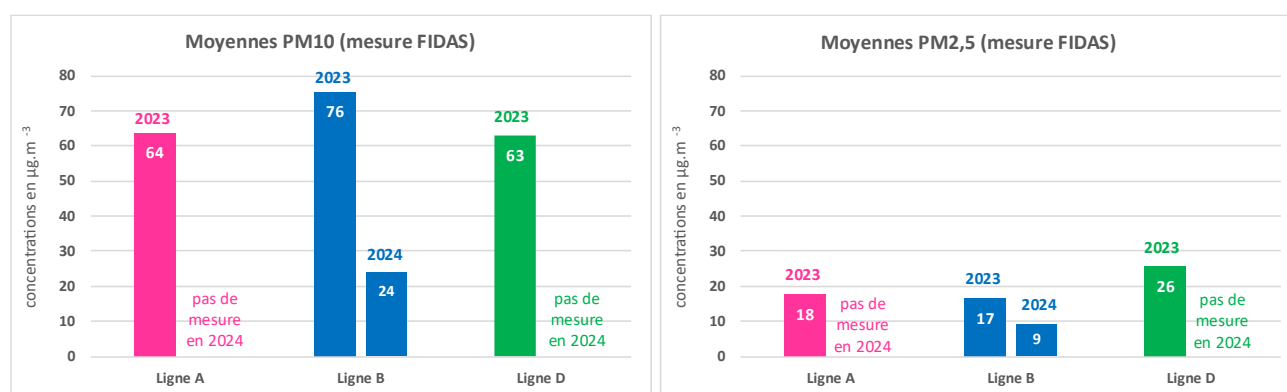


Figure 10 - Mesures « rames » - Moyennes 2023/2024 en PM10 et PM2,5 par ligne et en heure de pointe

En 2024, les niveaux de PM10 de la ligne B, qui étaient du même ordre de grandeur que sur les lignes A et D en 2023, sont en forte baisse. Quant aux niveaux de PM2,5 qui rejoignaient également les niveaux des autres lignes en 2023, ils sont en diminution en 2024 avec une baisse significative de 47 %.

Il faut considérer les variations 2023/2024 comme indicatives compte-tenu de l'échantillonnage des 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.

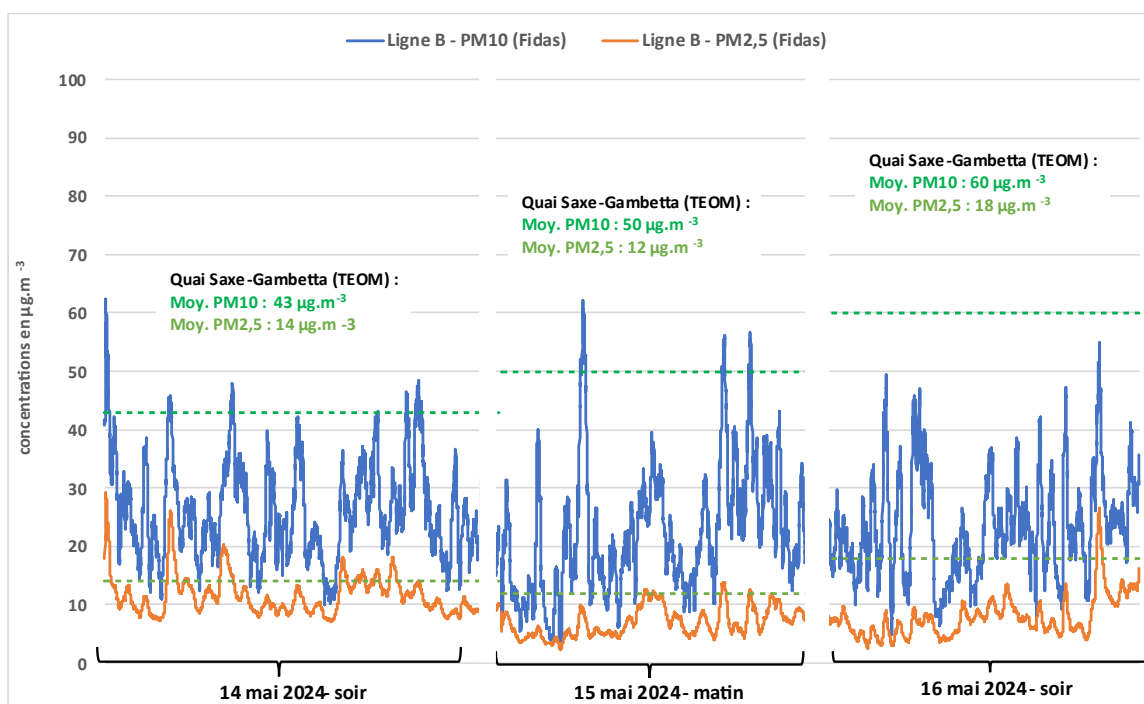


Figure 11 – Mesures « rames » ligne B - Evolution des concentrations des particules PM10 et PM2,5

Sur la ligne B, les concentrations de particules PM10 et PM2,5 enregistrées dans les rames et sur les différentes périodes de mesures varient très peu d'une journée à l'autre et restent à des niveaux bas.

Les niveaux moyens en particules dans les rames en PM10 et en PM2,5 sont en-dessous des niveaux moyens enregistrés en continu sur le quai de la station de Saxe-Gambetta : à peu près 2 fois moins élevés pour les PM10 et 3,5 fois moins élevés pour les PM2,5.

3.3.2 Les métaux

Les résultats détaillés des métaux pour la ligne B sont présentés en [annexe 6 « mesures dans les rames – Ligne B – Données Métaux »](#) sous forme d'un tableau.

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 riches 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

En 2022 et 2023, le fer était l'élément majoritaire des métaux prélevés, dans l'air intérieur des rames de la ligne B, passant de 59 % en 2022 à 45 % en 2023 des métaux prélevés. La présence importante de fer reste caractéristique des enceintes ferroviaires souterraines.

En 2024, cette teneur en fer baisse fortement sur la ligne B (de 45 à 13 %) et l'élément majoritaire des métaux prélevés devient le calcium représentant 75 % des métaux prélevés.

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 ».

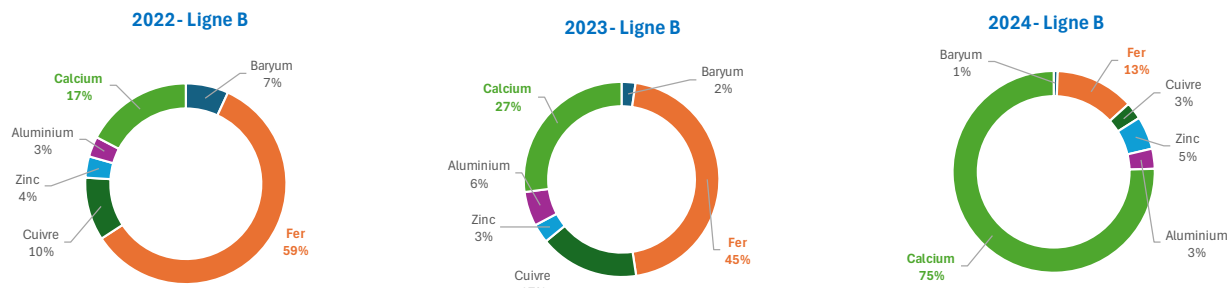


Figure 12 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en %) sur la ligne B

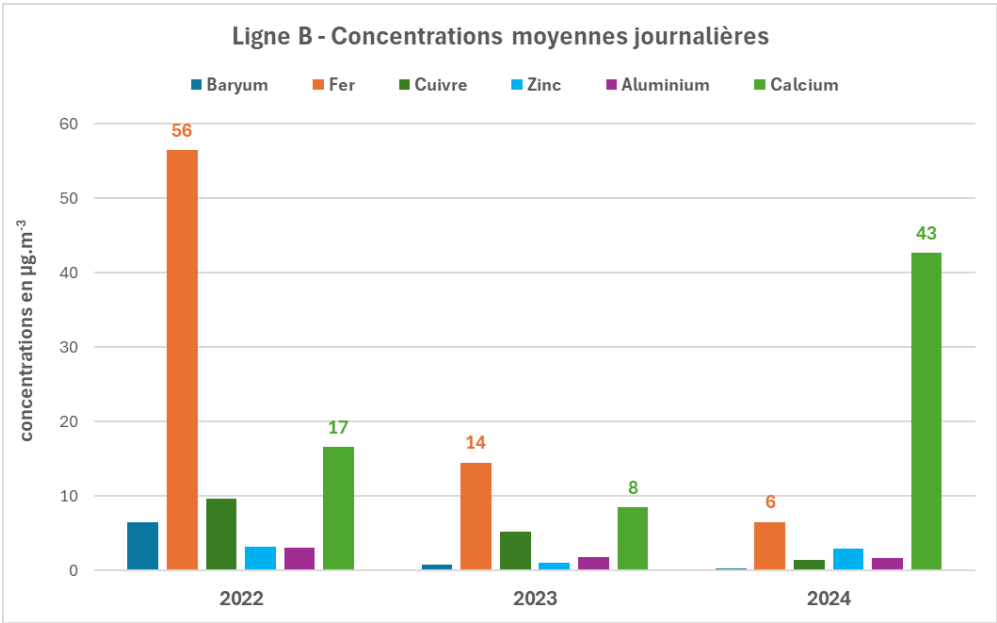


Figure 13 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en µg/m3) sur la ligne B

Les niveaux de fer sur la ligne B sont en baisse depuis 2022 passant de 56 µg/m3 en 2022 à 6 µg/m3 en 2024. A contrario, les niveaux de calcium sur la ligne B sont en forte augmentation, passant de 8 µg/m3 en 2023 à 43 µg/m3 en 2024.

Nous observons donc l’efficacité de la modernisation des rames de la ligne B sur le fer, bénéfique pour l’air intérieur des rames et de leurs usagers. En revanche, une source interne telle que du ballast ou l’utilisation d’abrasif ou antidérapant pourrait expliquer la présence de calcium, généralement attribué à des sources externes. En effet, des travaux d’extension de la ligne B (construction béton et donc source de calcium) ont été finalisés fin 2023 occasionnant des poussières, remises en suspension au moment du passage des rames de métro.

A titre indicatif, les concentrations en fer et en calcium sont comparées à celles obtenues durant les études « 15 jours » (campagne 2024) sur les quais de « Saxe-Gambetta », « Bellecour » et « Vieux Lyon » (cf. paragraphe 5.3.2)

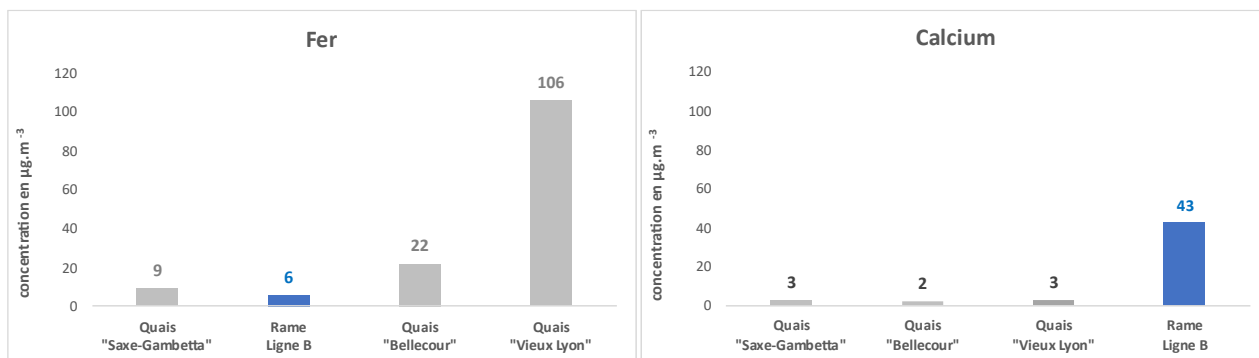


Figure 14 - Mesures « rames » - Concentrations moyennes sur la période en fer et en calcium (en µg/m³) ligne B/Quais

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 en fer sur les quais et à l'intérieur des rames de la ligne B.

En revanche, un écart important est observé sur les concentrations en calcium entre les résultats des quais de « Saxe-Gambetta » et ceux enregistrés dans les rames de la ligne B mais sans que cette comparaison puisse nous permettre de conclure sur ce sujet.

Remarque : il est nécessaire de rester vigilant 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, zinc, cuivre, ...), présents en quantité moins importante que le calcium et le fer, se répartissent (hors calcium et fer) de la manière suivante :

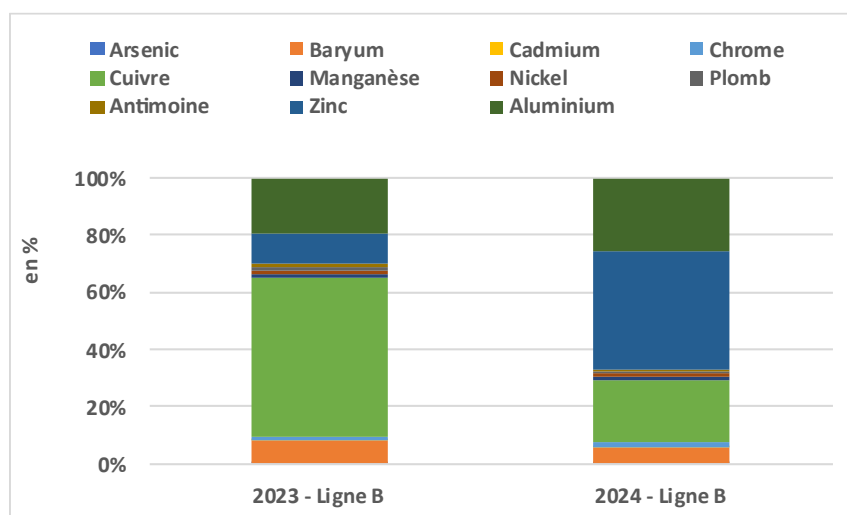


Figure 15 - Mesures « rames » - Répartition des métaux (en %) sur la ligne B, sans le fer et le calcium

Parmi les évolutions entre 2023 et 2024 sur la ligne B, on peut souligner :

- une répartition différente des métaux entre 2023 et 2024.
- le zinc est plus présent dans les métaux en 2024 (35 %) par rapport à 2023 (10 %). Il serait utile de rechercher s'il y a plus de zinc dans les matériaux des équipements de la ligne B.
- la part de cuivre (20 %) est moins importante en 2024 qu'en 2023 (55 %).

