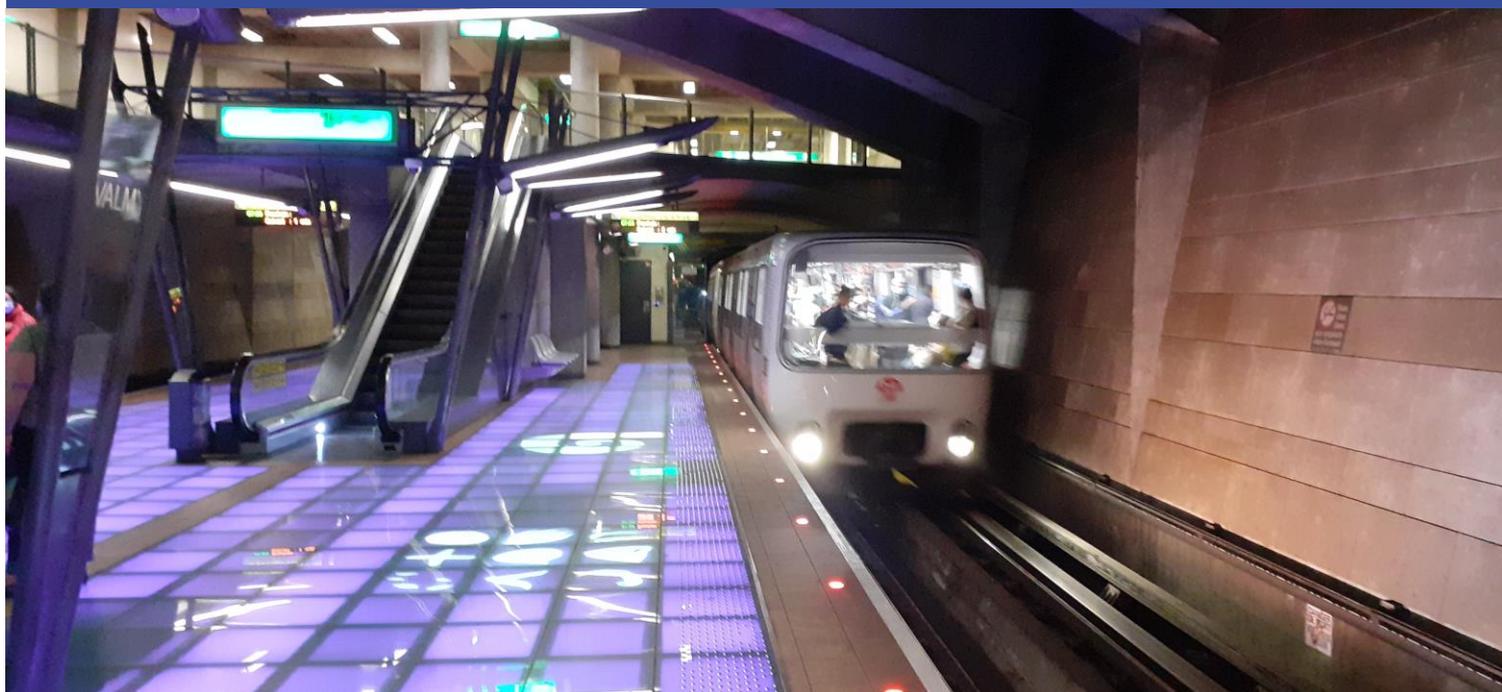


Suivi de la qualité de l'air dans le métro lyonnais

Bilan 2021



Auteur : Foued BOUCHENNA

Diffusion : Novembre 2022

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'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (décret 98-361 du 6 mai 1998) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO.

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

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

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

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (2021) – 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

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

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

Au regard de l'intérêt qu'il porte à l'exécution du programme d'action 2021, conçu et initié par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, nous remercions SYTRAL Mobilités pour le soutien financier complémentaire apporté pour la réalisation du suivi de la qualité de l'air dans le métro lyonnais.

Sommaire

1. Contexte et objectifs.....	7
2. Mesures en continu à « Saxe-Gambetta ».....	8
2.1. Site de mesure et polluants étudiés.....	8
2.2. Période de mesure et matériel mis en oeuvre	8
2.3. Sources de pollution et réglementation.....	9
2.4. Résultats.....	10
2.4.1 - Statistiques globales	10
2.4.2. - Evolution des concentrations horaires.....	11
2.4.3 - Profils hebdomadaires/journaliers.....	12
2.5. Conclusion	13
3. Etude de hiérarchisation des stations.....	14
3.1. Polluants et paramètres étudiés.....	14
3.2. Sites et période de mesure.....	14
3.3. Résultats.....	15
3.3.1 Particules PM10.....	15
3.3.2 Niveau de confinement et paramètres de confort	18
3.4. Conclusion	22
4. Etude « 15 jours » sur les quais	23
4.1. Sites de mesure et polluants étudiés	23
4.2. Période de mesure et matériel mis en oeuvre	23
4.3. Résultats.....	23
4.3.1. Les particules PM10/PM2,5	24
4.3.2. Les métaux	27
4.4. Conclusion	31
5. Conclusion générale.....	32



Annexes

Annexe 1 : Plan du réseau TCL	34
Annexe 2 : Concentrations dans l'air en EFS recommandées à minima.....	35
Annexe 3 : Définitions statistiques pour la lecture des tableaux	36
Annexe 4 : « Saxe-Gambetta » en 2021 – Données PM10/PM2,5.....	37
Annexe 5 : Etude de hiérarchisation - Liste des stations de métro étudiées.....	38
Annexe 6 : Etude de hiérarchisation - Particules fines PM10 (moyennes 15')	39
Annexe 7 : Etude de hiérarchisation – CO2 (moyennes 15')	40
Annexe 8 : Etude de hiérarchisation – Température (moyennes 15')	41
Annexe 9 : Etude de hiérarchisation – Humidité relative (moyennes 15')	42
Annexe 11 : Etude « 15 jours » - Station « Vieux Lyon » – Données PM10/PM2,5	44
Annexe 12 : Etude « 15 jours » - Station « Bellecour » – Données PM10/PM2,5	45
Annexe 13 : Etude « 15 jours » - Station « Saxe-Gambetta » – Données PM10/PM2,5.....	46
Annexe 14 : Etude « 15 jours » - Station « Vieux Lyon » – Données Métaux.....	47
Annexe 15 : Etude « 15 jours » - Station « Bellecour » – Données Métaux	48
Annexe 16 : Etude « 15 jours » - Station « Saxe-Gambetta » – Données Métaux	49
Annexe 17 : Etude « 15 jours » - Situation des niveaux par rapport aux valeurs guides proposées par l'ANSES (Csout_OMS et Csout_Lim)	50

Illustrations

Figure 1 - Station fixe de "Saxe-Gambetta".....	8
Figure 2 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta - Statistiques principales.....	10
Figure 3 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta - Statistiques sur les périodes de pointe, en semaine.....	11
Figure 4 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta – Evolution horaire des PM10.....	11
Figure 5 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta – Evolution horaire des PM2,5.....	11
Figure 6 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta – Profil hebdomadaire PM10 et PM2,5.....	12
Figure 7 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta – Profil journalier PM10 et PM2,5.....	12
Figure 8 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta – Evolution horaire des particules sur la journée du 1 ^{er} mai.....	13
Figure 9 - Etude de hiérarchisation – Moyenne PM10 «15 min » (3*15min).....	15
Figure 10 - Station de métro « Bellecour ».....	15
Figure 11 - Station de métro « Parilly ».....	16
Figure 12 - Etudes de hiérarchisation 2020/2021 – Evolution du classement des stations.....	17
Figure 13 - Etude de hiérarchisation – PM10/CO ₂	18
Figure 14 - Etude de hiérarchisation – Comparaison du CO ₂ au PM10 à Saxe-Gambetta.....	19
Figure 15 - Etude de hiérarchisation – Comparaison du CO ₂ au PM10 à Saxe-Gambetta les 23 et 24 novembre 2021 ...	19
Figure 16 – Etude de hiérarchisation - PM10/température.....	20
Figure 17 - Etude de hiérarchisation – PM10/humidité.....	20
Figure 18 - Etude de hiérarchisation – Humidité/Température.....	21
Figure 19 - Stations de métro « Bellecour » et « Vieux Lyon ».....	23
Figure 20 - Vieux Lyon - Evolution horaire des particules PM10 et PM2,5 du 1 ^{er} au 25 décembre 2022.....	24
Figure 21 - Etude « 15 jours » - Moyenne et max horaire en PM10 et PM2,5 par station.....	24
Figure 22 – Saxe-Gambetta - Evolution horaire des particules PM10 et PM2,5 du 3 au 19 juin 2022.....	25
Figure 23 - Bellecour - Evolution horaire des particules PM10 et PM2,5 du 21 mars au 8 avril 2022.....	26
Figure 24 – Etude « 15 jours » - Profils journaliers PM10.....	27
Figure 25 – Etude « 15 jours » - Evolution des niveaux de PM10 et proportion de métaux par stations.....	28
Figure 26 – Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) par stations.....	28
Figure 27 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en µg.m ⁻³) par station.....	29
Figure 28 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) hormis le fer, par station.....	29

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 l'Environnement. 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.

Historiquement, Atmo AuRA a déjà travaillé sur la surveillance de la qualité de l'air dans les environnements souterrains : en 2002, lors d'une étude avec SYTRAL Mobilités dans le métro lyonnais et en 2010 dans les parkings souterrains lyonnais en partenariat avec Lyon Parc Auto.

Avec l'appui technique de l'INERIS (expert public pour la maîtrise des risques environnementaux), 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.

Dans ce contexte, une première étude de la qualité de l'air a été réalisée en 2017 par Keolis Lyon dans plusieurs stations de métro, en partenariat avec l'INERIS. Ces éléments et les travaux nationaux ont ainsi permis la rédaction d'un guide publié le 26 novembre 2020¹ 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 été aussi 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 :

- Début 2020 : installation de la **station de mesure « Saxe-Gambetta »** dans la station de métro du même nom. Elle délivre un suivi continu horaire des concentrations de particules fines (PM10) et très fines (PM2.5), consultable en direct sur les sites web d'Atmo AuRA et des Transports en Commun Lyonnais (TCL).
- Réalisation d'une **2^{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 **2^{ème} étude complémentaire** consistant à effectuer pendant **15 jours, des mesures continues de PM10 et PM2,5** mais aussi des mesures de particules métalliques dans l'air de **3 stations**, dont la station fixe de « Saxe-Gambetta », 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 3 parties. Un premier volet où sont présentés les résultats des mesures de la station du métro Saxe-Gambetta. L'analyse de l'étude de hiérarchisation des stations est exposée dans un deuxième 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

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



Figure 1 - Station fixe de "Saxe-Gambetta"

Cette station a été choisie principalement pour 4 raisons :

- Ayant déjà accueilli des mesures ponctuelles en 2017 et 2019, il est intéressant d'avoir une continuité d'observations ;
- Les niveaux de particules sont assez majeurs pour asseoir une surveillance pérenne représentative ;
- Cette station fait partie des plus fréquentées avec 82 000 voyages chaque jour et donne aux mesures un relief concernant l'impact sanitaire ;
- Étant donné sa configuration (espace et équipements techniques), elle permet d'accueillir un équipement de surveillance de la qualité de l'air dans de bonnes conditions techniques et en toute sécurité.