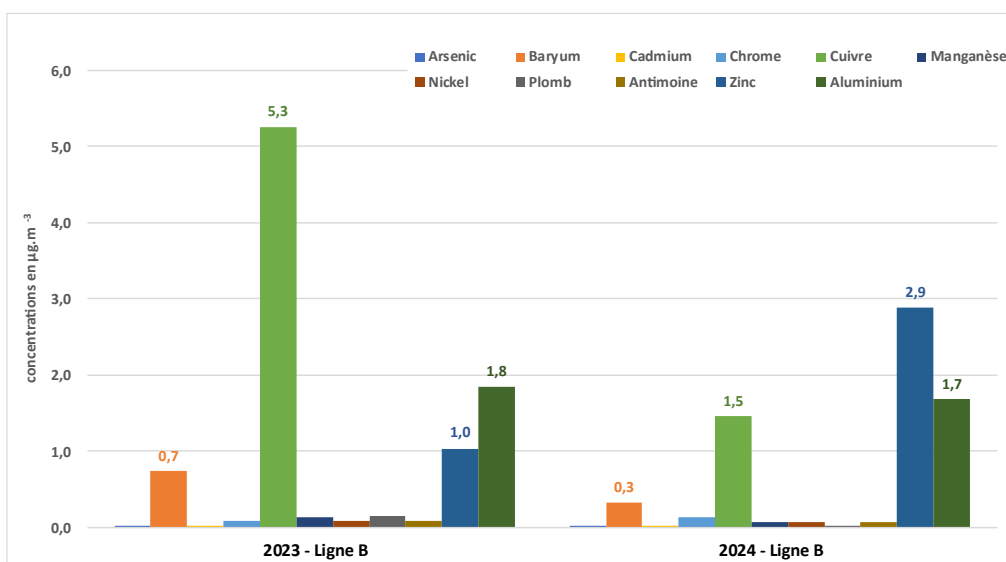


Figure 16 - Mesures « rames » - Concentrations des autres métaux (en µg/m3) sur la ligne B, sans le fer et le calcium

Comme dans l'analyse des proportions, ces métaux se distinguent aussi en concentration en 2024, c'est-à-dire moins de cuivre et plus de zinc.

Remarque : 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 Les niveaux de confinement et paramètres de confort

Le dioxyde de carbone (CO₂) – indicateur de confinement

Il n'existe pas de valeur de référence en CO₂ 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 CO₂ 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.

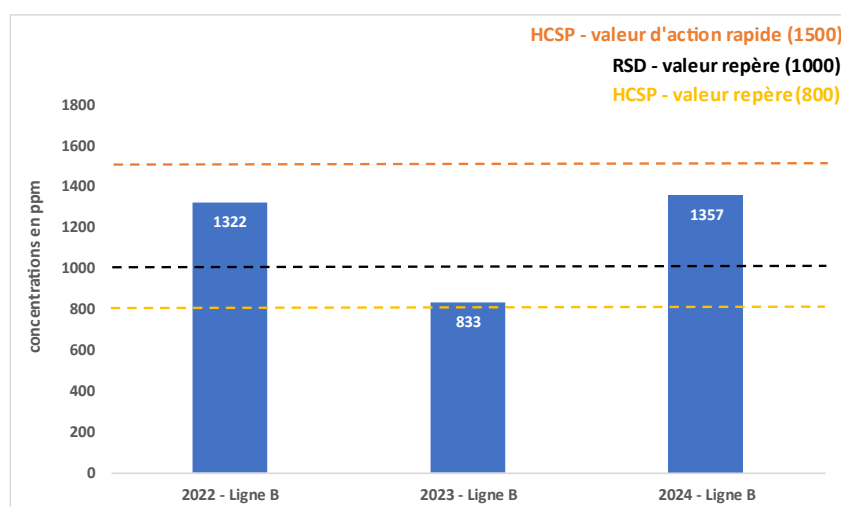


Figure 17 - Mesures « rames » - Moyennes CO₂ (en ppm) sur la ligne B

En 2024, le niveau de confinement mesuré dans les rames de la ligne B dépasse les seuils de 800 ppm (HCSP) et 1000 ppm (RSD) mais reste en dessous de la valeur d'action rapide fixée à 1500 ppm par le HCSP.

En comparaison à 2023, le niveau en CO₂ mesuré en 2024 dans les rames de la ligne B est plus important. 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, même avec un confinement a priori plus important en 2024, les niveaux de PM ont tout de même diminué par rapport à 2023.

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

La température moyenne, calculée sur les 3 trajets de la ligne B, est de 22,8 °C (20°C en 2023). Le taux d'humidité, quant à lui, a été enregistré à 61 % pour une valeur recommandée en environnement intérieur se situant entre 40 et 60%.

Comme pour les années précédentes, 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 2024, l'exposition des usagers a été réévaluée pour la troisième fois uniquement dans les habitacles des rames de métro de la ligne B, étant donné l'évolution du matériel roulant sur cette ligne (rames de métro de nouvelle génération mises en service depuis juin 2022). Des mesures de particules (PM10 et PM2,5), de métaux et de dioxyde de carbone (CO₂) ont été réalisées ainsi que le suivi de la température et de l'humidité.

Une évolution intéressante est à constater concernant les résultats en particules (PM10 et PM2.5) : dans les habitacles des rames, la baisse est très significative, de l'ordre de 68 % pour les PM10 et 47 % pour les PM2,5. En comparaison des mesures réalisées en continu sur le quai de Saxe-Gambetta, les concentrations en particules sont en moyenne 2,5 fois moins élevées dans les rames.

Concernant les métaux lourds, et contrairement aux conclusions des années précédentes, le fer n'est plus le métal majoritaire. Il passe de 14 µg/m³ à 6 µg/m³ en 2024 et laisse sa 1^{ère} place au calcium (8 µg/m³ en 2023 puis 43 µg/m³ en 2024). La répartition des autres métaux montre quelques différences entre les années qu'il serait intéressant de comprendre, en particulier une proportion de zinc plus importante et une part de cuivre moindre.

En complément et sans lien direct avec les niveaux mesurés, le renouvellement d'air (indicateur de confinement CO₂) dans les rames de cette ligne a été de moins bonne qualité en comparaison à 2023, mais similaire à 2022.

4. Etude de hiérarchisation des stations

L'étude de hiérarchisation consiste à réaliser des mesures ponctuelles avec du matériel léger mais dans l'ensemble des stations du métro. Les résultats indicatifs mais exhaustifs permettront de classer à nouveau les stations de métro en fonction des résultats trouvés et ainsi d'identifier les 3 stations dans lesquelles des mesures plus poussées seront mises en œuvre.

Le protocole méthodologique de l'INERIS prévoit de faire cette étude de hiérarchisation trois années de suite afin de consolider les résultats et tenir compte de la variabilité des concentrations de particules en fonction des stations et des périodes de mesure (heures et jours). Après 3 années de mesures consécutives (2020, 2021 et 2022) et une interruption d'un an (2023), une nouvelle étude de hiérarchisation des stations du métro lyonnais a ainsi été réalisée à l'automne 2024.

4.1 Polluants et paramètres étudiés

L'étude de hiérarchisation des stations de métro s'appuie sur la mesure des PM10, de manière ponctuelle et répétée dans chacune des stations : pour cela, nous utilisons un analyseur portatif³ qui permet également de mesurer des paramètres de confort que sont la température et l'humidité relative. Le dioxyde de carbone, indicateur de confinement, est mesuré avec un autre appareil.

4.2 Sites et période de mesure

Comme pour les années précédentes, les mesures ont de nouveau été réalisées dans les 36 stations de métro des lignes A, B et D représentant ainsi 90 % de la totalité du réseau du métro lyonnais. Les stations concernées par les 10 % restant sont situées en surface et ne font pas l'objet de l'étude. Les stations avec des correspondances (Bellecour, Saxe-Gambetta et Charpennes) ont été investiguées sur les quais des 2 lignes, soit au total 39 points de mesure (*annexe 7 - Etude de hiérarchisation – liste des stations de métro étudiées*).

Le protocole de mesure consiste à effectuer de courtes campagnes de mesure des particules PM10 d'environ 15 minutes dans des conditions semblables (jours ouvrés, heures de pointe de fréquentation, position similaire sur les différents quais...). Ces mesures sont répétées 3 fois par station, à des moments différents (jours différents, matin et après-midi, horaires variables dans les plages visées), pour consolider et moyenner les résultats de chacune des stations (*annexe 8 - Etude de hiérarchisation – Particules PM10 – moyennes 15 min*).

Les mesures ont donc été faites :

- hors période de vacances : les 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11 et 12 septembre 2024.
- en période de pointe du matin entre 7h et 9h et en fin de journée entre 16h et 20h.
- au milieu des quais et à hauteur des voies respiratoires d'un voyageur en position debout.

³ Analyseurs « FIDAS frog » recommandés dans le guide de l'INERIS

4.3 Résultats

4.3.1 Classement des études précédentes

Les études de hiérarchisation réalisées en 2020, 2021 et 2022 avaient donné les classements suivants :

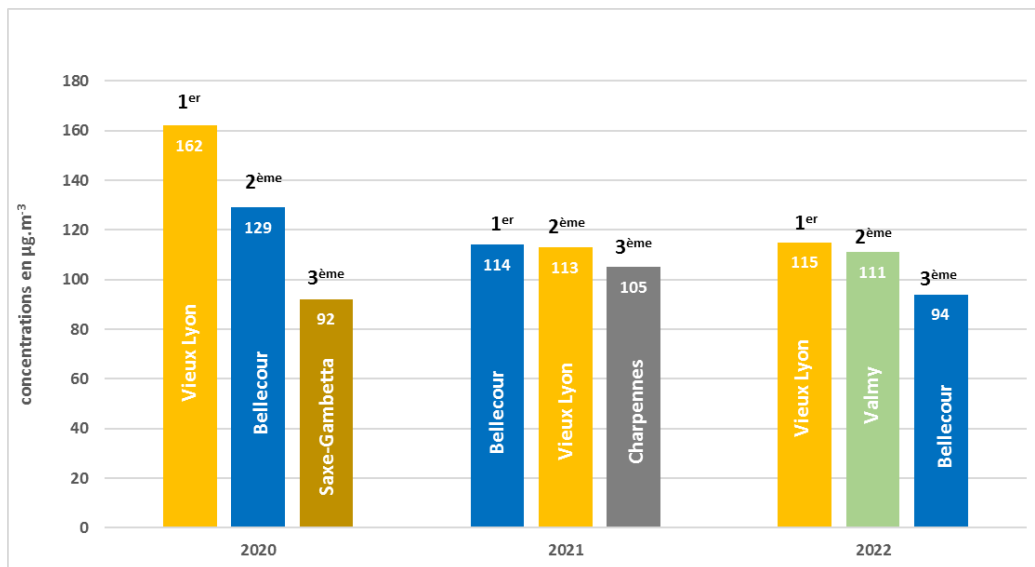


Figure 18 - Etude de hiérarchisation – Classement depuis 2020 – Moyennes PM10 « 15 min »

4.3.2 Les particules PM10

Le graphique ci-dessous présente les moyennes « 15 min » (3*15min) des stations de métro étudiées et classées de la station montrant les niveaux les plus importants à celles ayant les concentrations les plus faibles.

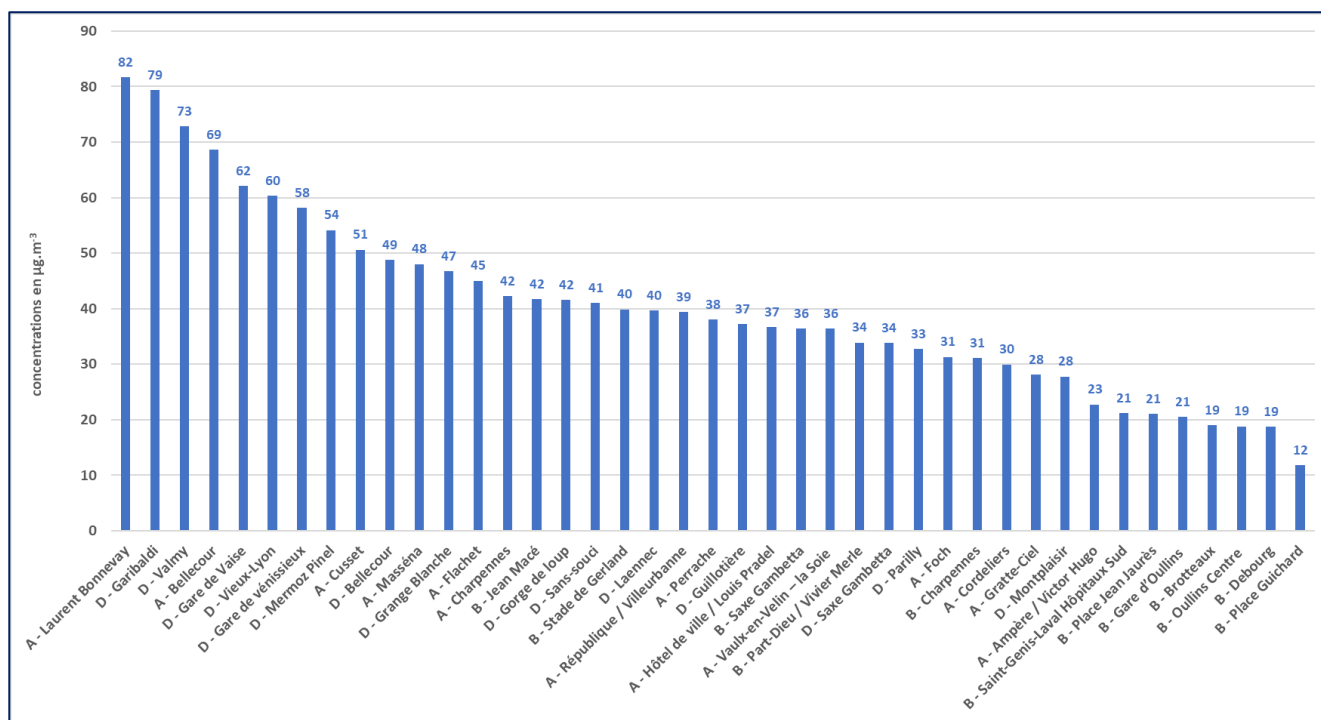


Figure 19 - Etude de hiérarchisation – Moyenne PM10 «15 min » (3*15min)

En 2024, la station « Laurent Bonnevey » (métro A) est la station qui enregistre la concentration moyenne en PM10 la plus élevée (82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et c'est également la station qui enregistre la 2^{ème} valeur maximale la plus haute sur 15 minutes (96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Cette station occupait la 20^{ème} place lors de la dernière étude de hiérarchisation en 2022 avec une moyenne de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figure 20 - Station de métro « Laurent Bonnevey »

En 2024, « Place Guichard » (ligne B) est la station qui enregistre la concentration moyenne en PM10 la moins élevée (12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Elle est également celle qui enregistre la valeur sur 15 min la plus basse (14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Cette station occupait la 35^{ème} place en 2022 avec une moyenne de 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figure 21 - Station de métro « Place Guichard »

Par rapport à l'étude de hiérarchisation réalisée en 2022 :

- la station « Vieux Lyon », qui occupait la 1^{ère} place (115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) est maintenant 6^{ème} du classement 2024 avec une moyenne presque 2 fois moins élevée (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- la station « Debourg », qui occupait la dernière place (16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), se positionne à l'avant dernière place en 2024 avec une moyenne à 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Même constat que les années précédentes, les écarts de concentrations en PM10 varient différemment d'une station à une autre et d'une année à l'autre. Même si la méthodologie de l'INERIS cadre les périodes de mesure et demande de les mixer dans le but d'avoir des moyennes représentatives, le fait de devoir réitérer l'étude 3 années consécutives démontre que des biais peuvent tout de même apparaître, ce qui pourrait être le cas pour les stations avec un classement très différent entre 2022 et 2024.

De plus, la baisse des concentrations des stations de la ligne B, déjà constatée en 2022 et en lien avec la mise en circulation des nouvelles rames de métro sur cette ligne, se confirme en 2024 sur plusieurs stations (Charpennes, Brotteaux, Place Guichard, Place Jean Jaurès, ...).