2.2. Période de mesure et matériel mis en oeuvre

Les premières mesures de particules à Saxe-Gambetta remontent au 8 janvier 2020. Elles sont réalisées en continu et délivrent des valeurs horaires. Dans cette partie du rapport, les données de particules PM10 et PM2,5 sont étudiées du 1^{er} janvier au 31 décembre 2021 avec :

- trois périodes lors desquelles les mesures n'ont pas pu être réalisées étant donné que le matériel a été utilisé dans la station de Vieux Lyon pour les études « 15 jours » (du 2 janvier au 6 février 2021 et du 1^{er} au 26 décembre 2021) et une étude spécifique supplémentaire (28 juin au 29 juillet 2021)
- quelques périodes d'absence de données, essentiellement sur le second semestre de l'année 2021, suites à des problèmes techniques survenus sur l'analyseur.

Les mesures de particules sont réalisées à l'aide d'un appareil de référence « TEOM 1405 » qui mesure en temps réel la masse des particules déposées sur un filtre après aspiration, et donne directement des concentrations en microgrammes de particules par mètre cube d'air. Contrairement aux mesures en air ambiant, la mesure des particules a été effectuée sans la « fraction volatile » selon les recommandations de l'INERIS. La fraction volatile est peu importante dans les enceintes ferroviaires souterraines du fait de la composition principale des particules due à l'usure mécanique.

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

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

2.3. Sources de pollution et réglementation

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

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

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

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

En 2020, les données de particules PM10 de la station de Saxe-Gambetta avait été comparées, à titre indicatif, aux valeurs de références définies par le CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France). Pour 2021, les valeurs mises à jour sont les suivantes :

Temps de présence dans le métro	30 minutes	1 heure	1 heure et 30 minutes
Valeurs guide en PM10 en 2020	755 µg.m ⁻³	395 µg.m ⁻³	275 µg.m ⁻³
Valeurs guide en PM10 en 2021	849 µg.m ⁻³	441 µg.m ⁻³	305 µg.m ⁻³

Dans ce rapport et comme le préconise l'INERIS, la valeur qui servira de référence dans les résultats présentés est de 441 µg.m⁻³ qui correspond à une présence d'1 heure dans le métro, temps maximal entre les 2 stations d'extrémité de la ligne la plus longue du métro lyonnais.

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, à savoir la Csout « locale » prenant en compte la qualité de l'air extérieure de l'agglomération de Lyon.

Elle a défini et proposé d'autres valeurs guides² communes pour le territoire national, tenant compte de la sortie des nouvelles valeurs OMS pour l'air ambiant, provenant de l'analyses des 7 EFS de France et prenant en compte les micro-environnements « travail » et « logement » ainsi que les niveaux de pollution dans l'air ambiant des 7 agglomérations françaises accueillant ces EFS. Ces valeurs recommandées à minima par l'ANSES sont présentées en annexe 2.

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

A titre indicatif, les concentrations dans l'air à ne pas dépasser en EFS selon les recommandations de l'ANSES pourront servir de référence dans les résultats présentés dans ce rapport et seront nommées ainsi :

- **Csout_OMS** : concentration en $\mu\text{g.m}^{-3}$ calculée à partir de la valeur guide journalière de l'OMS.
- **Csout_Lim** : concentration en $\mu\text{g.m}^{-3}$ calculée à partir de la valeur limite journalière de la directive européenne 2008/50/CE.

2.4. Résultats

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

Un système d'alarme en cas de valeurs aberrantes est aussi en place et donne lieu à des échanges systématiques avec SYTRAL Mobilités : avec le recul des 2 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.

2.4.1 - Statistiques globales

Les mesures en particules PM10 et PM2,5 ont été réalisées sur toute l'année 2021 avec une couverture de données de 70 % (c'est-à-dire que 30 % des données horaires sont manquantes entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2021 – cf. paragraphe 1.2) contre 87 % de couverture de données en 2020.

Les concentrations horaires en particules PM10 relevées à « Saxe-Gambetta » respectent globalement la valeur guide 2021 du CSHPF fixée à 441 $\mu\text{g.m}^{-3}$ mais également la nouvelle valeur guide proposée par l'ANSES (Csout_Lim) fixée à 480 $\mu\text{g.m}^{-3}$, hormis deux dépassements ponctuels relevés dans l'année. En revanche, les nouvelles valeurs guides (Csout_OMS) données par l'ANSES pour les PM10 à 140 $\mu\text{g.m}^{-3}$ et pour les PM2,5 à 80 $\mu\text{g.m}^{-3}$ ont régulièrement été dépassées en 2021.

Les valeurs médianes et moyennes de PM10 sont proches de 75 $\mu\text{g.m}^{-3}$ situant les résultats à environ 17 % de la référence CSHPF. Cette valeur est moins élevée que celle enregistrée en 2020 à 96 $\mu\text{g.m}^{-3}$. De plus, 90 % des valeurs horaires sont inférieures à 139 $\mu\text{g.m}^{-3}$ et sont donc inférieures au tiers de la référence horaire.

Année 2021			
Statistiques du 01/01 au 31/12			
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)			
Méto Saxe Gambetta Ligne B	PM2,5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)
Nombre de valeurs horaires	6113		6113
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	70%		70%
Moyenne	40		75
Médiane	36		69
P10 - P90	11	74	18 139
Min horaire - Max horaire	-1	284	0 573

Figure 2 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta - Statistiques principales

La moyenne en PM2,5 est également inférieure au résultat 2020 : 40 $\mu\text{g.m}^{-3}$ contre 46 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en 2020.

A la vue de ces statistiques annuelles 2021 (voir annexe 4 « station Saxe-Gambetta en 2021 – Données PM10/PM2,5 »), on peut noter une fraction de PM2,5 dans les particules PM10 autour de 53 % (la moitié des PM10 sont des PM2,5).

En période de forte présence des usagers (période de pointe en semaine), la fraction des particules PM_{2,5} dans les PM₁₀ est proche des 50 % mais avec des valeurs médianes et moyennes plus élevées de l'ordre de 110-120 µg.m⁻³ soit 27 % de la référence CSHPF. De plus, 90 % des valeurs horaires en PM₁₀ sont inférieures à 171 µg.m⁻³ soit environ 39 % de la référence horaire.

Année 2021			
Statistiques du 01/01 au 31/12, 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	PM _{2,5} (µg.m ⁻³)		PM ₁₀ (µg.m ⁻³)
Nombre de valeurs horaires	909		909
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	70%		70%
Moyenne	61		119
Médiane	59		117
P10 - P90	37	87	72 - 171
Min horaire - Max horaire	12	141	21 - 274

Figure 3 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta - Statistiques sur les périodes de pointe, en semaine

2.4.2. - Evolution des concentrations horaires

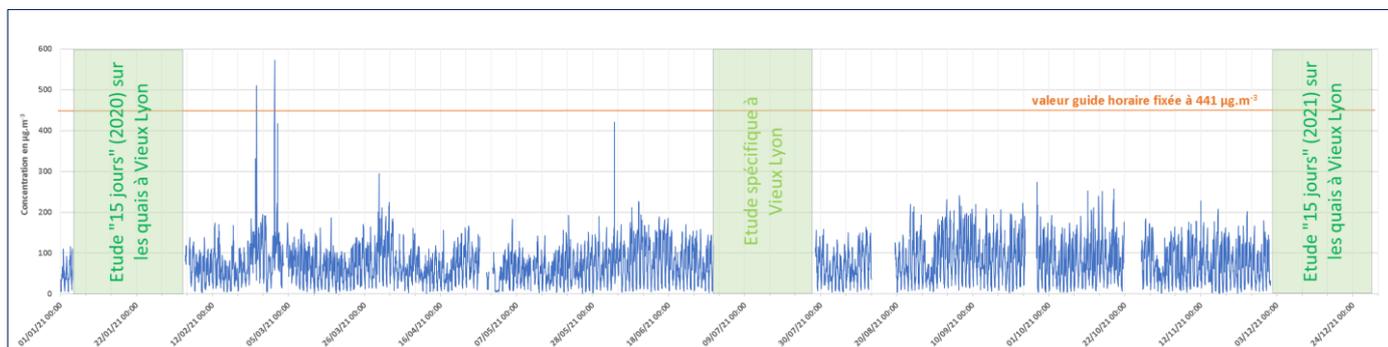


Figure 4 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta – Evolution horaire des PM₁₀

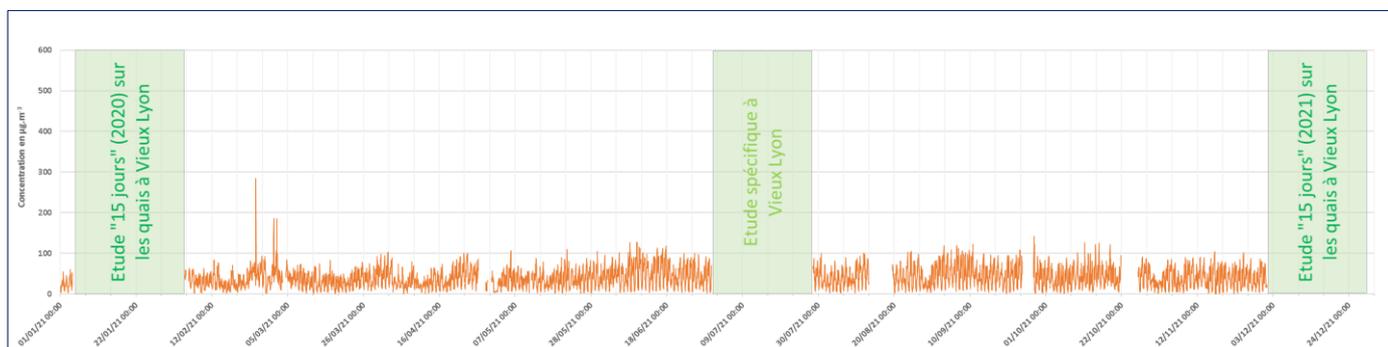


Figure 5 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta – Evolution horaire des PM_{2,5}

En règle générale, les niveaux de particules PM₁₀ et PM_{2,5} ont peu varié durant 2021, contrairement à l'année 2020 lors de laquelle des changements importants dans la fréquence des rames et la fréquentation des usagers avaient été constatés durant les 2 périodes de confinements. En effet, en 2021, hormis quelques points horaires enregistrés en PM₁₀ et PM_{2,5}, les niveaux sont restés stables, ne dépassant que très rarement les 200 µg.m⁻³ en horaire pour les PM₁₀ et les 100 µg.m⁻³ pour les PM_{2,5}.

2.4.3 - Profils hebdomadaires/journaliers

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

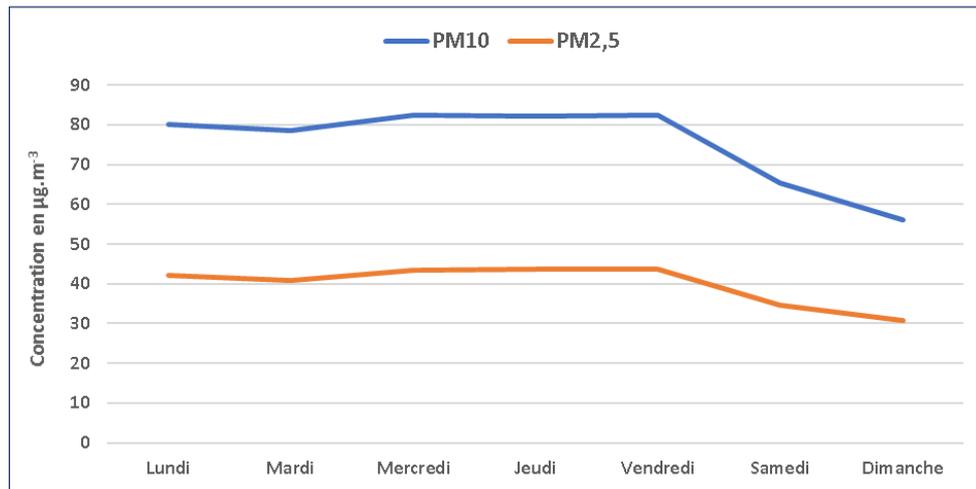


Figure 6 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta – Profil hebdomadaire PM10 et PM2,5

Les variations selon les jours de semaine sont assez logiques et montrent une décroissance liée à la baisse d'activité et de fréquentation les jours de week-end. Les niveaux enregistrés cette année sont dans la continuité de ceux enregistrés en fin d'année 2020 ; ils sont particulièrement bas avec peu de variation entre les jours de la semaine.

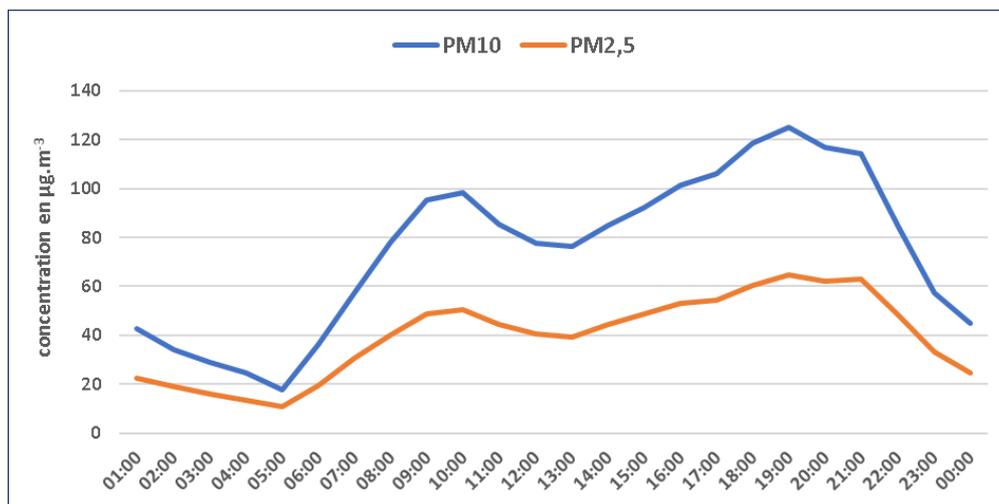


Figure 7 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta – Profil journalier PM10 et PM2,5

Même si cela est bien moins marqué qu'en 2020, 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 restent toujours les plus faibles à 5h du matin, ce qui montre très utilement qu'il faut plusieurs heures après la fermeture pour que les particules retombent au sol ou se dispersent dans les flux naturels d'air.

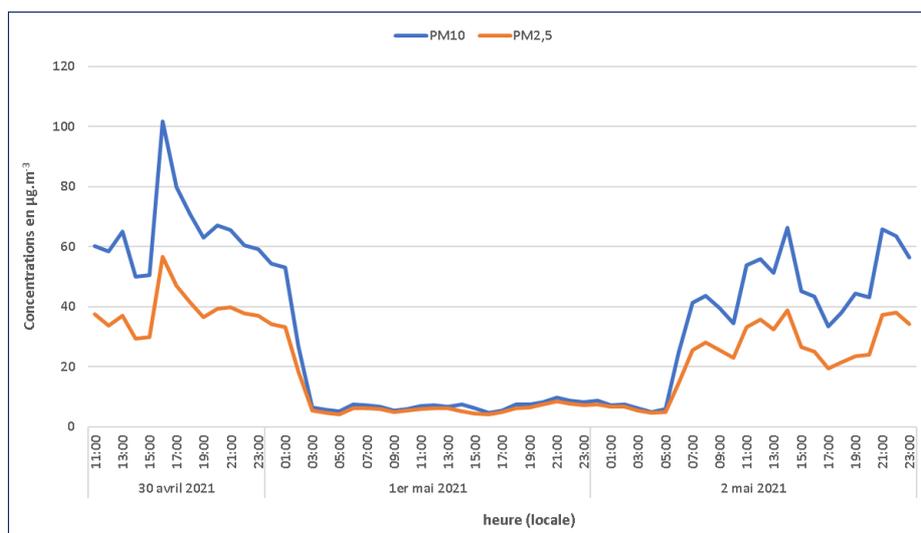


Figure 8 - Mesures 2021 – Saxe-Gambetta – Evolution horaire des particules sur la journée du 1^{er} mai

Comme en 2020, la journée du 1^{er} mai (fermeture du métro) reste très intéressante pour observer la vitesse de décroissance des concentrations de particules dans l'air : les valeurs moyennes sur la journée dans le métro sont autour de 7 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en PM10 et 4 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en PM 2,5 représentant les niveaux de base de ces particules en l'absence de toute activité. Même avec des valeurs très faibles, le ratio de 50% des PM2.5 dans les PM10 se maintient (peu visible sur le graphique vu la faiblesse des concentrations).

Avec la reprise de l'activité le 2 mai, les concentrations augmentent à nouveau très rapidement, ce qui laisse à penser que les niveaux de particules enregistrés dans le métro sont fortement liés à l'activité du métro et démontre qu'il y a peu, voire pas d'apport extérieur.

2.5. Conclusion

Les mesures de particules réalisées en continu à Saxe-Gambetta en 2021 ne font pas ressortir de périodes particulières et les niveaux moyens restent homogènes sur l'année contrairement à 2020, année atypique avec la crise sanitaire et des déplacements fortement perturbés. Cette observation sera donc à consolider en 2022 puisque nous ne disposons actuellement que de 2 années d'observations avec des comportements différents.

Les concentrations moyennes de PM10 (75 $\mu\text{g.m}^{-3}$) et de PM2,5 (40 $\mu\text{g.m}^{-3}$) de l'année 2021 sont inférieures aux résultats de 2020 (-22% pour les PM10 et -14% pour les PM2,5).

S'il n'existe toujours pas de seuil réglementaire officiel concernant la qualité de l'air dans le métro, des valeurs guides en PM10 dans les enceintes ferroviaires souterraines ont été définies en 2001 par le CSHPF : pour un trajet d'une durée de 1h, la valeur guide en 2021 est de 441 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Au regard de ce seuil, les mesures horaires de particules PM10 sont globalement très satisfaisantes avec seulement 2 franchissements et une grande majorité des résultats qui ne dépassent pas le tiers de cette valeur.

Les profils hebdomadaires 2021, dans le prolongement de ceux enregistrés en fin d'année 2020, montrent des niveaux moyens quotidiens de particules assez bas. Ils varient peu entre les jours de la semaine et sont minimum le week-end. Pas de surprises non plus pour les enseignements des profils journaliers : en lien avec l'activité du métro, l'évolution horaire marque un pic en matinée et un autre en fin de journée, les concentrations les plus basses sont observées vers 5h du matin avant l'ouverture du métro.

3. Etude de hiérarchisation des stations

L'étude de hiérarchisation consiste à effectuer des mesures ponctuelles et avec du matériel léger mais dans l'ensemble des stations du métro, ce qui est impossible avec le matériel plus technique comme celui qui équipe la station fixe. Les résultats indicatifs mais exhaustifs permettront de classer 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).

Une seconde étude de hiérarchisation des stations du métro lyonnais a ainsi été réalisée à l'automne 2021.

3.1. 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.

3.2. Sites et période de mesure

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. Comme en 2020, 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 (voir annexe 5 « 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 (voir annexe 6 « Etude de hiérarchisation – Particules PM10 – moyennes 15 min »).

Les mesures ont donc été faites :

- hors période de vacances : les 9, 10, 17, 18, 22, 23 et 24 novembre 2021 et le 6 décembre 2021.
- 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

3.3. Résultats

3.3.1 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.