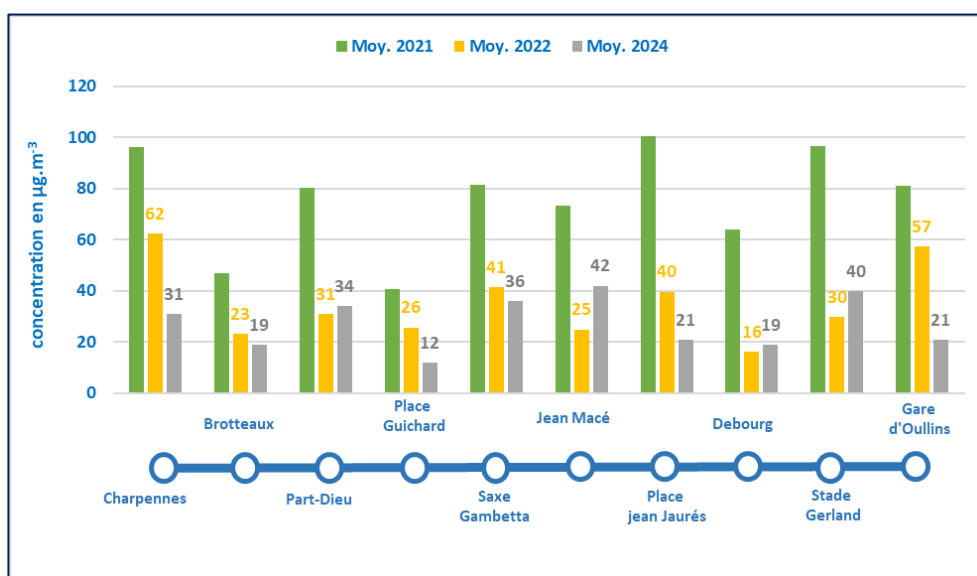


Figure 22 - Etude de hiérarchisation – Ligne B - Evolution des moyennes (3*15 min)

4.3.3 Les niveaux de confinement et paramètres de confort

Comme en 2022, des mesures de dioxyde de carbone, de température et d'humidité relative ont également été réalisées afin d'identifier des situations atypiques en termes de circulation d'air ou de confort pour les voyageurs.

Le dioxyde de carbone (CO₂) – indicateur de confinement

Il n'existe pas de valeur de référence en CO₂ pour les EFS. Toutefois, afin d'appréhender des situations de confinement, il n'est pas inopportun de se référer à des seuils définis par différentes instances dans le domaine de l'air intérieur :

- Le HCSP définit pour les ERP :
 - une valeur repère de **800 ppm** de CO₂ comme objectif d'un renouvellement de l'air satisfaisant des locaux occupés par apport d'air neuf.
 - une valeur d'action rapide de **1500 ppm**, témoignant d'un confinement de l'air non acceptable au regard de la littérature scientifique et nécessitant des actions correctives.
- le RSD (Règlement Sanitaire Départemental) recommande de se situer en dessous d'un seuil de **1 000 ppm**

Pour donner une valeur comparative, l'air extérieur au 21^{ème} siècle contient environ 0,04 % de CO₂, soit **415 ppm**.

La moyenne calculée sur l'ensemble des sites pour le dioxyde de carbone (voir *annexe 9 « Etude de hiérarchisation – CO₂ (moyennes 15')*) est de 643 ppm. La moyenne la plus forte a été enregistrée dans la station « Gare de Vénissieux » à 919 ppm. La plus faible moyenne a été enregistrée dans la station « Gare d'Oullins » avec 439 ppm. Les niveaux de CO₂ mesurés dans le métro lyonnais sont donc corrects et ne traduisent pas de situations de confinement.

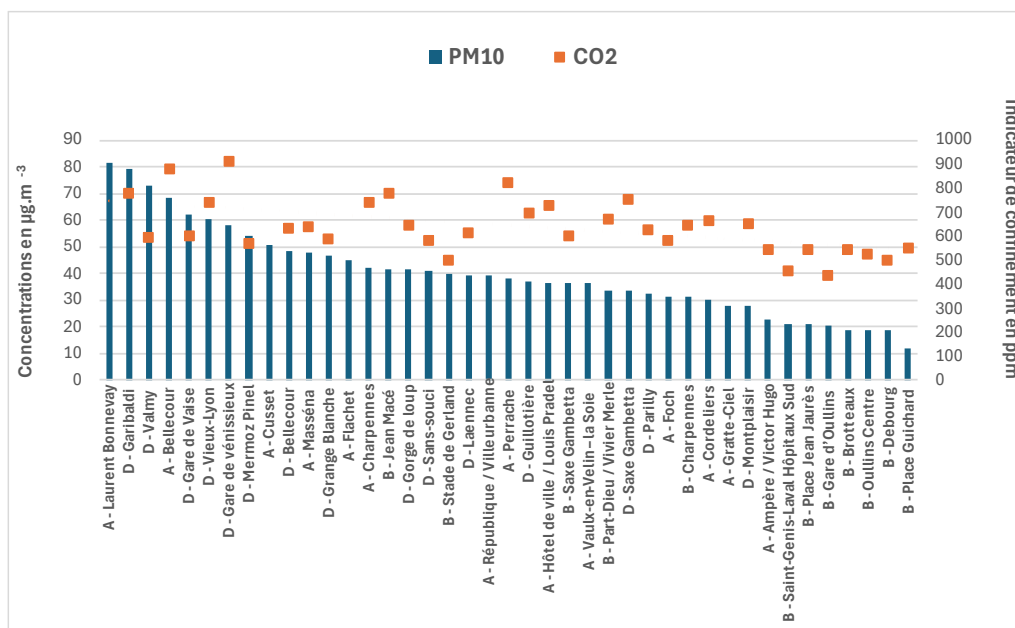


Figure 23 - Etude de hiérarchisation – PM10/ dioxyde de carbone

En première approche, les concentrations moyennes en PM10 et en CO₂ de chacune des stations ne sont pas corrélées. Cependant, sur la globalité des stations un lien entre les concentrations PM10 et le CO₂, même faible, est visible démontrant que le niveau des concentrations en particules est nettement plus en lien avec les émissions qu'avec la ventilation, qui peut avoir un effet non négligeable.

De plus, et comme déjà démontré les années précédentes, les mesures de CO₂ réalisées en continu sur la station de Saxe-Gambetta, en parallèle des mesures fixes de PM10, montrent qu'il pourrait également y avoir une corrélation entre ces 2 paramètres lorsque les mesures sont réalisées sur des périodes plus longues et en continu.

La température (T°) – paramètre de confort

La température moyenne calculée sur l'ensemble des sites (*Annexe 10 - Etude de hiérarchisation – Température moyennes 15'*) est de 28 °C. La moyenne la plus forte a été relevée pour la station de « Laurent Bonneval » avec 33 °C et la plus faible pour la station de « Gare d'Oullins » avec 22 °C.

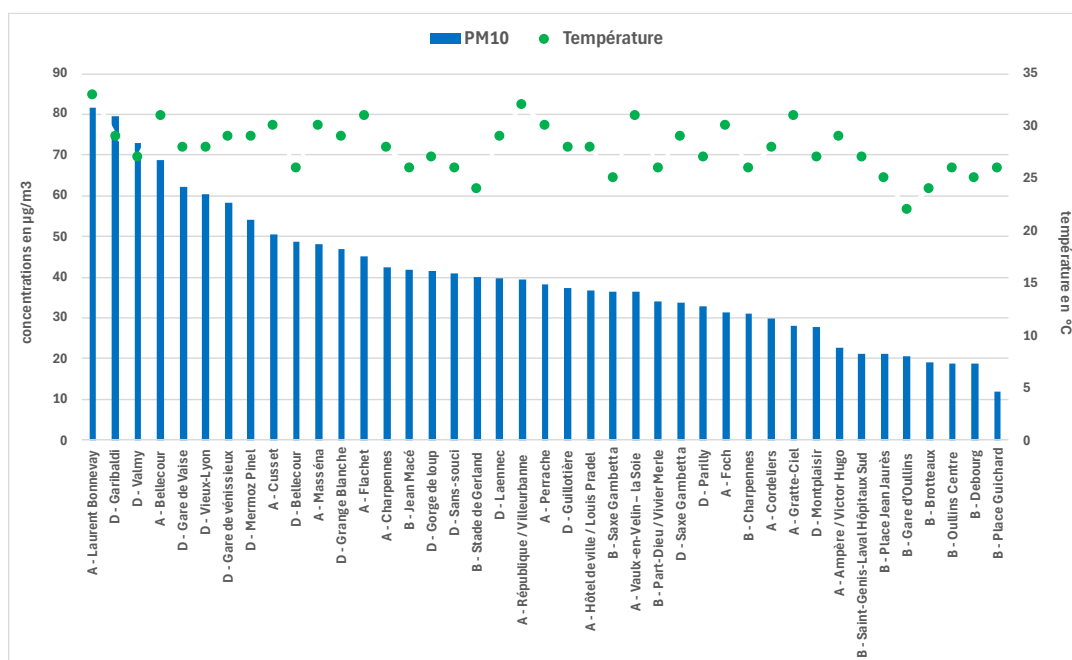


Figure 24 - Etude de hiérarchisation - PM10/température

L'humidité relative (HR) – paramètre de confort

L'humidité relative moyenne enregistrée sur l'ensemble des stations (*Annexe 11 - Etude de hiérarchisation – Humidité relative moyennes 15'*) est de 39 % et elle varie entre 33 et 47 %. En comparaison, le taux d'humidité recommandé en environnement intérieur se situe entre 40 et 60%.

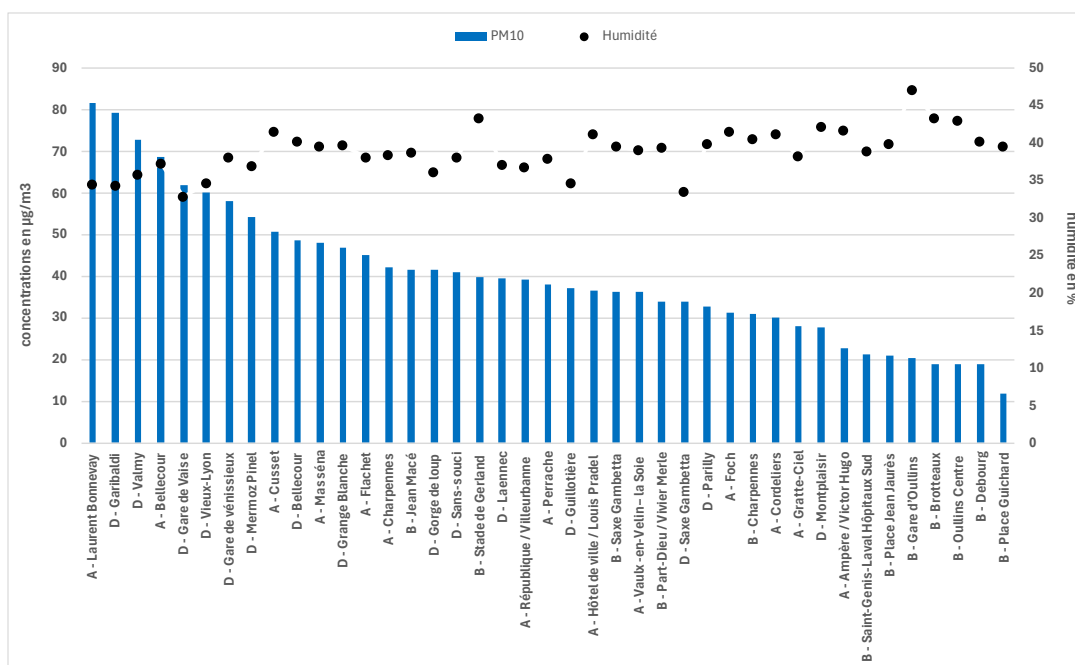


Figure 25 - Etude de hiérarchisation – PM10/humidité

Ces 2 paramètres de confort (température et humidité) n'ont donc a priori pas de lien évident avec les niveaux de particules mesurés dans le métro.

4.4 Conclusion

Cette nouvelle étude de hiérarchisation a permis d'établir un nouveau classement des 36 stations (39 points de mesures) étudiées sur les lignes A, B et D du métro lyonnais, en fonction de leurs concentrations moyennes en PM10. Les 3 stations observant les plus forts niveaux sont :

1. « Laurent Bonnevey » (métro A) avec la concentration moyenne en PM10 la plus élevée (82 µg/m3). En 2022, cette station occupait la 20^{ème} place.
2. « Garibaldi » (métro D) qui occupe en 2024 la 2^{ème} place (79 µg/m3). En 2022, elle se positionnait à la 23^{ème} place.
3. « Valmy » (métro D) est 3^{ème} (73 µg/m3) et se plaçait à la 2^{ème} place en 2022.

A l'issue de l'étude de hiérarchisation, le protocole d'étude de l'INERIS prévoit des mesures complémentaires de métaux et des mesures renforcées de particules dans les 2 stations dont les niveaux en particules sont les plus élevés ainsi que dans celle qui est la plus fréquentée.

Le choix des 2 premières stations a bien été effectué en fonction des niveaux de particules enregistrés dans les stations mais également des possibilités pratiques d'installation du matériel et du besoin d'assurer une continuité dans les mesures des particules et des métaux. En concertation avec SYTRAL Mobilités, les stations « Bellecour » et « Vieux Lyon » ont de nouveau été retenues pour réaliser ces campagnes de mesures complémentaires de 15 jours :

- La station « **Bellecour** » : régulièrement positionnée dans les 3 premières places des études de hiérarchisation depuis 2020, cette station a de nouveau été retenue afin de consolider les résultats de l'année dernière et d'assurer une continuité dans les mesures des particules et des métaux.
- La station « **Vieux Lyon** » enregistre toujours des niveaux élevés en particules et métaux et elle se positionne constamment dans les 3 premières places des études de hiérarchisation depuis 2020. Malgré des campagnes déjà effectuées, des mesures supplémentaires sont encore nécessaires afin de pouvoir en comprendre les causes et accompagner SYTRAL Mobilités dans ses actions.
- La station « Gare de Vaise » (5^{ème} dans ce classement 2024) devait être le 3^{ème} point de mesure complémentaire de « 15 jours ». Malheureusement, un problème technique en station ne nous a pas permis de réaliser cette campagne sur ce quai. En remplacement, il a été décidé de renouveler les mesures complémentaires de métaux à **Saxe-Gambetta** malgré son classement en 2024 (24^{ème} position). Ces nouvelles mesures à Saxe-Gambetta, permettront également d'assurer une continuité dans les mesures des particules et des métaux sur cette station et ainsi disposer d'une référence pour l'évolution temporelle des niveaux d'année en année.

5. Etude « 15 jours » sur les quais

5.1 Sites de mesure et polluants étudiés

À la suite de l'étude de hiérarchisation, les stations de « Bellecour » (métro A), « Vieux Lyon » et « Saxe-Gambetta » ont donc été sélectionnées pour réaliser une campagne complémentaire.



Figure 26 - 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.

Cette année, des mesures du dioxyde de carbone (CO₂) ont également été réalisées afin d'identifier les situations atypiques en termes de ventilation ou de confort pour les voyageurs.