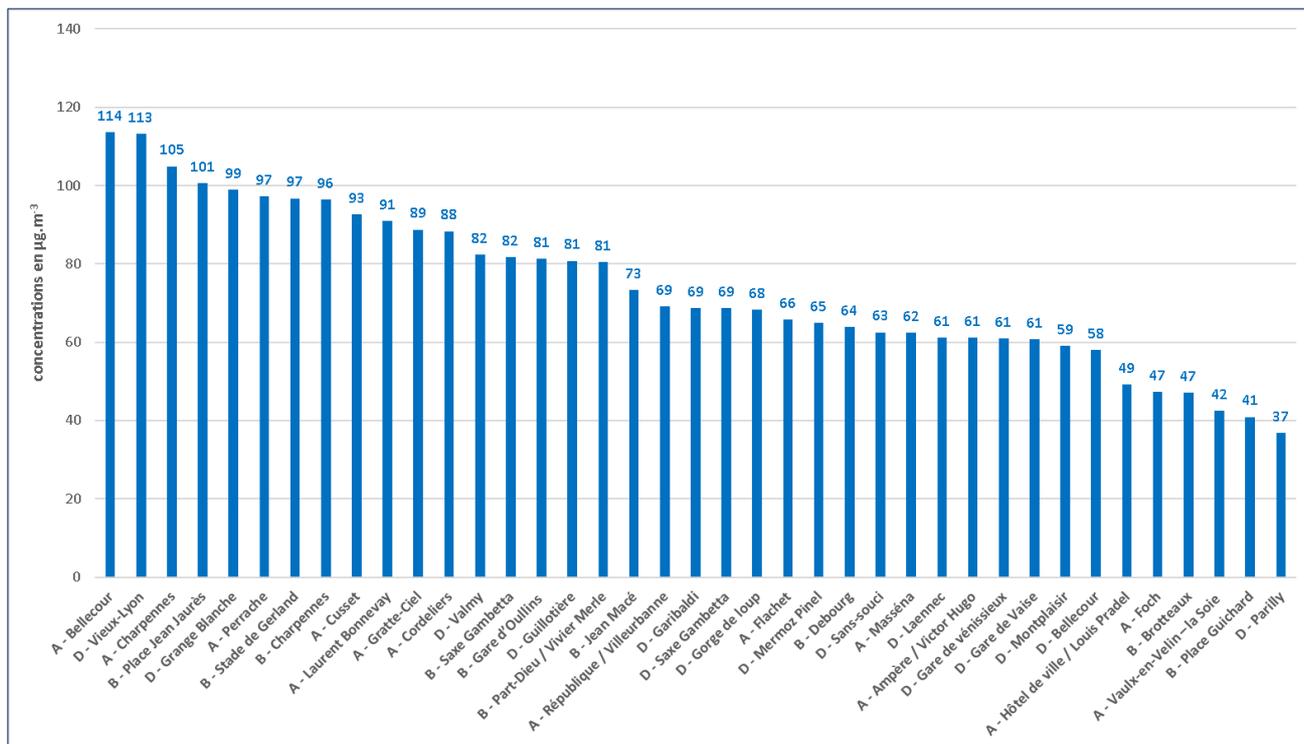


Figure 9 - Etude de hiérarchisation – Moyenne PM10 «15 min » (3*15min)

En 2021, la station « Bellecour » (métro A) est la station qui enregistre les concentrations moyennes en PM10 les plus élevées (114 µg.m⁻³) et c'est également la station qui enregistre la 2^{ème} valeur maximale sur 15 minutes (160 µg.m⁻³). Cette station occupait la 2^{ème} place lors de l'étude de hiérarchisation de 2020 avec une moyenne de 129 µg.m⁻³.

La station de « Bellecour » a la particularité d'avoir les quais les plus longs du réseau, pouvant accueillir des rames de six voitures et donc potentiellement générer une fréquentation plus importante que dans les autres stations.



Figure 10 - Station de métro « Bellecour »

En 2021, « Parilly » (ligne D) est la station qui enregistre les concentrations en PM10 les moins élevées ($37 \mu\text{g.m}^{-3}$). Elle est également celle qui enregistre la valeur sur 15 min la plus basse ($53 \mu\text{g.m}^{-3}$). Cette station occupait l'avant-dernière place en 2020 avec une moyenne de $33 \mu\text{g.m}^{-3}$.



Figure 11 - Station de métro « Parilly »

Par rapport à l'étude de hiérarchisation réalisée en 2020 :

- la station « Vieux Lyon », qui occupait la 1^{ère} place ($162 \mu\text{g.m}^{-3}$) est maintenant 2^{ème} du classement 2021 avec une moyenne encore élevée ($113 \mu\text{g.m}^{-3}$) mais en baisse par rapport à 2020, très certainement en lien avec les actions de nettoyage réalisées sur cette station par SYTRAL Mobilités en octobre 2021.
- la station « Vaulx-en-Velin – la Soie », qui occupait la dernière place ($27 \mu\text{g.m}^{-3}$), est quasiment encore dernière en 2021 et occupe la 37^{ème} place ($42 \mu\text{g.m}^{-3}$).

Les écarts de concentrations en PM10 varient différemment d'une station à une autre et d'une année à l'autre. En effet, entre 2020 et 2021, 16 stations évoluent de moins de 5 places au classement, 10 stations évoluent entre 5 et 10 places et 13 stations évoluent de plus de 11 places (cf. graphiques page suivante).

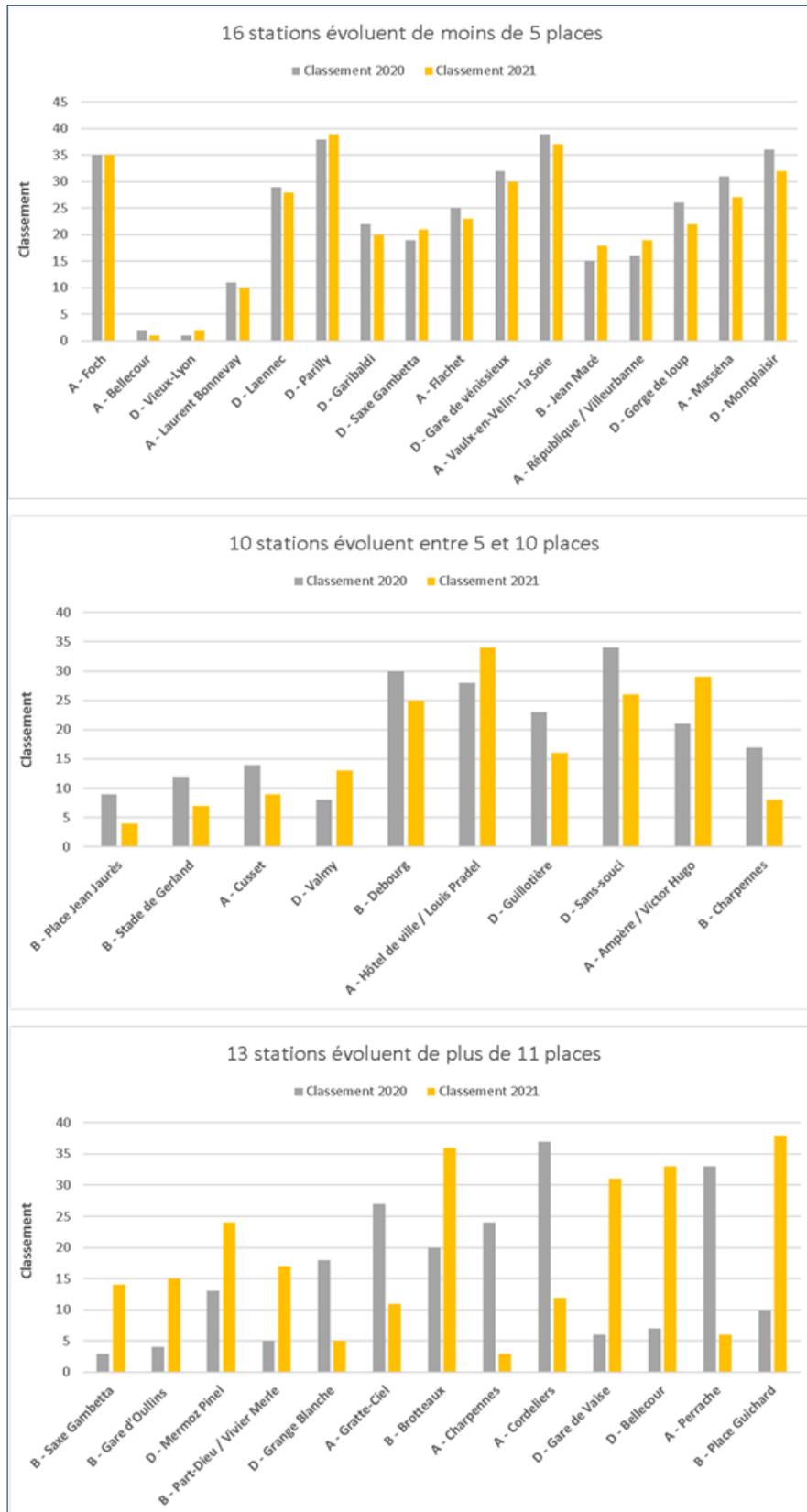


Figure 12 - Etudes de hiérarchisation 2020/2021 – Evolution du classement des stations

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 2020 et 2021 : ce sera un point d'amélioration à étudier pour les futurs échantillonnages.

3.3.2 Niveau de confinement et paramètres de confort

Lors de cette étude, 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 :
 - o 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.
 - o 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 7 « Etude de hiérarchisation – CO₂ moyennes 15' ») est de 699 ppm (parties par million). La moyenne la plus forte a été enregistrée dans la station « Guillotière » avec 951 ppm. La plus faible moyenne a été enregistrée dans la station « Foch » avec 481 ppm : les niveaux de CO₂ mesurés dans le métro lyonnais sont donc corrects et ne traduisent pas de situations de confinement.

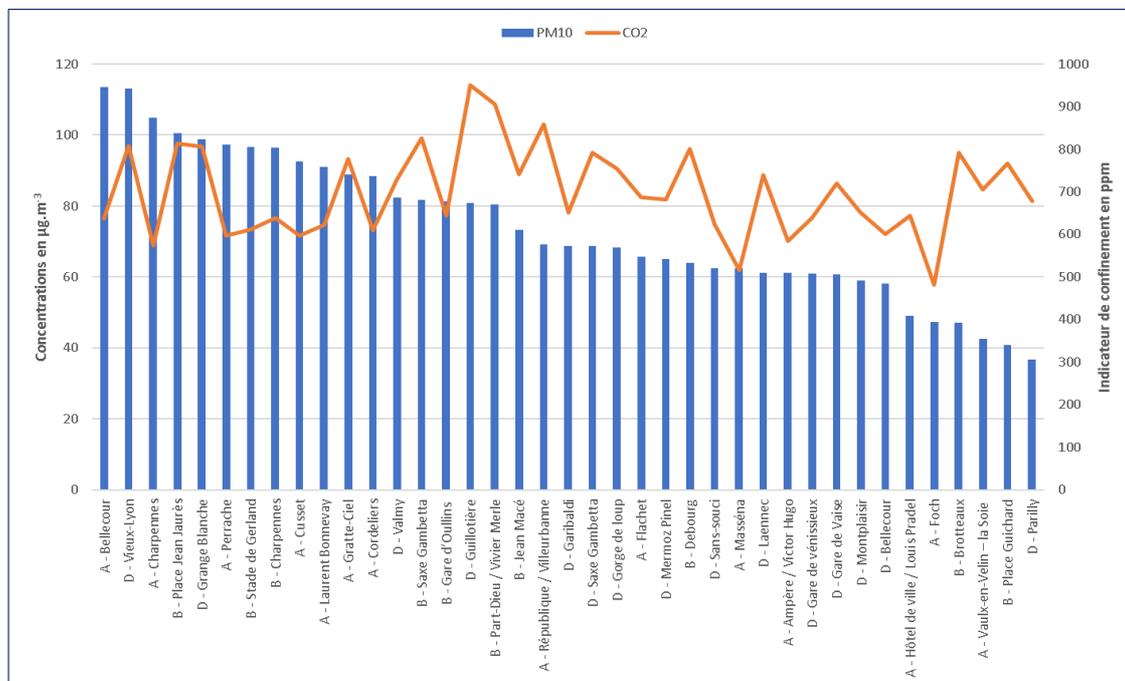


Figure 13 - Etude de hiérarchisation – PM10/CO₂

En première approche, les concentrations moyennes en PM10 et en CO₂ de chacune des stations ne sont pas corrélées : par conséquent, il ne semble pas avoir de lien entre une ambiance plutôt confinée et la hausse possiblement attendue des concentrations de particules dans ce cas.

Cependant, les premières mesures de CO₂ réalisées en continu du 26 octobre au 1^{er} décembre 2021 sur la station de Saxe-Gambetta, en parallèle des mesures fixes de PM10, montrent qu'il pourrait y avoir une corrélation entre ces 2 paramètres lorsque les mesures sont réalisées sur des périodes plus longues et en continu.

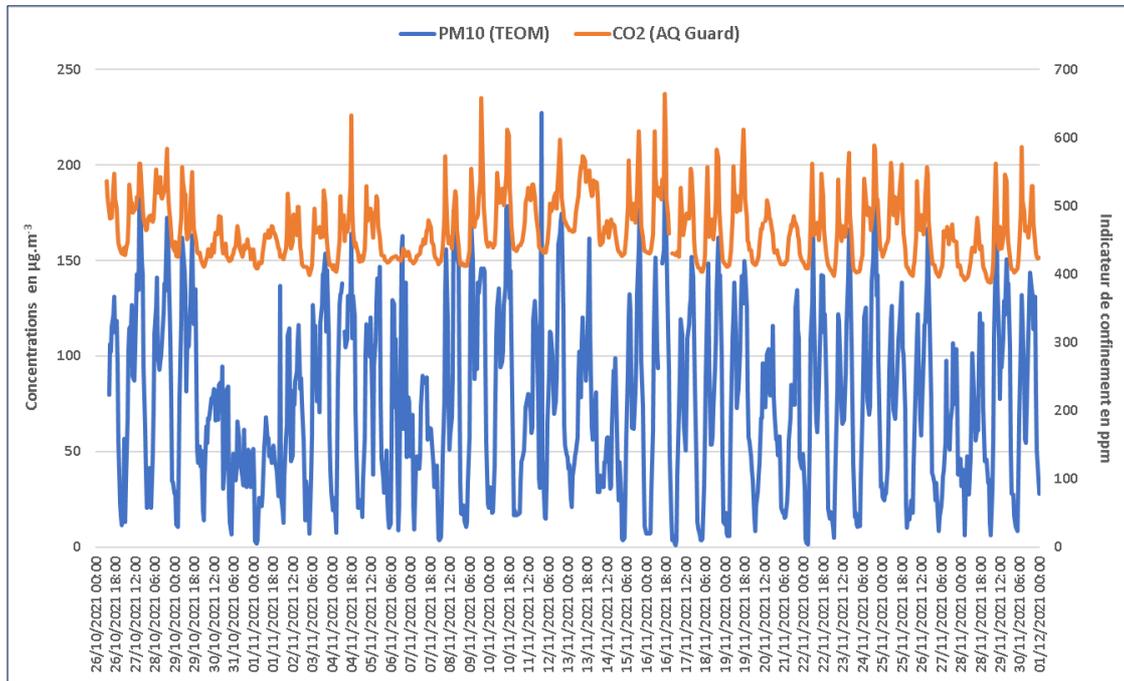


Figure 14 - Etude de hiérarchisation – Comparaison du CO₂ au PM10 à Saxe-Gambetta

On observe également une augmentation du CO₂ lorsque les PM10 augmentent au moment des périodes de pointe du matin et de la fin de journée.

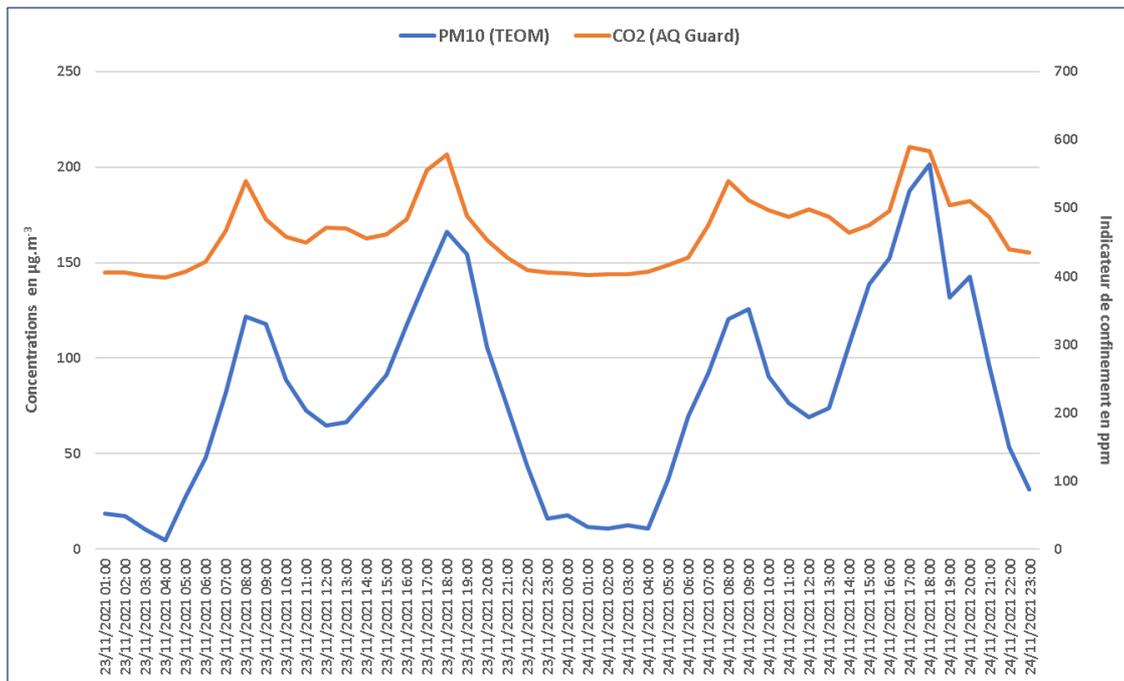


Figure 15 - Etude de hiérarchisation – Comparaison du CO₂ au PM10 à Saxe-Gambetta les 23 et 24 novembre 2021

L'étude de corrélation pourra être effectuée dans de meilleures conditions quand la série de données sera plus importante.

La température (T°) – paramètre de confort

La température moyenne calculée sur l'ensemble des sites (voir annexe 8 « Etude de hiérarchisation – Température moyennes 15' ») est de 17 °C. La moyenne la plus forte a été relevée pour les stations de « Gare d'Oullins » et « Bellecour-A » avec 21 °C et la plus faible pour les stations de « Parilly », « Montplaisir » et « Place Guichard » avec 13 °C.

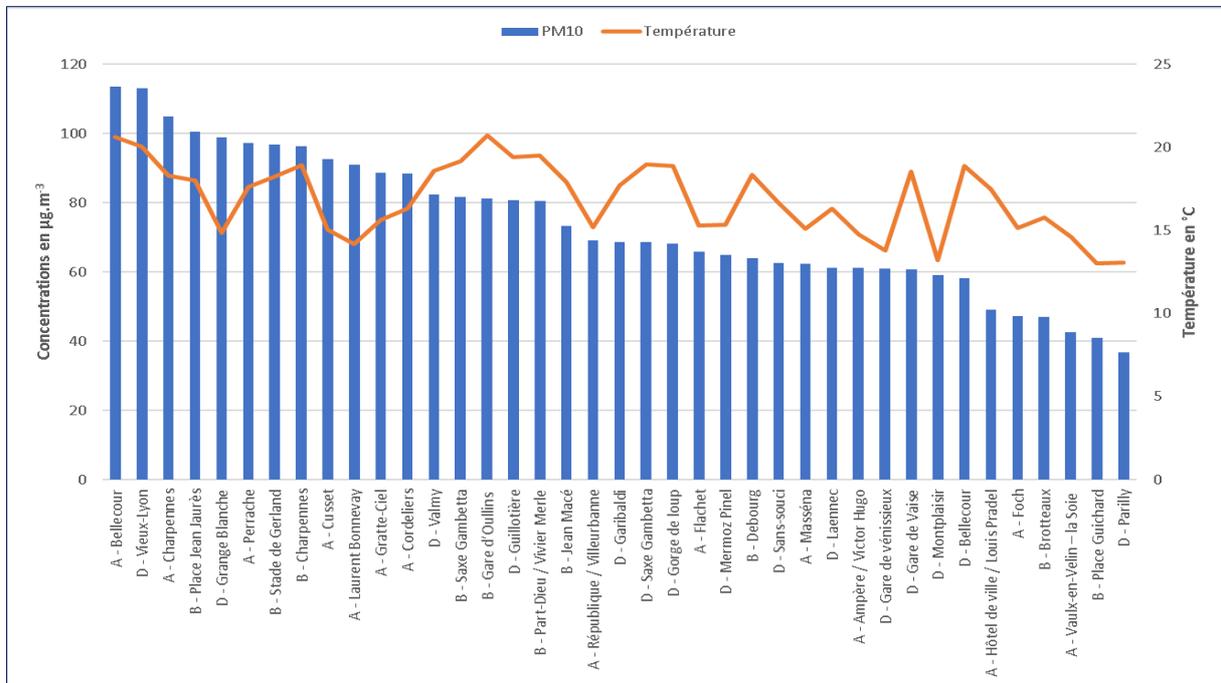


Figure 16 – Etude de hiérarchisation - PM10/température

L'humidité (H) – paramètre de confort

L'humidité relative moyenne enregistrée sur l'ensemble des sites (voir annexe 9 « Etude de hiérarchisation – Humidité relative moyennes 15' ») est de 38 % et elle varie entre 30 et 47 %, selon les stations de métro. En comparaison, le taux d'humidité recommandé en environnement intérieur se situe entre 40 et 60%.