5.2 Période de mesure et matériel mis en œuvre

En lien avec des expérimentations réalisées sur le quai de la station de métro « Saxe-Gambetta », Sytral Mobilités a souhaité disposer de mesures de particules (PM10 et PM2,5) sans interruption, d'octobre 2024 à février 2025. De ce fait, l'analyseur de particules n'a pas pu être utilisé pour les campagnes « 15 jours » prévues initialement sur le dernier trimestre 2024 et les 3 campagnes « 15 jours » de 2024 ont été reportées et organisées à partir du mois de mars 2025.

Dans le but d'être représentative d'une période standard d'exploitation du métro et comme indiqué dans le protocole national, les mesures ont donc été réalisées hors périodes de vacances scolaires et dans l'ordre suivant : « Bellecour » du 10 au 26 mars 2025 inclus, « Vieux Lyon » du 27 mars au 23 avril 2025 inclus puis « Saxe-Gambetta » du 11 au 25 juin 2025 inclus.

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

- 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.
- Un appareil qui permet de mesurer le dioxyde de carbone, indicateur de confinement.
- Un préleveur bas-débit de type « Partisol » pour les métaux avec une tête de prélèvement des PM10 : prélèvement sur filtre (1 prélèvement par jour sur au moins 14 jours consécutifs si possible) avec analyse différée des filtres en laboratoire.

5.3 Résultats

Les résultats détaillés des particules PM10/PM2,5 et CO₂ ainsi que des métaux sont présentés dans les *annexes 12 à 17*, 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/PM2,5 et le dioxyde de carbone (non disponible pour les métaux étant donné que ce sont des résultats journaliers).

5.3.1 Les particules PM10 et PM2,5

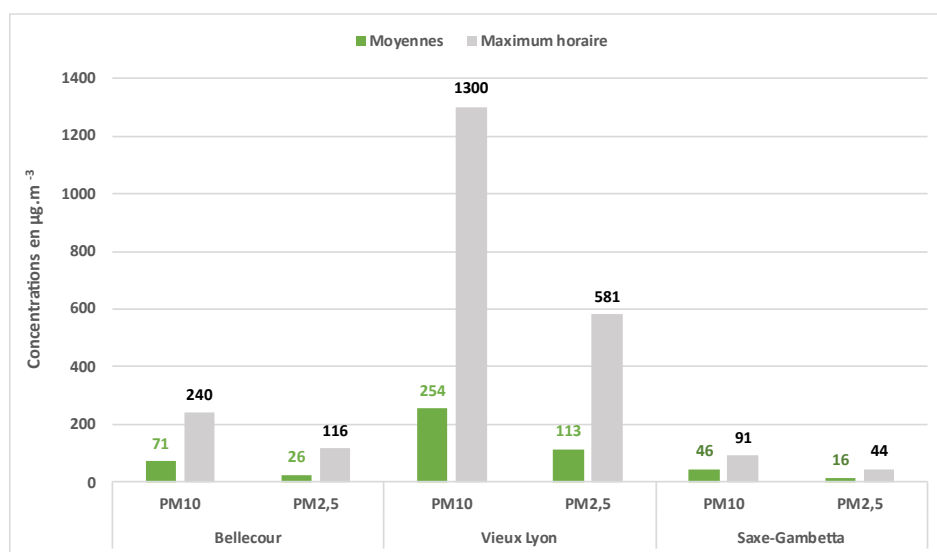


Figure 27 - Etude « 15 jours » - Moyenne et maximum horaire en PM10 et PM2,5 par station

Profils journaliers

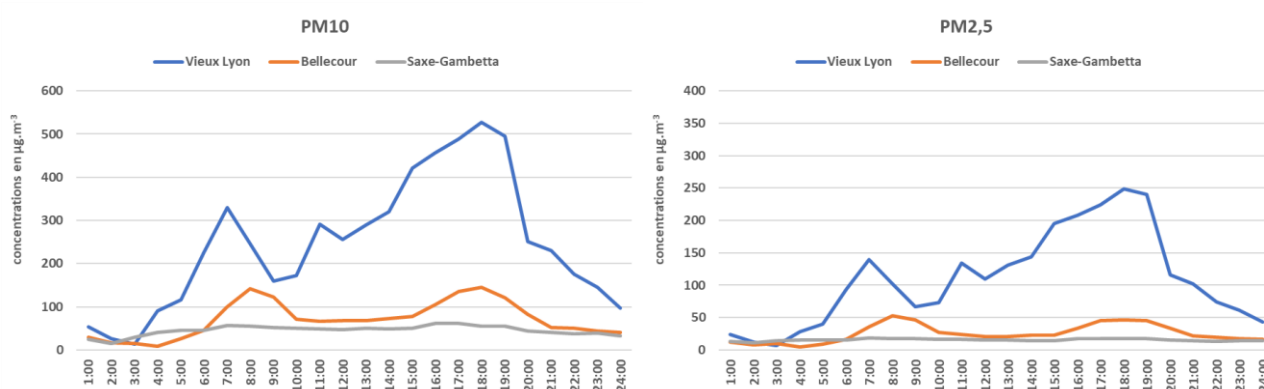


Figure 28 - Etude « 15 jours » - campagne 2024 - Profils journaliers PM10/PM2,5

Les 3 profils sont bien différents marquant des situations tout autant inégales. Avec des intensités distinctes, on retrouve les pointes du matin (6h à 9h) et du soir (16h à 20h) liées à la fréquentation du métro et au nombre de rames en circulation, beaucoup plus marquée pour la station de Vieux Lyon. Avec des niveaux bas en PM10 et PM2,5 à Saxe-Gambetta, les profils ne marquent pas les heures de pointes.

Concernant « Vieux Lyon », il est très utile de constater que les niveaux de nuit (fermeture du métro de minuit à 5h du matin) sont approximativement 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.

Station « Vieux Lyon »

De nouveau, la station « **Vieux Lyon** » montre les plus fortes concentrations moyennes en PM10 (et aussi en PM2.5) confirmant ainsi sa 6^{ème} place constatée lors de l'étude de hiérarchisation de l'automne 2024 (paragraphe 4.3.2).

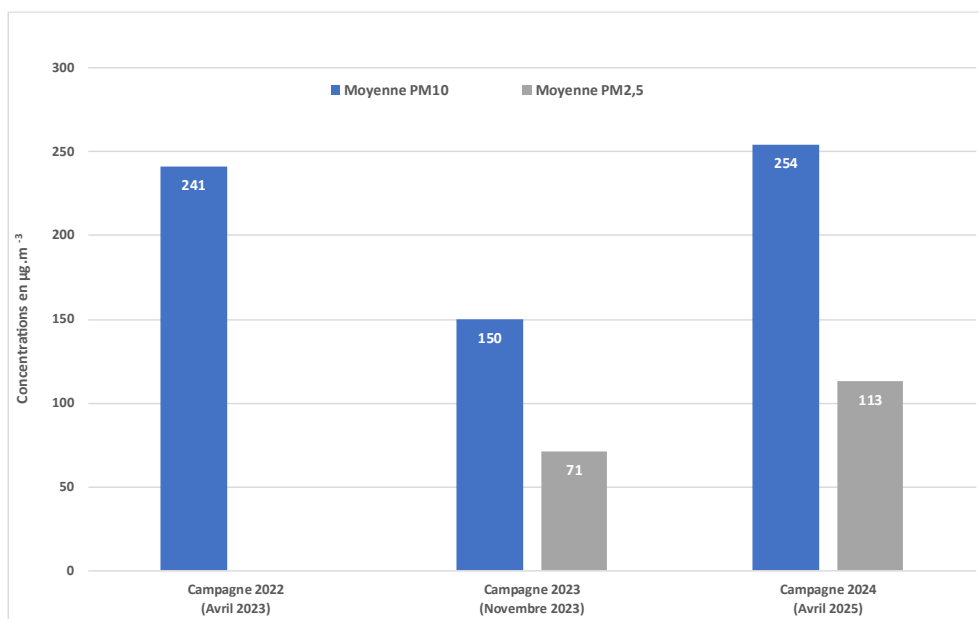


Figure 29 - Etude « 15 jours » - Vieux-Lyon – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur les campagnes 2022 à 2024

Par rapport à l'étude « 15 jours » réalisée en 2023, les niveaux moyens enregistrés à « Vieux Lyon » sont en hausse et ils sont du même ordre de grandeur que ceux enregistrés en 2022. Les niveaux en PM2,5 augmentent également par rapport à 2023 en passant de 71 µg/m3 à 113 µg/m3 en moyenne.

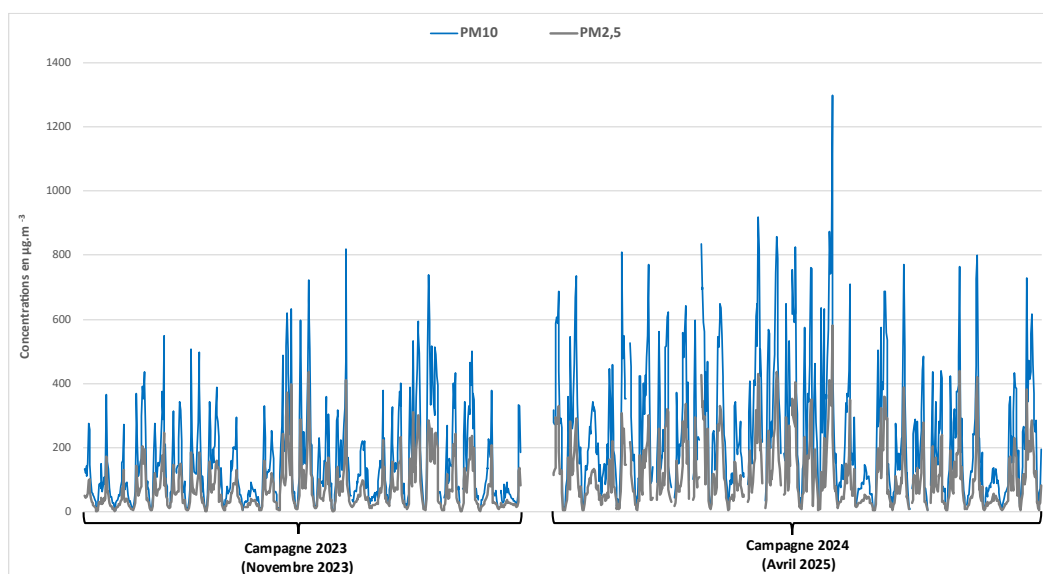


Figure 30 - Etude « 15 jours » - Vieux-Lyon – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5 sur les 2 dernières campagnes

Pour Vieux Lyon, 90 % des valeurs horaires sont inférieures à 562 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 10 % d'entre elles sont supérieures à ce seuil. Cette valeur de 562 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (percentile 90), en comparaison à la moyenne, permet d'avoir une idée de l'importance des valeurs de pointe (possiblement atypiques par rapport à la série de données). Cependant, le manque de données d'activité ne nous permet pas de mieux analyser ces résultats et d'en trouver les causes.

Station « Saxe-Gambetta »

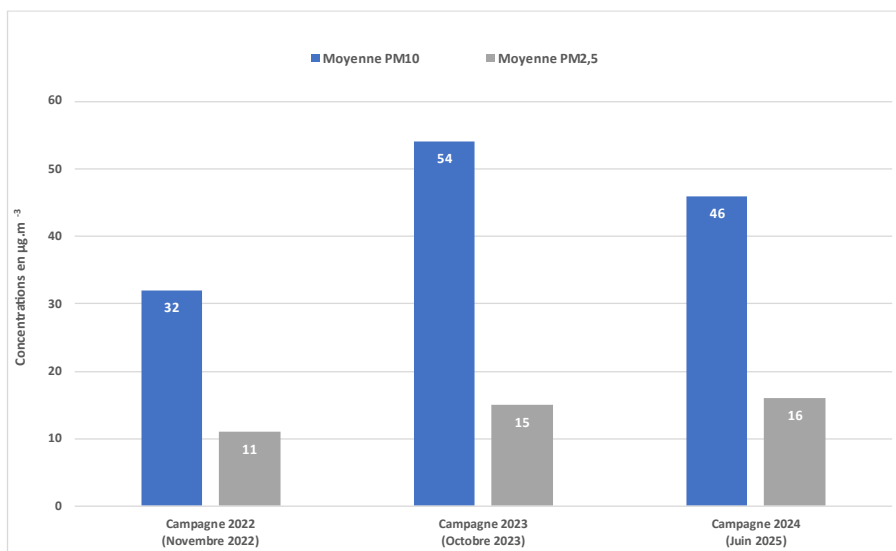


Figure 31 - Etude « 15 jours » - Saxe-Gambetta – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur les campagnes 2022 à 2024

En regard des observations faites à « Vieux Lyon » et même si les périodes de 15 jours sont différentes, les concentrations moyennes lors des « campagnes 15 jours » à Saxe-Gambetta semblent plutôt stables dans le temps, constat favorisé avec la faiblesse des niveaux par rapport à Vieux-Lyon.

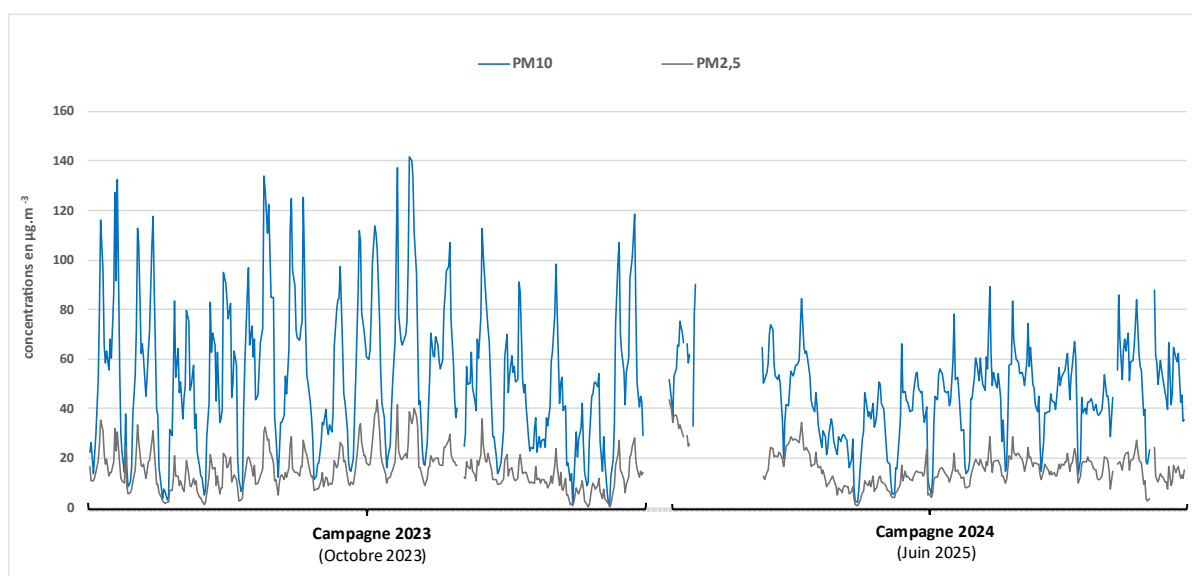


Figure 32 - Etude « 15 jours » - Saxe-Gambetta – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5 sur les 2 dernières campagnes

Les concentrations enregistrées durant la campagne 2024 restent basses 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.

En se focalisant sur les données horaires des campagnes, on aperçoit une baisse significative des niveaux des PM10, surtout en pointes, entre les 2 campagnes d'octobre 2023 et juin 2025.

A noter que durant ces 2 campagnes, des expérimentations, à l'aide de colonnes de filtration d'air, ont été réalisées à Saxe-Gambetta avec possiblement un impact sur les niveaux de particules.

Station « Bellecour »

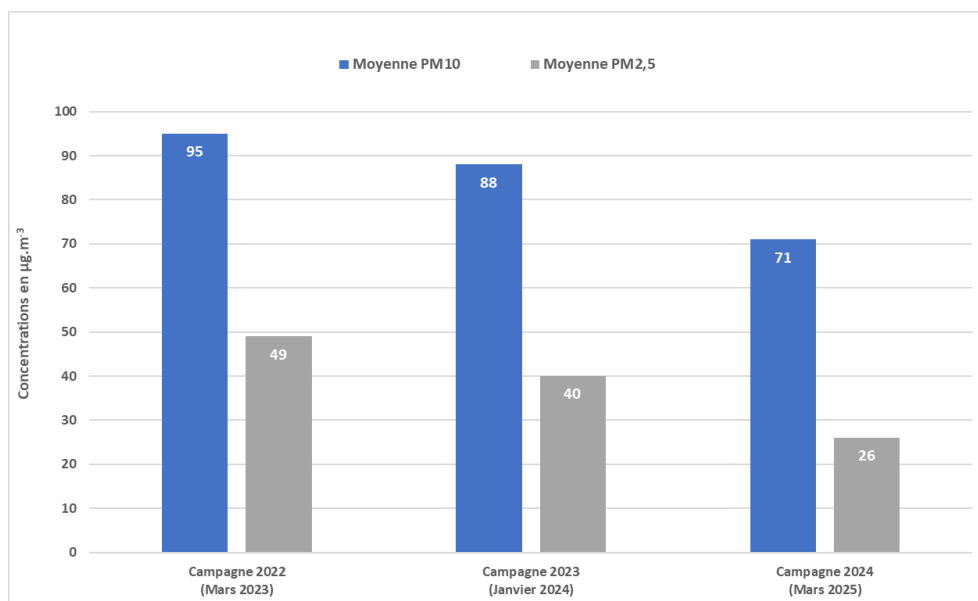


Figure 33 - Etude « 15 jours » - Bellecour – Evolution des moyennes PM10/PM2,5 sur les campagnes 2022 à 2024

Confirmant les résultats de l'étude de hiérarchisation de 2024, les niveaux moyens enregistrés à « Bellecour » se situent entre les 2 stations de Saxe-Gambetta et Vieux Lyon, avec une moyenne en PM10 à 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (et en PM2,5 à 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) contre une estimation des PM10 à 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Bellecour lors de l'étude.

De plus, les concentrations moyennes relevées durant cette campagne « 15 jours » de 2024 sont en baisse par rapport à celle de 2023 (- 19 % pour les PM10 et - 35 % pour les PM2,5), à l'identique des concentrations maximum horaires qui baissent d'une campagne à l'autre.

A Bellecour, 80 % des valeurs horaires en PM10 se situent entre 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (percentile 10) et 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (percentile 90) ce qui pourrait expliquer une moyenne sur la période à 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

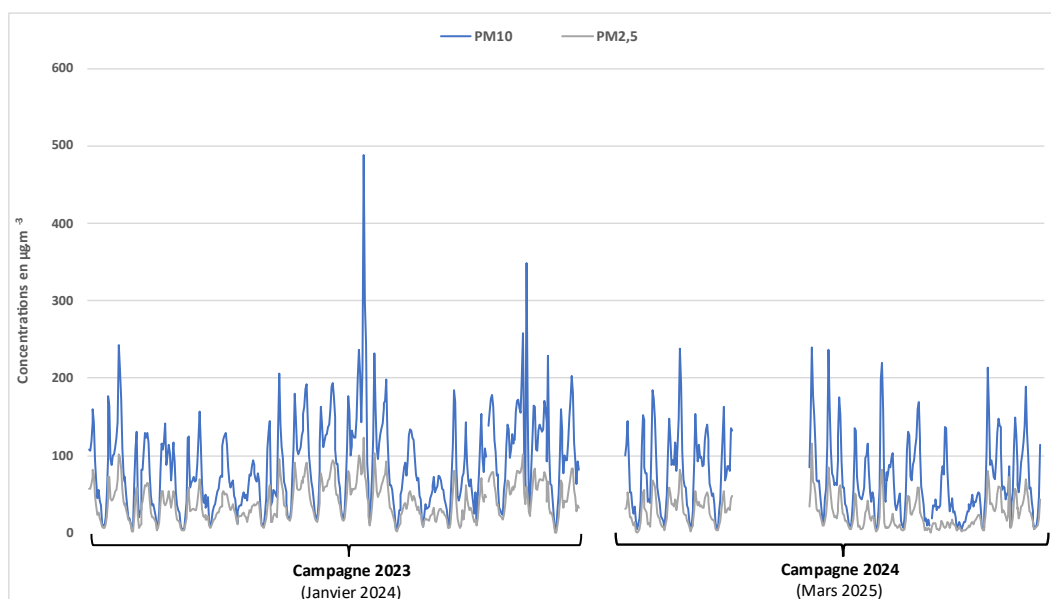


Figure 34 - Etude « 15 jours » - Bellecour – Evolution des concentrations horaires PM10/PM2,5 sur les 2 dernières campagnes

Conclusion

Les concentrations horaires enregistrées à Saxe-Gambetta et Bellecour durant ces 15 jours d'étude respectent la valeur de référence sur une heure en PM10 de l'ANSES (CSout_Lim à 480 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). La valeur de l'ANSES (CSout_OMS) fixée à 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, quant à elle, est très souvent dépassée à Bellecour, contrairement à Saxe-Gambetta où aucun dépassement n'a été enregistré. Concernant les PM2,5, la valeur de référence de l'ANSES (CSout_OMS) fixée à 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a jamais été dépassée à Saxe-Gambetta contrairement à Bellecour où des dépassements ponctuels ont été enregistrés avec un maximum horaire enregistré à 116 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 11 avril 2025 en semaine et début de soirée (heure de pointe).

L'évolution de ces concentrations horaires, en lien avec ces valeurs de référence est présentée en *annexe 18 (Etude « 15 jours » - Situation des niveaux par rapport aux valeurs de référence proposées par l'ANSES)*.

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 pourraient être réalisées en 2025.

5.3.2 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 14 prélèvements effectués, est différente d'un site à un autre : en moyenne 46 % à Vieux Lyon (46 % en 2023), 38 % à Bellecour (36 % en 2023) et 33 % à Saxe-Gambetta (37 % en 2023) :

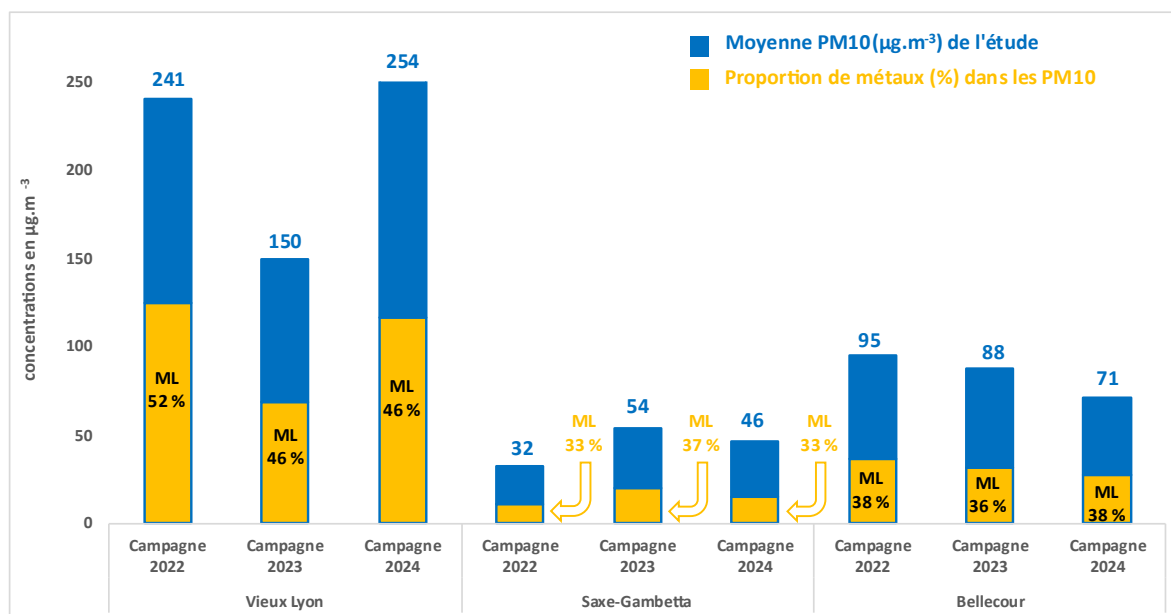


Figure 35 - Etude « 15 jours » - Evolution des niveaux de PM10 et proportion de métaux par station

Comme vu précédemment, les niveaux de PM10 à Saxe-Gambetta lors de cette campagne 2024 ont diminué par rapport à la précédente, et la proportion de métaux, quant à elle, baisse également (de 37 à 33 %). Pour « Bellecour », la proportion de métaux représente toujours un peu plus du tiers des particules. Quant à la station de « Vieux Lyon », avec une augmentation des niveaux de particules entre les 2 campagnes (1,5 fois plus), la proportion de métaux en 2024 reste stable à une petite moitié (46 %) de la quantité de particules.

Comme pour les campagnes antérieures, le fer reste l'élément majoritaire représentant 66 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 : 66 % à Saxe-Gambetta » (en lien avec la mise en circulation des nouvelles rames sur la ligne B), 81 % à Bellecour (78 % en 2023) et jusqu'à 91 % à Vieux Lyon (comme en 2023).

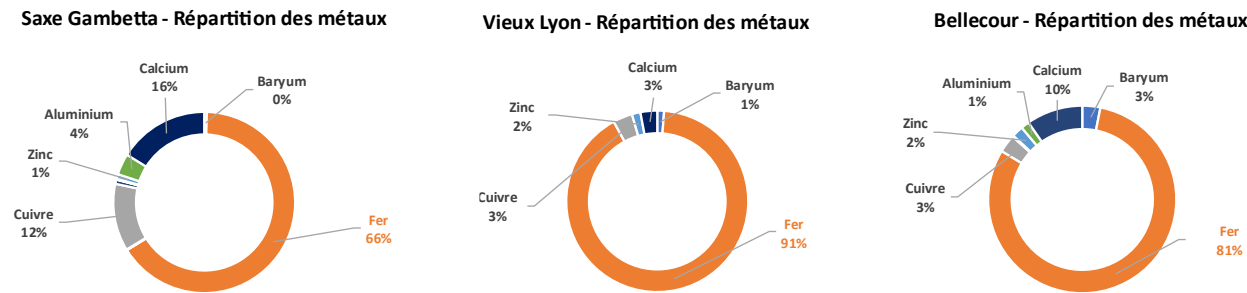


Figure 36 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) par station

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 ».

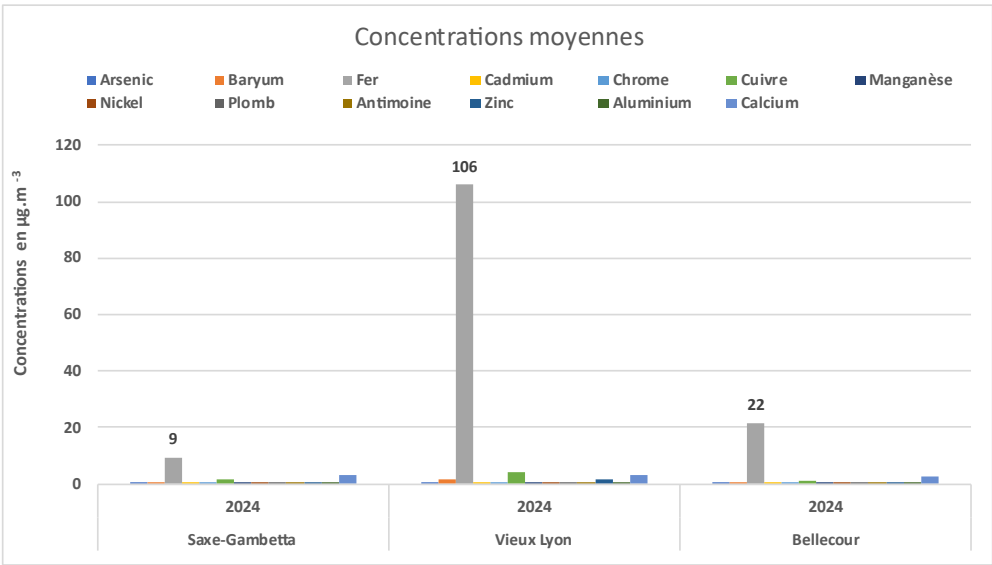


Figure 37 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en µg/m3) par station

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

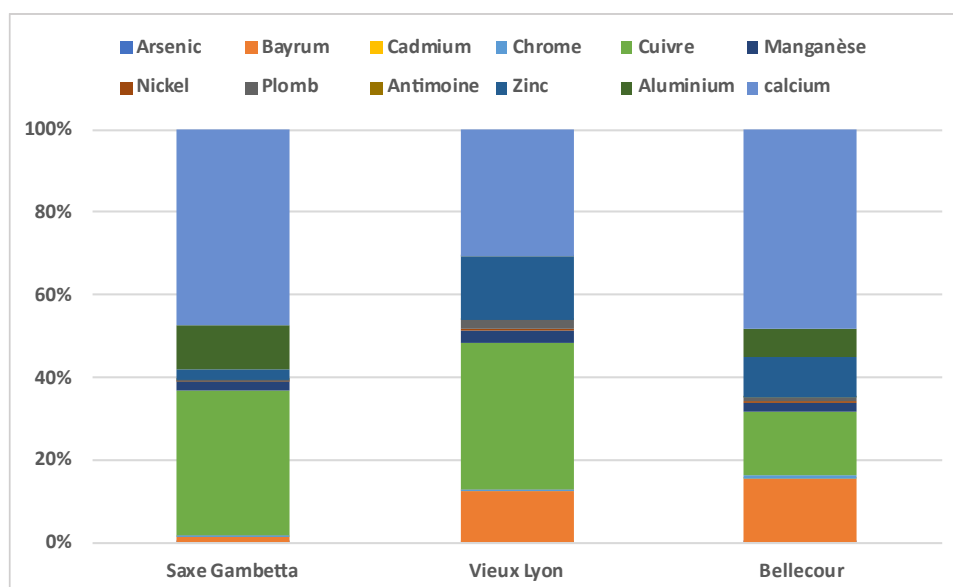


Figure 38 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) hormis le fer, par station

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

- Le calcium qui est plus présent à « Saxe-Gambetta » (44 %) en 2024 qu'en 2023 (32 %), ce qui est cohérent avec l'air intérieur dans l'habitable des rames de la ligne B (cf. paragraphe 3.3.2).
- Le Baryum qui est plus présent dans les métaux à « Vieux Lyon » (12 %) et à « Bellecour » (13 %) qu'à « Saxe-Gambetta » (3 %).
- La part de cuivre est moins importante à Bellecour (13 %) que sur les 2 autres stations (32 % chacune).
- Quasiment plus de zinc à Saxe-Gambetta contrairement à Vieux Lyon (13 %) et Bellecour (10 %).