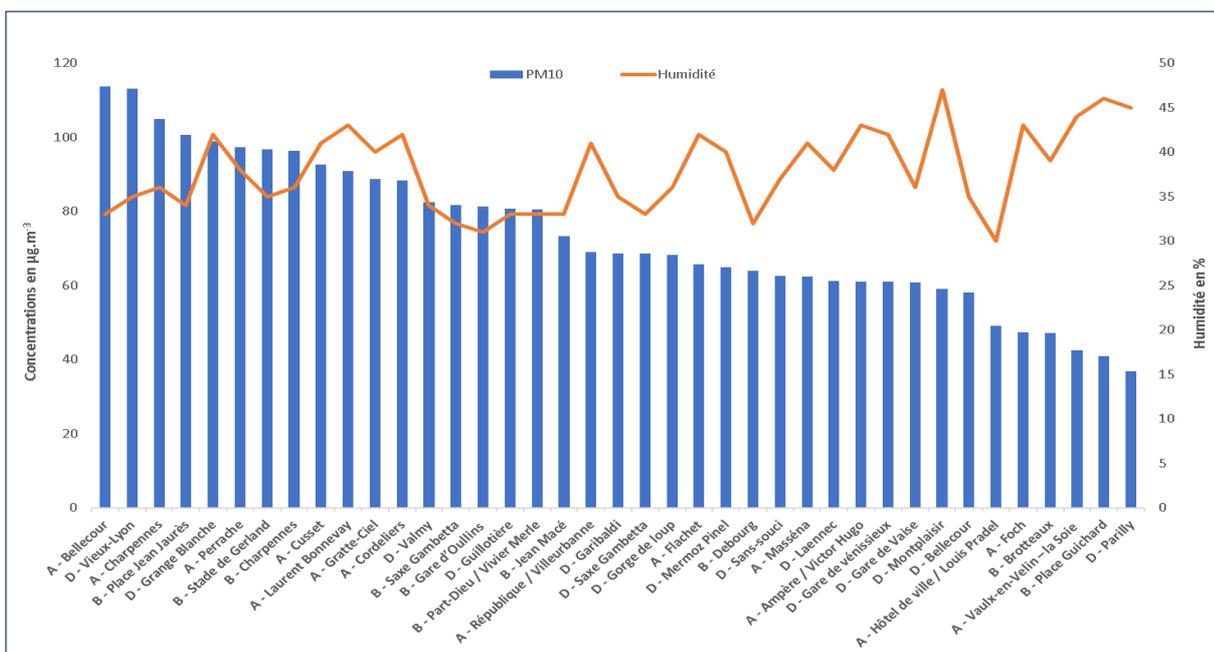


Figure 17 - Etude de hiérarchisation – PM10/humidité

Ces 2 paramètres de confort n'ont donc a priori pas de lien évident avec les niveaux de particules mesurés dans le métro. En revanche, l'humidité est très souvent liée à la température : plus les températures augmentent et plus l'air est sec. L'anti-corrélation est bien visible sur cette période de mesures :

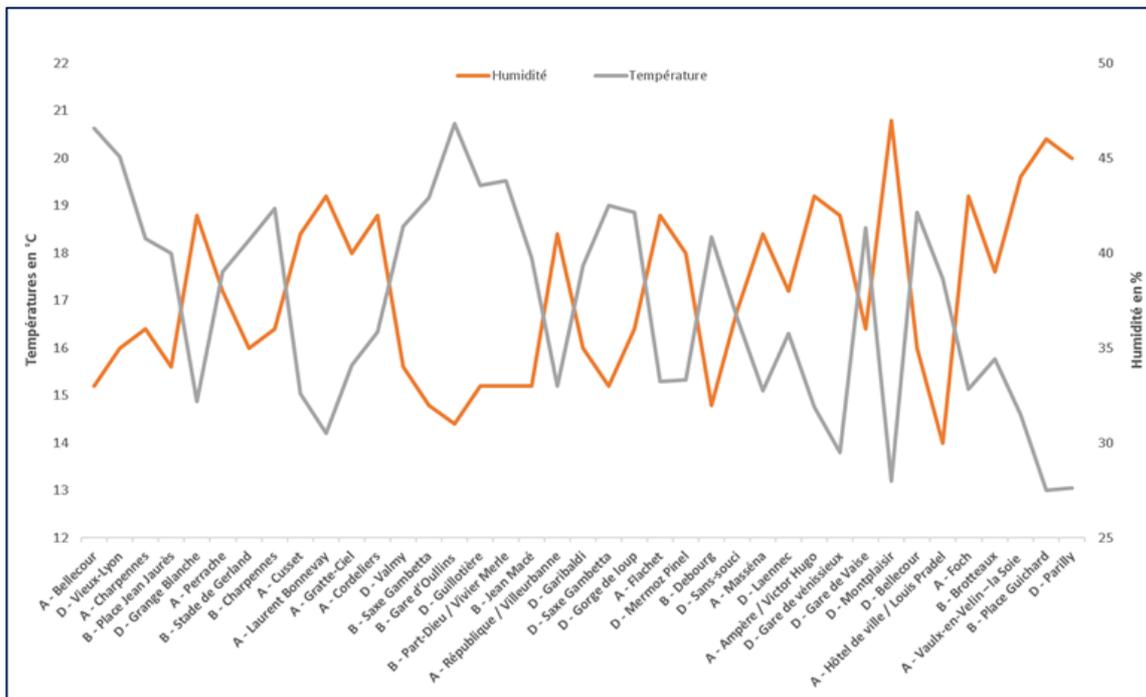


Figure 18 - Etude de hiérarchisation – Humidité/Température

3.4. Conclusion

Cette seconde étude de hiérarchisation a permis d'établir un nouveau classement des 36 stations étudiées des 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 :

- « Bellecour » (métro A) avec la concentration moyenne en PM10 la plus élevée ($114 \mu\text{g.m}^{-3}$). En 2020, cette station occupait la 2^{ème} place.
- « Vieux Lyon » (métro D) qui occupe en 2021 la 2^{ème} place ($113 \mu\text{g.m}^{-3}$). En 2020, elle se positionnait en première place.
- « Charpennes » (métro A) est 3^{ème} ($105 \mu\text{g.m}^{-3}$) et se plaçait à la 24^{ème} place en 2020.

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.

Compte tenu de la mesure pérenne de la station de « Saxe-Gambetta », quel que soit son classement à l'issue de l'étude de hiérarchisation, il a été décidé de l'investiguer chaque année avec des mesures complémentaires de métaux afin d'assurer une continuité dans les mesures des particules et des métaux et ainsi disposer d'une référence pour l'évolution temporelle des niveaux d'année en année.

Le choix définitif des 2 autres stations a été effectué en fonction des niveaux de particules enregistrées dans les stations mais aussi des possibilités pratiques d'installation du matériel et des opportunités de mesures complémentaires. En concertation avec SYTRAL Mobilités et en complément de la station fixe de « Saxe-Gambetta », les 2 stations suivantes ont été retenues pour réaliser ces campagnes de mesures complémentaires de 15 jours :

- La station « Bellecour » : en 2020, cette station n'avait pas été retenue car elle posait des problèmes pratiques quant à l'installation du dispositif de mesure et sur lesquels Keolis a pu travailler pour les rendre possibles cette année.
- La station « Vieux Lyon » enregistre des niveaux élevés en particules et métaux et elle se positionne régulièrement 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.

4. Etude « 15 jours » sur les quais

4.1. Sites de mesure et polluants étudiés

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



Figure 19 - Stations de métro « Bellecour » et « Vieux Lyon »

Les polluants prospectés sont :

- Les particules : PM10 et PM2,5.
- Les métaux dans la fraction PM10 des particules : fer, baryum, cuivre, zinc, antimoine, manganèse, nickel, plomb, arsenic, cadmium, chrome, aluminium et calcium.

4.2. Période de mesure et matériel mis en oeuvre

Dans le but d'être représentative d'une période standard d'exploitation du métro et comme indiqué dans le protocole national, les mesures ont été réalisées hors périodes de vacances scolaires et dans l'ordre suivant : « Vieux Lyon » du 1^{er} au 26 décembre 2021, « Bellecour » du 21 mars au 8 avril 2022 et « Saxe-Gambetta » du 3 au 19 juin 2022.

Les systèmes de mesure mis en oeuvre pour cette campagne de mesure sont :

- Un analyseur automatique TEOM 1405 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 préleveur bas-débit de type « Partisol » pour les métaux avec une tête de prélèvement des PM10 : prélèvement sur filtre (1 prélèvement de 24 heures par jour sur au moins 14 jours consécutifs) avec analyse différée des filtres en laboratoire.

4.3. Résultats

Les résultats détaillés des particules PM10 et PM2,5 ainsi que des métaux sont présentés dans les annexes 10 à 16, sous forme de quatre tableaux distincts pour les périodes suivantes :

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

4.3.1. Les particules PM10/PM2,5

À la suite de plusieurs problèmes techniques survenus sur l'appareil lors de la campagne à Vieux Lyon et ayant entraîné des pertes de données majeures, la période de mesure a été étendue et des mesures supplémentaires ont dû être réalisées pendant les vacances scolaires, durant 7 jours, du 19 au 25 décembre inclus :