Dans le graphique ci-dessous, on constate que les concentrations augmentent pour chacun des métaux.

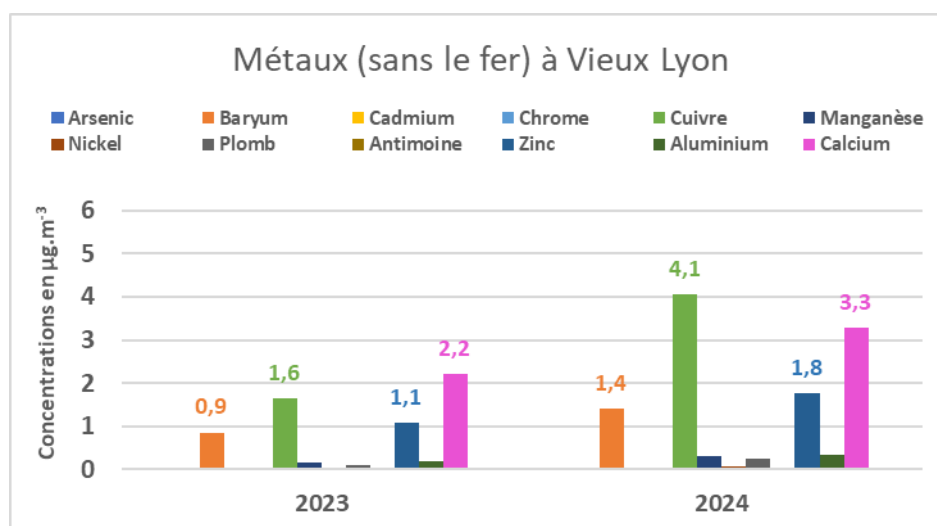


Figure 39 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Vieux Lyon

Avec des niveaux en PM10 en baisse entre les 2 campagnes de mesures à Saxe-Gambetta, la proportion de métaux suit la même tendance (de 37 % à 33 % en 2024). Globalement, on observe cette baisse dans la présentation par métal ci-dessous : pas de métal nouvellement présent et un léger déséquilibre qui concerne le Calcium qui est analysé en plus grosse quantité cette année.

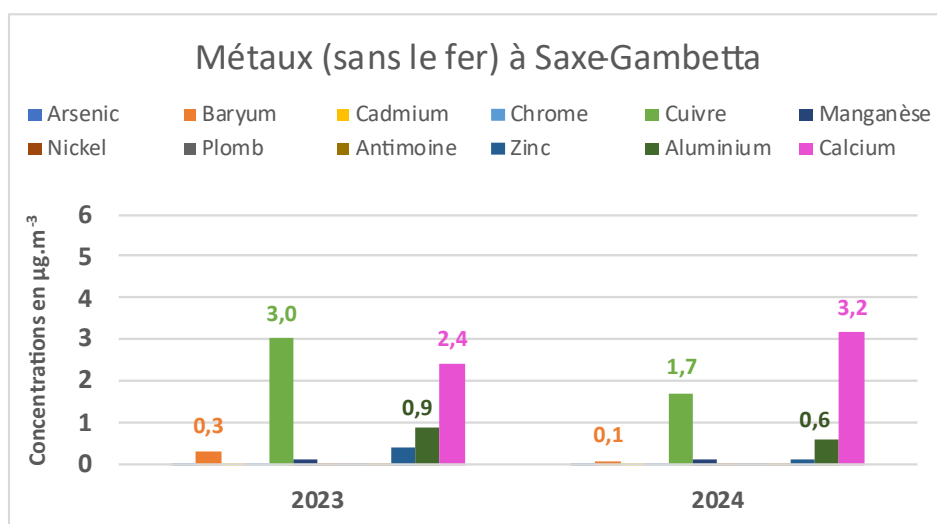


Figure 40 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Saxe-Gambetta

Pour « Bellecour », les niveaux en PM10 sont en baisse entre 2023 et 2024 et la proportion globale de métaux est en légère hausse passant de 36 % à 38 %. Les concentrations pour les autres métaux sont en légère baisse.

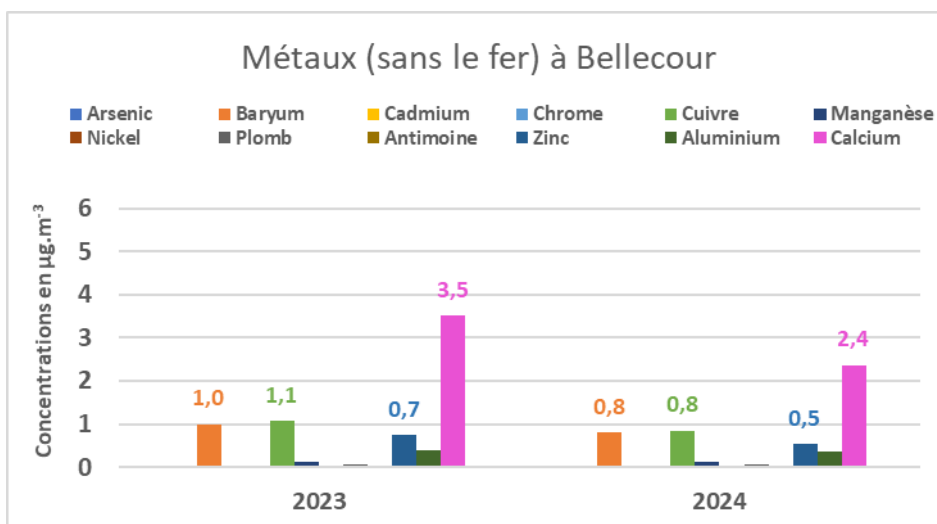


Figure 41 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) à Bellecour

5.3.3 Le dioxyde de carbone (CO₂) – indicateur de confinement

Des mesures de dioxyde de carbone ont été réalisées en 2024 sur les 3 stations de Bellecour, Vieux Lyon et Saxe-Gambetta.

Pour rappel, il n'existe pas de valeur de référence en CO₂ pour les EFS (se référer aux paragraphes précédents). Cependant, afin d'évaluer le niveau de renouvellement d'air sur les quais, il est utile de se référer aux valeurs repères et d'action rapide du HCSP (Haut Conseil de Santé Public) et aux recommandations du RSD (Règlement Sanitaire Départemental) étant donné que ces mesures peuvent être qualifiées d'indicateur de confinement.

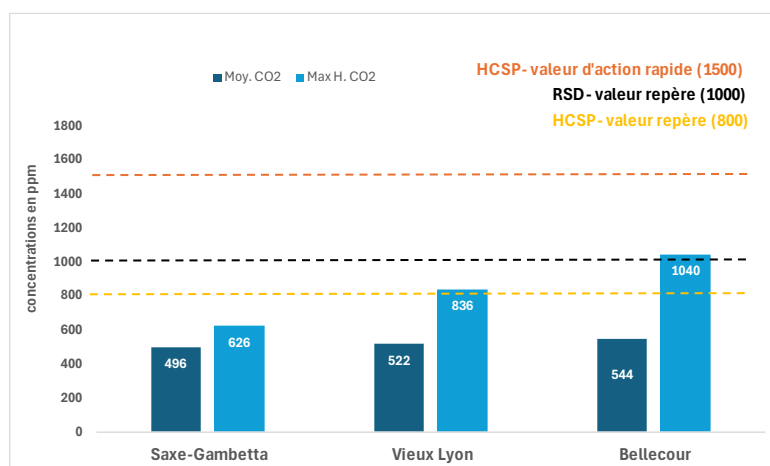


Figure 42 - Etude « 15 jours » - Moyennes CO2 (en ppm) par station

Les niveaux moyens en dioxyde de carbone mesurés sur les quais des stations de Saxe-Gambetta, Vieux Lyon et Bellecour sont très bas et en dessous du seuil de 800 ppm (HCSP).

Les niveaux mesurés sur les quais de ces 3 stations ne traduisent donc pas de situation de confinement. Le maximum horaire a été enregistré sur la station de Bellecour à 1040 ppm et il se situe juste au-dessus de la valeur repère du RSD.

5.4 Conclusion

À la suite de l'étude de hiérarchisation, des mesures complémentaires de PM10, PM2,5 et métaux ont été réalisées dans les stations de « Bellecour », « Vieux Lyon » et « Saxe-Gambetta » lors d'une campagne plus poussée, de 15 jours de mesures en continu.

Même si cela ne remet pas en cause les principaux constats, il est nécessaire de rester vigilant 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.

L'ensemble des données de « Saxe-Gambetta » et « Bellecour » respecte la valeur « Csout_Lim » proposée par l'ANSES et fixée à 480 µg/m3 pour les particules fines PM10. En revanche, la valeur fixée à 140 (CSout_OMS) est très souvent dépassée à Bellecour contrairement à Saxe-Gambetta où aucun dépassement n'a été constaté. Concernant les PM2,5, la valeur de référence de l'ANSES (CSout_OMS) fixée à 80 µg/m3 est respectée à Saxe-Gambetta contrairement à Bellecour où des dépassements réguliers ont été enregistrés.

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 de l'étude de hiérarchisation :

- des niveaux restants élevés à « Vieux Lyon »,
- des résultats en baisse sur « Saxe-Gambetta » par rapport à 2023 et en nette amélioration. Cette confirmation est à relier particulièrement à la mise en circulation des nouvelles rames de métro sur la ligne B.
- pour « Bellecour », des résultats en baisse par rapport à 2023 et en cohérence avec ceux obtenus par les moyens plus légers de l'étude de hiérarchisation.

Concernant les métaux, ils représentent entre un tiers et la moitié des particules PM10. Le composé majoritaire reste le fer à 66 % à « Saxe-Gambetta » et 81 % à « Bellecour ». C'est également toujours le composé 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.

Les niveaux moyens de dioxyde de carbone (indicateur de confinement) sont bas pour les trois stations et en dessous des différentes valeurs de référence (HCSP et RSD).

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 technique, avec l'appui d'Atmo AuRA, dans l'objectif d'identifier des possibilités de réduction des niveaux de particules dans cette station.

6. 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 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 constante. 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 réalisées par Sytral Mobilités.

Les concentrations moyennes de 2024 en particules PM10 et PM2,5 poursuivent donc leur diminution (-12 % pour les PM10 et -7 % 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 µg/m³) pour les PM10 est largement respectée en 2024. De plus, malgré quelques dépassements ponctuels, les valeurs de référence (CSout_OMS), fixées respectivement à 140 µg/m³ et à 80 µg/m³ pour les PM10 et le PM2,5 sont globalement respectées en 2024.

Au regard de ces références, les résultats peuvent donc être considérés comme très satisfaisants. Ils restent néanmoins plus élevés qu'en air extérieur : en moyenne annuelle, environ d'un facteur 1,5 pour les PM2,5 et 2,5 pour les PM10, que l'on se réfère à une station lyonnaise en proximité trafic ou par comparaison à une station urbaine de fond.

Etude dans les habitacles des rames

Des mesures de particules PM10/PM2,5, de métaux et de dioxyde de carbone ont été réalisées une troisième fois uniquement dans les habitacles des rames de la ligne B.

Concernant les particules, les résultats de 2024 de la ligne B sont en forte baisse en comparaison de ceux de 2023 (- 68 % pour les PM10 et - 47 % pour les PM2,5) en lien avec la meilleure performance des nouvelles rames de métro mises en service courant 2022. En comparaison des mesures réalisées en continu sur les quais de Saxe-Gambetta, les concentrations en particules dans les rames de la ligne B sont en moyenne 2,5 fois moins élevées.

Concernant les métaux, le polluant majoritaire n'est plus le fer (13 %) ; il laisse sa place au calcium que l'on retrouve en quantité plus importante (76 %) en 2024 dans les rames de la ligne B.

Compte tenu des résultats en dioxyde de carbone mesurés dans les rames de la ligne B, les niveaux de confinement sont supérieurs aux seuils recommandés par le HCSP et par le RDS mais restent en dessous de 1500 ppm (valeur d'action rapide fixée par le HCSP). Cependant, ces résultats peuvent être considérés comme satisfaisants compte-tenu du temps passé par les usagers dans les rames.

Etude de hiérarchisation

Une nouvelle étude de hiérarchisation des 36 stations des lignes A, B et D du métro lyonnais a été réalisée en 2024 dans l'objectif d'établir un nouveau classement en fonction des concentrations moyennes en particules PM10 de chacune d'entre elles. Ce travail mené avec un capteur léger a montré les niveaux les plus importants sur la station « Laurent Bonnevey ». La station « Garibaldi » arrive en seconde position, suivie de « Valmy ».

Etude « 15 jours » sur les quais

Sur la base de la hiérarchisation des stations, 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 fonctionnant en continu et en réalisant des analyses complémentaires de métaux dans les particules PM10. Les stations de « Bellecour », « Vieux Lyon » et « Saxe-Gambetta » 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 » (254 µg/m3 en moyenne pour les PM10). 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 assez faibles à Saxe-Gambetta et en nette amélioration depuis 2020, en lien avec la mise en circulation des nouvelles rames de métro sur la ligne B (courant 2022).
- Les niveaux en baisse régulière à « Bellecour » avec des moyennes sur 15 jours à 71 µg/m3 pour les PM10 et 26 µg/m3 pour les PM2,5.

Les données de « Saxe-Gambetta » et « Bellecour » respectent la valeur horaire proposée par l'ANSES et fixée à 480 µg/m3 pour les PM10. Quant à la valeur de référence de l'ANSES fixée à 140 µg/m3, elle est souvent dépassée à Bellecour. Concernant les PM2,5, la valeur de référence de l'ANSES fixée à 80 µg/m3 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 est toujours prépondérant au regard des autres métaux avec une contribution de 66 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.

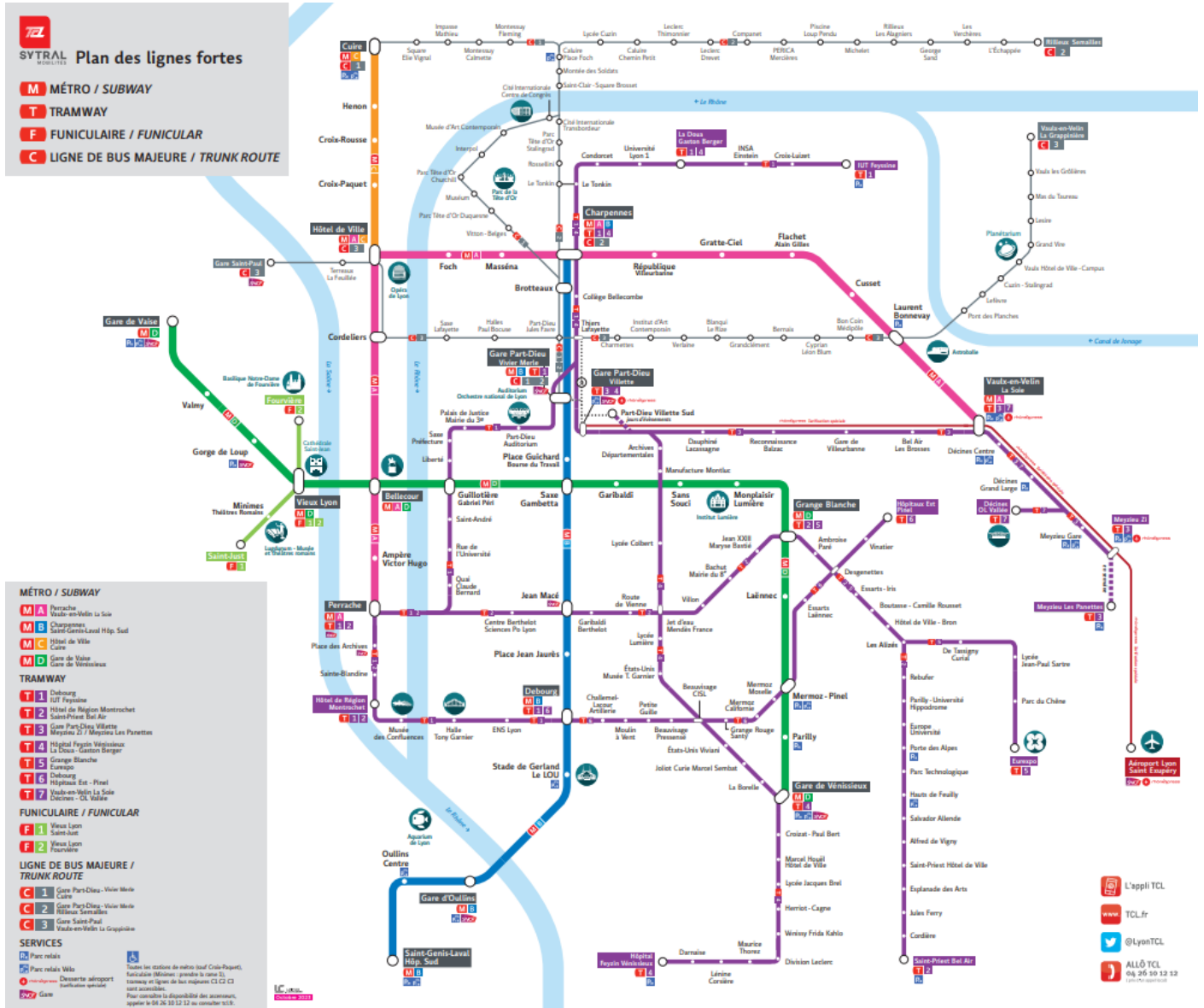
Bilan et perspectives

L'ensemble des résultats de 2024, 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 2025 avec la mesure pérenne de « Saxe-Gambetta », de nouvelles mesures de l'air à l'intérieur des rames, une nouvelle étude de hiérarchisation à l'automne et par la suite, 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}) (µg.m ⁻³)	Concentration calculée à partir de la valeur guide journalière de l'OMS * (C _{sout_OMS}) (µg.m ⁻³)
PM₁₀	2h/j	260	80
	1h30/j	330	100
	1h/j	480	140
	30min/j	940	250
PM_{2,5}	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 2024 – Données PM10/PM2,5

Année 2024				
Statistiques du 1er janvier au 31 décembre				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Métro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM2.5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	7688		7686	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	88%		87%	
Moyenne	41		13	
Médiane	39		12	
P10 - P90	12	71	5	22
Min horaire - Max horaire	0	375	0	95

Année 2024				
Statistiques du 1er janvier au 31 décembre				
sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures.				
Métro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM2.5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	5523		5522	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	88%		88%	
Moyenne	44		14	
Médiane	43		13	
P10 - P90	13	74	5	23
Min horaire - Max horaire	1	352	0	95

Année 2024				
Statistiques du 1er janvier au 31 décembre				
sur les jours week-ends et toutes les heures				
Métro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM2.5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	2165		2165	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	87%		87%	
Moyenne	34		11	
Médiane	31		10	
P10 - P90	12	60	4	20
Min horaire - Max horaire	0	375	0	58

Année 2024				
Statistiques du 1er 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)				
Métro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM2.5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	1167		1167	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	64%		64%	
Moyenne	60		18	
Médiane	57		16	
P10 - P90	35	92	9	28
Min horaire - Max horaire	5	169	3	62

Annexe 5 : Station Saxe-Gambetta en 2024 – Données NO/NO2

Année 2024				
Statistiques du 1 ^{er} janvier au 31 décembre				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Métro Saxe Gambetta Ligne B	NO ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		NO2 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	8120		8120	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	92%		92%	
Moyenne	13		29	
Médiane	5		28	
P10 - P90	2	32	15	45
Min horaire - Max horaire	1	303	6	97

Année 2024				
Statistiques du 1 ^{er} janvier au 31 décembre				
sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures.				
Métro Saxe Gambetta Ligne B	NO ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		NO2 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	5819		5819	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	93%		93%	
Moyenne	14		30	
Médiane	5		29	
P10 - P90	2	36	15	46
Min horaire - Max horaire	1	303	7	82

Année 2024				
Statistiques du 1 ^{er} janvier au 31 décembre				
sur les jours week-ends et toutes les heures				
Métro Saxe Gambetta Ligne B	NO ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		NO2 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	2302		2302	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	92%		92%	
Moyenne	9		27	
Médiane	4		25	
P10 - P90	2	24	15	40
Min horaire - Max horaire	1	124	6	97

Année 2024				
Statistiques du 1 ^{er} 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)				
Métro Saxe Gambetta Ligne B	NO ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		NO2 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	1695		1695	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	93%		93%	
Moyenne	15		32	
Médiane	6		31	
P10 - P90	3	37	20	45
Min horaire - Max horaire	1	198	9	71

Annexe 6 : Mesures dans les rames – Ligne B – Données Métaux

Ligne B - Statistiques sur 3 prélèvements : les 14, 15 et 16 mai 2024															
C _{filtre} en µg/m ³ Ligne B	PM2,5	PM10	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
Nombre de valeurs	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
Moyenne	Résultats invalidés		0,01	0	6	0,01	0,1	1	0,07	0,1	0	0,1	3	2	43
Min			0,01	0	5	0,01	0,1	1	0,07	0,1	0	0,1	2	1	27
Max			0,02	0	8	0,02	0,2	2	0,08	0,1	0	0,1	3	2	54

Annexe 7 : Etude de hiérarchisation – liste des stations de métro étudiées

Lignes/Stations de métro	
A	A - Charpennes
B	B - Charpennes
A	A - Masséna
A	A - Foch
A	A - Hôtel de ville / Louis Pradel
A	A - Cordeliers
A	A - Bellecour
D	D - Bellecour
A	A - Ampère / Victor Hugo
A	A - Perrache
A	A - Laurent Bonnefoy
A	A - Cusset
A	A - Flachet
A	A - Gratte-Ciel
A	A - République / Villeurbanne
B	B - Brotteaux
B	B - Part-Dieu / Vivier Merle
B	B - Place Guichard
B	B - Saxe Gambetta
D	D - Saxe Gambetta
B	B - Jean Macé
B	B - Place Jean Jaurès
B	B - Debourg
B	B - Stade de Gerland
D	D - Garibaldi
D	D - Sans-souci
D	D - Montplaisir
D	D - Grange Blanche
D	D - Laennec
D	D - Mermoz Pinel
D	D - Parilly
D	D - Gare de vénissieux
D	D - Guillotière
D	D - Vieux-Lyon
D	D - Gorge de loup
D	D - Valmy
D	D - Gare de Vaise
A	A - Vaulx-en-Velin – la Soie
B	B - Gare d'Oullins
B	B - Oullins Centre
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud

Annexe 8 : Etude de hiérarchisation - Particules fines PM10 (moyennes 15')

Particules fines PM ₁₀ - mesures 15 min en µg·3		Lignes/Stations de métro														Moyennes		Max des 3*15min	
		02/09/2024		03/09/2024		04/09/2024		05/09/2024		06/09/2024		10/09/2024		11/09/2024		12/09/2024			
matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir				
A	A - Charpennes			60.3		31.2								35.4			42		60
B	B - Charpennes									37.8							31	38	
A	A - Masséna			47.7		32.6								63.8			48	64	
A	A - Foch					19.5								43.2			31	43	
A	A - Hôtel de ville / Louis Pradel					34.1	25.1							50.9			37	51	
A	A - Cordeliers					28.1	35.4							26.3			30	35	
A	A - Bellecour					82.9	64.7							58.3			69	83	
D	D - Bellecour									35.6				49.1			49	62	
A	A - Ampère / Victor Hugo	29.8				26.1	12.3							61.5			23	30	
A	A - Perrache	51.9				41.0	21.3										38	52	
A	A - Laurent Bonnefoy	87.6															82	96	
A	A - Cusset	73.2				96.5	60.9										51	73	
A	A - Flachet	43.9				36.4	42.3										45	69	
A	A - Gratte-Ciel	43.9				69.0	22.2										28	44	
A	A - République / Villeurbanne	43.9				26.9	13.7										39	43	
B	B - Brotteaux	41.1				43.1	33.9										19	25	
B	B - Part-Dieu / Vivier Merle									15.2							25.4	34	
B	B - Place Guichard									24.0							20.2	26	
B	B - Saxe Gambetta									8.7							13.3	14	
B	B - Saxe Gambetta									6.2							53.9	54	
D	D - Saxe Gambetta																36	54	
B	B - Jean Macé													24.4			34	46	
B	B - Place Jean Jaurès																42	52	
B	B - Debourg																25.9	26	
B	B - Stade de Gerland																17.5	26	
D	D - Garibaldi																18.0	40	
D	D - Sans-soudi																40.1	61	
D	D - Montplaisir																79	116	
D	D - Grange Blanche	23.4															41	57	
D	D - Laennec	53.9				17.5											28	42	
D	D - Mermoz Pinel	41.2				32.6											47	54	
D	D - Parilly	49.1				36.0											40	56	
D	D - Gare de vénissieux	29.2				61.4											54	61	
D	D - Guillotière	76.7															33	36	
D	D - Vieux-Lyon					43.9											54.0	58	
D	D - Gorge de loup					21.2											37	46	
D	D - Valmy					58.5											60	72	
D	D - Gare de Vaise					64.6											42	65	
A	A - Vaux-en-Velin – la Soie					45.1											73	96	
B	B - Gare d'Oullins					42.4											62	75	
B	B - Oullins Centre																36	40	
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud	38.8				40.4	30.0										27.1	27	
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																20.1	26	
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																11.3	30	

Annexe 9 : Etude de hiérarchisation – CO2 (moyennes 15')

Dioxyde de carbone - mesures 15 min

en ppm

Lignes/Stations de métro

	02/09/2024		03/09/2024		04/09/2024		05/09/2024		06/09/2024		10/09/2024		11/09/2024		12/09/2024		Moyennes 3*15min	Max des 3*15min
	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir		
A - Charpennes					822								663				742	822
B - Charpennes									652					643			650	655
A - Masséna						659							634				646	659
A - Foch					573		607						586				589	607
A - Hôtel de ville / Louis Pradel					685		746						770				734	770
A - Cordeliers					548		818						636				667	818
A - Bellecour					895		852						899				882	899
D - Bellecour								613					681				638	681
A - Ampère / Victor Hugo					547		547										547	547
A - Perrache					867		792										830	867
A - Laurent Bonnefoy																		
A - Cusset																		
A - Flachet																		
A - Gratte-Ciel																		
A - République / Villeurbanne																		
B - Brotteaux									534					561			546	561
B - Part-Dieu / Vivier Merle									574					872			677	872
B - Place Guichard									553					566			556	566
B - Saxe Gambetta									540					661			607	661
D - Saxe Gambetta								717					874				755	874
B - Jean Macé								788						706			782	853
B - Place Jean Jaurès								555						542			550	555
B - Debourg								540						453			507	540
B - Stade de Gerland								563						471			506	563
D - Garibaldi								643					711				783	895
D - Sans-soudi								509					569				589	689
D - Montplaisir																	657	783
D - Grange Blanche							530						692				591	692
D - Laennec							491						738				618	738
D - Mermoz Pinel							497						620				574	620
D - Parilly							500						759				630	759
D - Gare de vénissieux							535										919	1303
D - Guillotière								702					711				702	711
D - Vieux-Lyon								684					870				748	870
D - Gorge de Ioup								593							546		648	805
D - Valmy								556							572		599	669
D - Gare de Vaise								580							592		605	643
A - Vaulx-en-Velin – la Soie																		
B - Gare d'Oullins								476						422			439	476
B - Oullins Centre								469						683			527	683
B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud								546						430			462	546

Suite à un problème technique sur le capteur, les mesures CO2 prévues les 2/09, 3/09 au soir et 04/09 matin (en rouge dans le tableau) n'ont pas pu être réalisées.

Suite à un problème technique sur le capteur, les mesures CO2 prévues les 2/09, 3/09 au soir et 04/09 matin (en rouge dans le tableau) n'ont pas pu être réalisées.