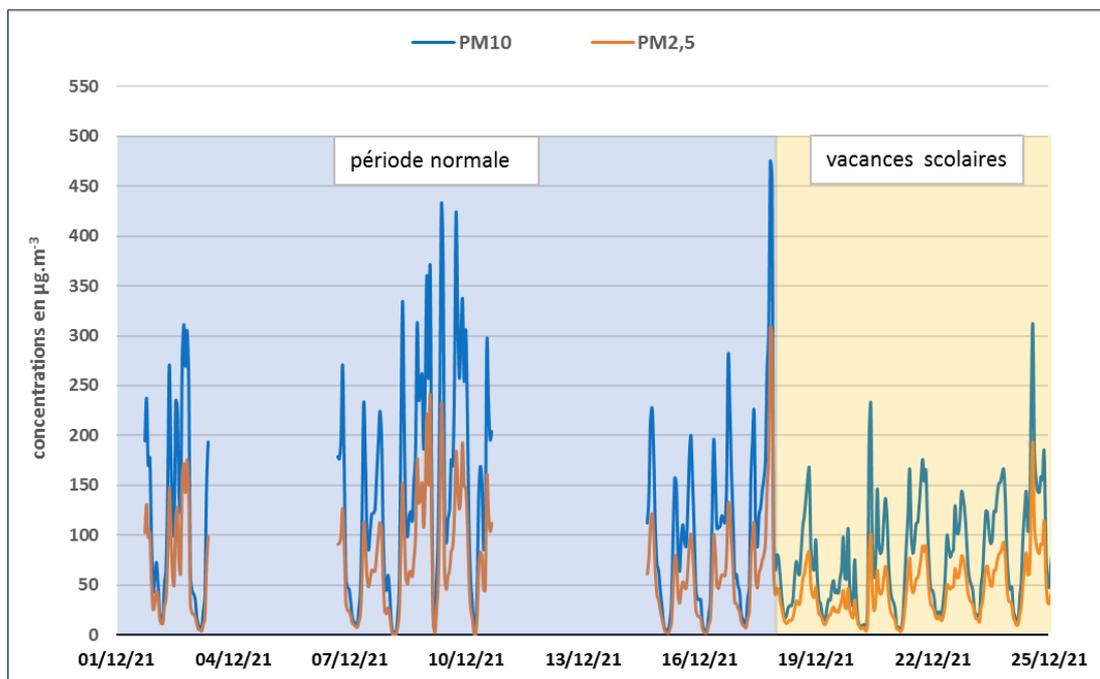


Figure 20 - Vieux Lyon - Evolution horaire des particules PM10 et PM2,5 du 1^{er} au 25 décembre 2022

Ces mesures viennent confirmer que les niveaux de particules baissent durant les périodes de vacances scolaires et que les niveaux sont du même ordre de grandeur que ceux que l'on retrouve les week-ends d'où la recommandation de l'INERIS d'exclure les périodes de vacances scolaires pour faire les mesures.

Par conséquent, les statistiques n'ont pu être calculées que sur 10 jours entre le 1^{er} et le 18 décembre 2021 au lieu des 14 jours consécutifs demandés dans le guide de l'INERIS.

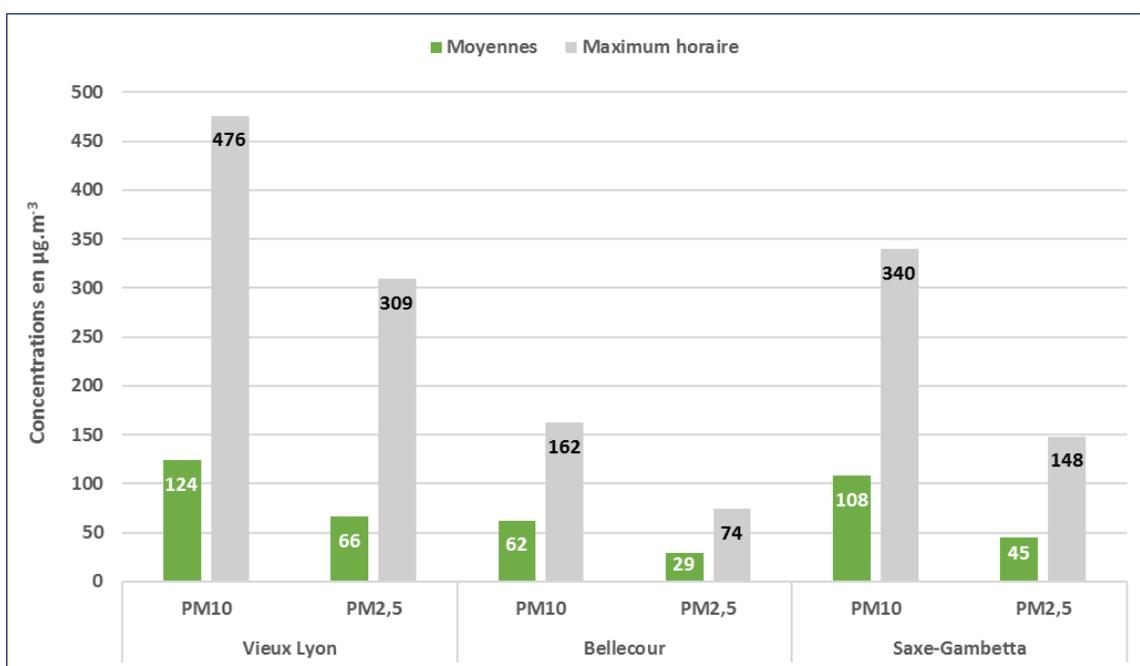


Figure 21 - Etude « 15 jours » - Moyenne et max horaire en PM10 et PM2,5 par station

La station « **Vieux Lyon** » montre les plus fortes concentrations moyennes en PM10 ($124 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et PM2,5 ($66 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) confirmant ainsi la 2^{ème} place constatée lors de l'étude de hiérarchisation et ses niveaux de particules PM10 ($113 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Par rapport à l'étude « 15 jours » réalisée en 2020, les niveaux enregistrés à « Vieux Lyon » sont en baisse : les moyennes en PM10 passent de $148 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ à $124 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et en PM2,5 de $76 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ à $66 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Cette baisse des concentrations peut être liée :

- au déplacement, sur le même quai et de quelques mètres, de la station qui se trouvait initialement sous des conduits d'aération très empoussiérés.
- au nettoyage complet de la station (quai, rails, bouches d'aération) réalisé par SYTRAL Mobilités en octobre 2021.

La station « **Saxe-Gambetta** » enregistre une moyenne en PM10 sur 15 jours (correspondante à la campagne avec la mesure des métaux) de $108 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Contrairement aux observations faites à « Vieux Lyon », les niveaux enregistrés à « Saxe-Gambetta » sont en augmentation entre les 2 campagnes hivernales de 15 jours (2020 et 2022).

Mise en comparaison avec la moyenne annuelle 2021 à $75 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ou à celle de 2020 à $96 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, et sans disposer de l'année 2022 complète, il est difficile de savoir si la campagne de 15 jours présage d'une remontée des concentrations au niveau de celles de 2020 ou si c'est un biais d'échantillonnage. Cependant, lors de l'étude « 15 jours » réalisée en 2020, avec une moyenne en PM10 de $76 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et en PM2,5 de $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, l'échantillonnage de 2020 avait sous-estimé les concentrations.

Pour les PM2,5, l'écart est moins important avec $45 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sur la campagne de 15 jours et des moyennes annuelles de $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en 2021 et $45 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en 2020 ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sur la campagne 15 jours de 2020).

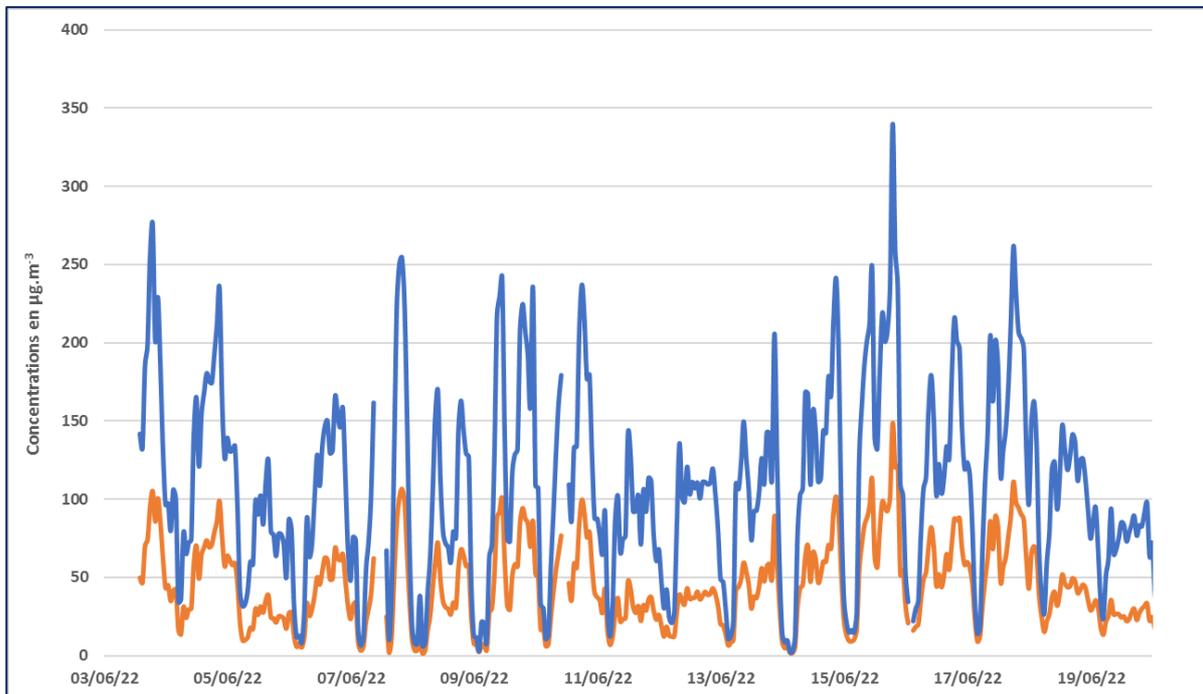


Figure 22 – Saxe-Gambetta - Evolution horaire des particules PM10 et PM2,5 du 3 au 19 juin 2022

Contre toute attente, contredisant les résultats de l'étude de hiérarchisation, les niveaux moyens enregistrés à « **Bellecour** » sont les plus faibles en comparaison aux 2 autres stations, avec une moyenne en PM10 à 62 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (et en PM2,5 à 29 $\mu\text{g.m}^{-3}$) contre une estimation des PM10 à 114 $\mu\text{g.m}^{-3}$ lors de l'étude (presque le double).

C'est la raison pour laquelle la méthodologie nationale demande que l'étude de hiérarchisation soit réalisée durant 3 années successives, à savoir consolider les résultats.