Annexe 10 : Etude de hiérarchisation – Température (moyennes 15')

Température - mesures 15 min en degré C°		Lignes/Stations de métro												Moyennes 3*15min		Max des 3*15min	
		02/09/2024		03/09/2024		04/09/2024		05/09/2024		06/09/2024		10/09/2024		11/09/2024		12/09/2024	
		matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir
A	A - Charpenne																
B	B - Charpenne																
A	A - Masséna																
A	A - Foch																
A	A - Hôtel de ville / Louis Pradel																
A	A - Cordeliers																
A	A - Bellecour																
D	D - Bellecour																
A	A - Ampère / Victor Hugo																
A	A - Perrache																
A	A - Laurent Bonnefoy																
A	A - Cusset																
A	A - Flachat																
A	A - Gratte-Ciel																
B	B - République / Villeurbanne																
B	B - Brotteaux																
B	B - Part-Dieu / Vivier Merle																
B	B - Place Guichard																
B	B - Saxe Gambetta																
D	D - Saxe Gambetta																
B	B - Jean Macé																
B	B - Place Jean Jaures																
B	B - Debourg																
B	B - Stade de Gerland																
D	D - Garibaldi																
D	D - Sans-souci																
D	D - Montplaisir																
D	D - Grange Blanche																
D	D - Laennec																
D	D - Mermoz Pinel																
D	D - Parilly																
D	D - Gare de Vénissieux																
D	D - Guillotière																
D	D - Vieux-Lyon																
D	D - Gorge de Loup																
D	D - Valmy																
A	A - Vaulx-en-Velin - la Soie																
B	B - Gare d'Oullins																
B	B - Oullins Centre																
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																

Annexe 11 : Etude de hiérarchisation – Humidité relative (moyennes 15')

Humidité relative en % - mesures 15 min en %		Lignes/Stations de métro												Moyennes 3*15min		Max des 3*15min	
		02/09/2024		03/09/2024		04/09/2024		05/09/2024		06/09/2024		10/09/2024		11/09/2024		12/09/2024	
		matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir
A	A - Charpennes						49,0							38,0			38
B	B - Charpennes									48,7					37,4		49
A	A - Masséna					47,1								38,2			47
A	A - Foch					44,7		46,0						33,8			42
A	A - Hôtel de ville / Louis Pradel					42,6		47,8						33,2			48
A	A - Cordeliers					46,2		45,3						31,9			41
A	A - Bellecour					46,9		38,8						32,2			46
D	D - Bellecour								45,5			36,9		38,4			41
A	A - Ampère / Victor Hugo	33,8				47,6		43,7									46
A	A - Perrache	32,7				42,9		38,0									48
A	A - Laurent Bonnevay	34,5														34	47
A	A - Cusset	37,5		22,1		46,9										41	54
A	A - Flahet	34,0		34,1		46,0										36	46
A	A - Gratte-Ciel	34,0		31,2		49,7										38	50
A	A - République / Villeurbanne	33,8		29,9		46,4										37	46
B	B - Brotteaux															43	54
B	B - Part-Dieu / Vivier Merle									53,7				44,0		39	51
B	B - Place Guichard									50,7				39,5		27,8	46
B	B - Saxe Gambetta									55,2				44,5		29,0	55
D	D - Saxe Gambetta									46,1				38,7		33,7	46
B	B - Jean Macé								34,3			32,4		33,7		33	34
B	B - Place Jean Jaurès							45,8						41,3		29,3	46
B	B - Debourg							46,2						41,9		31,5	46
B	B - Stade de Gerland							45,1						45,4		30,1	40
D	D - Garibaldi							38,2				27,6		42,0		34,1	45
D	D - Sans-souci								44,9			27,2		42,0			34
D	D - Montplaisir	48,0						51,9				26,7					38
D	D - Grange Blanche	45,4						48,0				25,7					38
D	D - Laennec	44,1						40,5				26,6					42
D	D - Mermoz Pinel	46,1						38,2				26,5					40
D	D - Parilly	47,8						41,9				29,9					37
D	D - Gare de Vénissieux	46,9						35,4				31,9					40
D	D - Guillotière															38	47
D	D - Vieux-Lyon								37,7			32,2		34,3			35
D	D - Gorge de loup								39,2			28,1		34,3			38
D	D - Valmy								43,8			27,5				40,9	36
D	D - Gare de Vaise															35,9	44
D	A - Vaulx-en-Velin – la Soie	36,6										28,6				32,6	33
A	A - Gare d'Oullins																38
B	B - Oullins Centre																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																38
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																38
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																35
B	B - Saint-Genis-Laval Hôpitaux Sud																

Annexe 12 : Etude « 15 jours » - Station « Bellecour » – Données PM10/PM2,5/CO2

Année 2025						
Statistiques du 10 mars au 26 mars						
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)						
Metro Bellecour Ligne A	PM10 (µg.m ⁻³)		PM2.5 (µg.m ⁻³)		CO ₂ (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	305		306		326	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	81%		81%		87%	
Moyenne	71		26		544	
Médiane	59		20		528	
P10 - P90	13	140	5	53	420	701
Min horaire - Max horaire	4	240	0	116	395	1040

Année 2025						
Statistiques du 10 mars au 26 mars						
sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures.						
Metro Bellecour Ligne A	PM10 (µg.m-3)		PM2.5 (µg.m-3)		CO2 (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	259		259		231	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	93%		93%		83%	
Moyenne	78		29		558	
Médiane	68		26		534	
P10 - P90	14	147	7	56	421	752
Min horaire - Max horaire	4	240	1	116	395	1040

Année 2025						
Statistiques du 10 mars au 26 mars						
sur les jours week-ends et toutes les heures						
Metro Bellecour Ligne A	PM10 (µg.m-3)		PM2.5 (µg.m-3)		CO2 (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	47		48		96	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	49%		50%		100%	
Moyenne	36		9		510	
Médiane	33		8		518	
P10 - P90	10	75	3	15	419	590
Min horaire - Max horaire	4	136	0	21	399	720

Année 2025						
Statistiques du 10 mars au 26 mars						
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 (µg.m-3)		PM2.5 (µg.m-3)		CO2 (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	56		56		50	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	71%		71%		63%	
Moyenne	138		48		727	
Médiane	131		47		730	
P10 - P90	97	194	27	69	594	902
Min horaire - Max horaire	58	240	11	116	512	1040

Annexe 13 : Etude « 15 jours » - Station « Vieux Lyon » – Données PM10/PM2,5/CO2

Année 2025						
Statistiques du 27 mars au 23 avril						
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 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		CO ₂ (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	609		608		592	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	94%		94%		92%	
Moyenne	254		113		522	
Médiane	194		81		509	
P10 - P90	43	562	18	269	418	652
Min horaire - Max horaire	4	1300	3	581	399	836

Année 2025						
Statistiques du 27 mars au 23 avril						
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 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		CO ₂ (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	420		419		402	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	93%		92%		89%	
Moyenne	288		130		531	
Médiane	244		106		526	
P10 - P90	41	606	19	290	418	663
Min horaire - Max horaire	4	1300	3	581	405	836

Année 2025						
Statistiques du 27 mars au 23 avril						
sur les jours week-ends et toutes les heures						
Metro Vieux Lyon Ligne D	PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM2.5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		CO ₂ (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	191		191		191	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%		100%		100%	
Moyenne	178		75		505	
Médiane	133		49		491	
P10 - P90	46	634	18	154	420	612
Min horaire - Max horaire	6	801	3	418	399	810

Année 2025						
Statistiques du 27 mars au 23 avril						
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 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		CO ₂ (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	93		93		92	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	69%		69%		68%	
Moyenne	459		208		634	
Médiane	437		197		637	
P10 - P90	223	746	93	349	526	745
Min horaire - Max horaire	55	875	20	427	423	836

Annexe 14 : Etude « 15 jours » - Station « Saxe-Gambetta » – Données PM10/PM2,5/CO2

Année 2025						
Statistiques du 11 juin au 26 juin 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 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM2.5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		CO2 (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	332		328		478	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	86%		85%		100%	
Moyenne	46		16		496	
Médiane	46		15		492	
P10 - P90	22	66	8	24	447	561
Min horaire - Max horaire	2	91	1	44	430	626

Année 2025						
Statistiques du 11 juin au 26 juin inclus						
sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures.						
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM2.5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		CO2 (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	237		233		224	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	82%		81%		100%	
Moyenne	48		15		503	
Médiane	49		14		501	
P10 - P90	19	68	7	24	443	572
Min horaire - Max horaire	2	91	1	44	430	626

Année 2025						
Statistiques du 11 juin au 26 juin inclus						
sur les jours week-ends et toutes les heures						
Metro Saxe Gambetta Ligne B	PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM2.5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		CO2 (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	96		96		96	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%		100%		100%	
Moyenne	42		17		489	
Médiane	41		17		487	
P10 - P90	24	59	9	25	453	523
Min horaire - Max horaire	5	84	5	35	433	597

Année 2025						
Statistiques du 11 juin au 26 juin 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 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM2.5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		CO2 (ppm)	
Nombre de valeurs horaires	53		50		48	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	66%		63%		71%	
Moyenne	60		17		566	
Médiane	59		16		570	
P10 - P90	44	79	11	25	527	601
Min horaire - Max horaire	31	90	6	34	477	626

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

Statistiques du 10 au 26 mars 2025 réalisées sur la totalité de la campagne													
Ligne A Bellecour	As (ng/m ³)	Ba (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Mn (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	Al (ng/m ³)	Ca (ng/m ³)
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	2,6	810	21666	0,5	38,2	846	108,21	22,8	50	2,6	524	354	2367
Médiane	1,9	868	24282	0,5	31,2	875	112,77	21,8	47	2,6	546	297	2374
P10	1,2	476	10842	0,5	17,6	412	62,98	12,2	28	2,6	293	183	1855
P90	3,1	1079	30140	0,5	38,6	1169	142,55	28,9	68	2,6	682	680	2917
Min	0,5	400	7725	0,5	16,3	287	50,92	9,2	20	2,6	228	144	1491
Max	13,4	1286	31290	0,5	182,9	1206	175,29	49,2	70	2,6	812	826	3232

Statistiques du 10 au 26 mars 2025 réalisées uniquement sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures (0 à 24h)													
Ligne A Bellecour	As (ng/m ³)	Ba (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Mn (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	Al (ng/m ³)	Ca (ng/m ³)
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	3,1	919	24637	0,5	45,1	982	123,03	26,2	57	2,6	598	379	2538
Médiane	2,0	916	25435	0,5	32,3	991	116,18	25,7	59	2,6	613	304	2379
P10	1,7	721	16383	0,5	25,8	748	92,44	18,6	44	2,6	450	249	2103
P90	3,2	1080	30629	0,5	39,2	1187	143,01	29,7	68	2,6	688	714	2958
Min	1,4	571	14985	0,5	22,8	723	85,25	17,7	43	2,6	423	222	2101
Max	13,4	1286	31290	0,5	182,9	1206	175,29	49,2	70	2,6	812	826	3232

Statistiques du 10 au 26 mars 2025 réalisées uniquement sur les jours du WE et toutes les heures (0 à 24h)													
Ligne A Bellecour	As (ng/m ³)	Ba (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Mn (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	Al (ng/m ³)	Ca (ng/m ³)
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	1,5	510	13494	0,5	19,2	473	67,47	13,3	30	2,6	323	286	1898
Médiane	1,2	499	12222	0,5	17,9	439	64,03	12,5	30	2,6	300	185	1897
P10	0,7	403	7832	0,5	16,3	292	53,28	9,7	20	2,6	238	153	1551
P90	2,4	624	20174	0,5	23,2	682	84,40	17,4	41	2,6	426	499	2246
Min	0,5	400	7725	0,5	16,3	287	50,92	9,2	20	2,6	228	144	1491
Max	2,9	641	21807	0,5	24,7	728	90,88	18,7	42	2,6	463	628	2308

Annexe 16 : Etude « 15 jours » - Station « Vieux Lyon » – Données Métaux

Statistiques du 1 ^{er} au 20 avril 2025 réalisées sur la totalité de la campagne													
Ligne D Vieux Lyon	As (ng/m ³)	Ba (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Mn (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	Al (ng/m ³)	Ca (ng/m ³)
Nombre de valeurs journalières	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	4,2	1399	105915	0,3	48,9	4055	316,54	67,0	230	4,3	1772	329	3283
Médiane	3,6	1349	100919	0,2	47,6	3693	304,60	59,3	200	4,2	1660	321	3119
P10	2,1	859	62055	0,2	29,7	2473	192,29	41,3	138	1,4	1033	136	2244
P90	6,7	1963	143864	0,2	65,0	5899	429,79	92,1	337	6,7	2470	512	4395
Min	2,0	400	28392	0,2	16,3	1199	92,15	22,0	69	1,1	484	100	1569
Max	8,5	2724	209624	0,8	90,9	9700	628,86	149,1	567	7,1	3879	887	6340

Statistiques du 1 ^{er} au 20 avril 2025 réalisées uniquement sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures (de 0 à 24h)													
Ligne D Vieux Lyon	As (ng/m ³)	Ba (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Mn (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	Al (ng/m ³)	Ca (ng/m ³)
Nombre de valeurs journalières	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	3,4	1222	92412	0,2	43,2	3497	277,22	58,1	58128	3,5	1531	257	2881
Médiane	3,4	1063	91707	0,2	41,5	2861	261,41	50,5	50544	3,4	1425	248	2448
P10	2,0	764	54715	0,2	26,9	2170	170,29	36,8	36842	1,1	905	125	2108
P90	4,7	1829	141365	0,2	64,7	5429	416,70	84,6	84565	5,7	2285	371	3947
Min	2,0	400	28392	0,2	16,3	1199	92,15	22,0	22035	1,1	484	100	1569
Max	5,2	2008	144697	0,2	65,1	6056	434,16	94,6	94631	6,8	2532	468	4526

Statistiques du 1 ^{er} au 20 avril 2025 réalisées uniquement sur les jours du WE et toutes les heures (de 0 à 24h)													
Ligne D Vieux Lyon	As (ng/m ³)	Ba (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Mn (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	Al (ng/m ³)	Ca (ng/m ³)
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	6,0	1799	136298	0,4	61,9	5311	405,01	86,8	86805	6,0	2314	489	4189
Médiane	6,0	1571	122731	0,2	55,8	4135	352,90	70,6	70645	6,3	1912	450	3649
P10	3,9	1366	98708	0,2	47,4	3426	297,75	60,0	60036	4,9	1631	230	3211
P90	8,1	2414	184742	0,6	81,2	8137	553,96	126,5	126502	6,9	3320	778	5599
Min	3,5	1329	90105	0,2	45,0	3274	285,38	56,8	56793	4,3	1555	167	3119
Max	8,5	2724	209624	0,8	90,9	9700	628,86	149,1	149138	7,1	3879	887	6340

Annexe 17 : Etude « 15 jours » - Station « Saxe-Gambetta » – Données Métaux

Statistiques du 11 au 25 juin 2025 réalisées sur la totalité de la campagne													
Ligne B	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
Saxe Gambetta	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)
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	3,5	73	9322	0,2	16,5	1702	109,63	8,8	10	4,8	125	604	3174
Médiane	3,4	60	9540	0,2	13,3	1780	107,31	7,7	9	3,8	117	451	1335
P10	2,6	35	7038	0,2	9,5	1241	77,66	6,2	6	2,6	77	324	769
P90	4,4	157	11118	0,2	17,6	2057	150,12	12,3	19	6,3	198	1182	9922
Min	1,8	21	4793	0,2	5,9	844	54,22	3,7	3	2,3	42	236	586
Max	5,2	178	12297	0,5	60,8	2109	173,08	18,6	21	16,0	210	1454	12616

Statistiques du 11 au 25 juin 2025 réalisées uniquement sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures (0 à 24h)													
Ligne B	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
Saxe Gambetta	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)
Nombre de valeurs journalières	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	3,8	87	10178	0,3	18,9	1871	122,48	9,9	12	4,1	144	694	4003
Médiane	3,7	64	10384	0,2	15,4	1946	118,28	8,7	10	3,9	141	517	1439
P10	3,2	48	8878	0,2	11,4	1591	94,82	7,3	7	2,9	96	342	774
P90	4,6	178	11282	0,3	22,2	2070	155,30	13,3	20	6,0	200	1262	10800
Min	2,8	37	7492	0,2	9,3	1405	85,05	6,3	6	2,4	75	314	766
Max	5,2	178	12297	0,5	60,8	2109	173,08	18,6	21	6,4	210	1454	12616

Statistiques du 11 au 25 juin 2025 réalisées uniquement sur les jours du WE et toutes les heures (0 à 24h)													
Ligne B	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
Saxe Gambetta	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)
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	2,6	38	7181	0,2	10,6	1277	77,51	5,9	6	6,4	79	378	1099
Médiane	2,7	39	7502	0,2	10,7	1355	79,71	6,6	6	3,6	88	415	1186
P10	2,0	25	5408	0,2	7,1	942	60,32	4,4	4	2,6	54	288	728
P90	3,1	50	8697	0,2	14,0	1551	92,94	6,9	7	12,4	97	439	1399
Min	1,8	21	4793	0,2	5,9	844	54,22	3,7	3	2,3	42	236	586
Max	3,2	52	8927	0,2	15,1	1556	96,41	6,9	7	16,0	99	446	1436

Annexe 18 : Etude « 15 jours » - Situation des niveaux par rapport aux valeurs de référence proposées par l'ANSES.

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

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