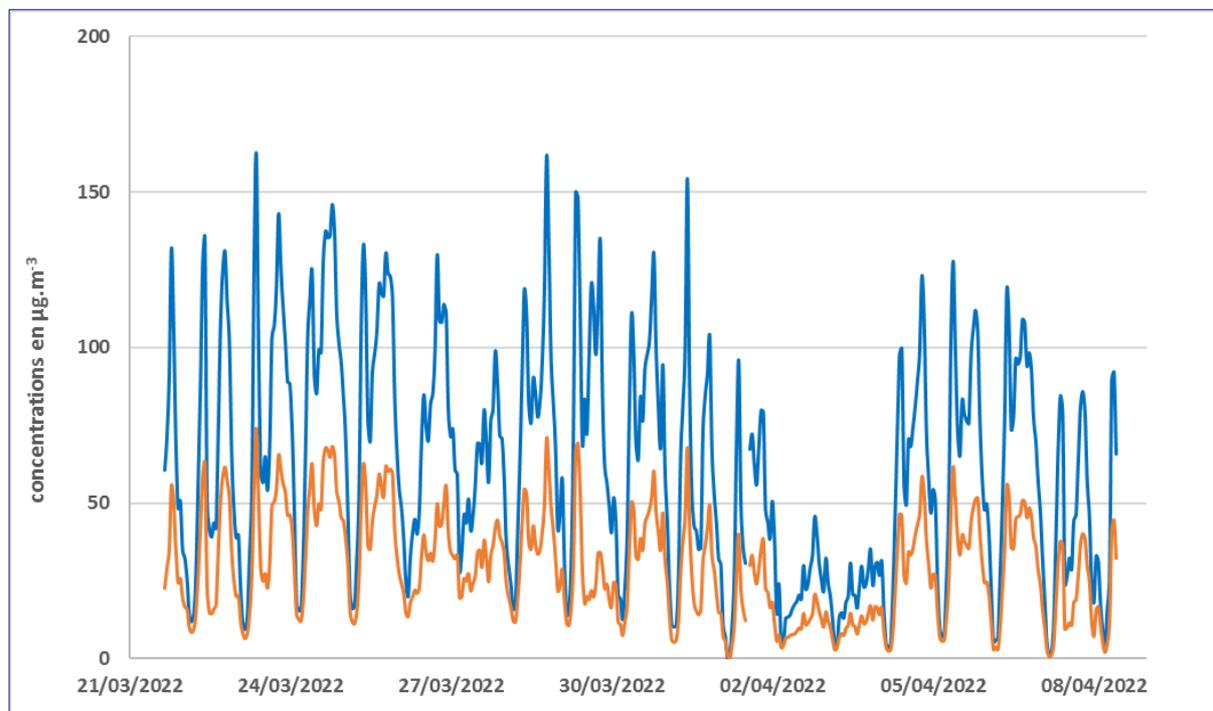


Figure 23 - Bellecour - Evolution horaire des particules PM10 et PM2,5 du 21 mars au 8 avril 2022

A titre indicatif, les concentrations horaires enregistrées sur ces trois sites durant ces 15 jours d'étude respectent globalement la valeur guide 2021 du CSHPF fixée à 441 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur 1 heure, y compris sur le site de Vieux Lyon où seulement 2 dépassements de cette valeur ont été constatés durant l'étude.

Ces concentrations respectent également la nouvelle valeur guide « Csout_Lim » proposée par l'ANSES et fixée à 480 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les particules fines PM10. Ce constat est également vrai pour « Vieux Lyon » qui, malgré des concentrations horaires les plus élevées, n'a enregistré aucun dépassement de cette valeur (le maximum horaire en PM10 a été relevé à 476 $\mu\text{g.m}^{-3}$ le 17 décembre 2021 à 20h, en semaine et début de soirée).

En revanche, les valeurs guides « Csout_OMS » fixées à 140 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM10 et 80 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM2,5 sont très souvent dépassées à « Vieux Lyon » et aussi à « Saxe-Gambetta », contrairement à « Bellecour » où seulement quelques dépassements sont enregistrés. L'évolution de ces concentrations horaires, en lien avec ces nouvelles valeurs guides sont présentées en annexe 17 (*Etude « 15 jours » - situation des niveaux par rapport aux valeurs guides proposées par l'ANSES*).

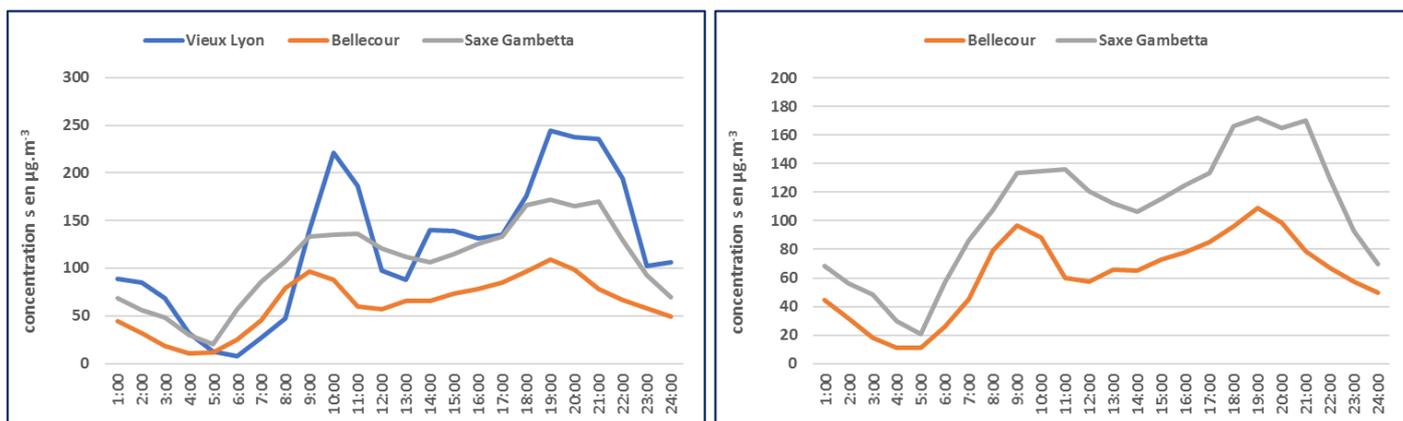


Figure 24 – Etude « 15 jours » - Profils journaliers PM10

Les profils journaliers des PM10 et PM2,5 sont assez bien corrélés d'une station à une autre : on retrouve les pointes du matin (7h à 10h) et du soir (17h à 21h) liées à la fréquentation du métro et du nombre de rames en circulation. Le profil de la journée est beaucoup plus marqué pour la station de Vieux Lyon qui présente des niveaux de PM10 et PM2,5 plus élevés et donc des différences de concentrations de particules plus importantes entre les heures de pointe et les autres heures de la journée.

Concernant « Vieux Lyon », il est intéressant de constater que les niveaux de nuit (fermeture du métro de minuit à 5h du matin) sont plus élevés que ceux des 2 autres stations, ce qui indique bien un lien très marqué avec l'activité relative à la circulation des rames durant la journée et une dispersion des particules moins efficace. La forte baisse des niveaux à partir de 22h confirme le phénomène de dépôt des particules au sol pendant la nuit.

Les résultats obtenus dans la station de « Vieux Lyon » étant encore élevés et très différents des deux autres stations, ces derniers 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 seront réalisées en 2022.

4.3.2. Les métaux

4.3.2.1 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 5.1). Ils ne sont pas réglementés dans les enceintes ferroviaires souterraines et ne le sont uniquement en air ambiant avec des valeurs cibles en moyenne annuelle pour le nickel, le cadmium, l'arsenic et le plomb.

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

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

4.3.2.2 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 (48 % en 2020), 60 % à Bellecour et 40 % à Saxe-Gambetta (40 % en 2020) :

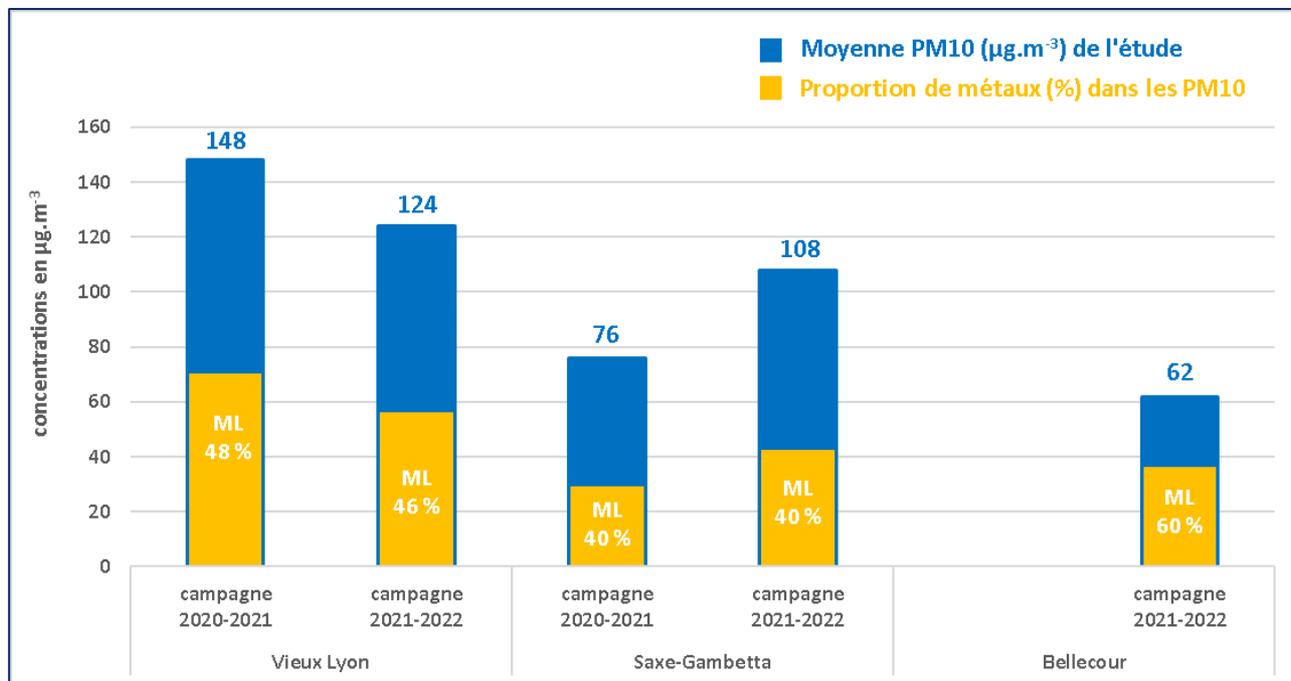


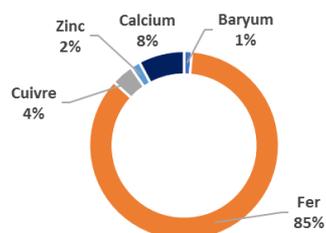
Figure 25 – Etude « 15 jours » - Evolution des niveaux de PM10 et proportion de métaux par stations

Comme vu précédemment, les niveaux de PM10 à Saxe-Gambetta lors de cette campagne sont en augmentation par rapport à la précédente, mais la proportion de métaux, quant à elle, reste stable. Pour « Bellecour », la proportion de métaux représente plus de la moitié des particules. Quant à la station de « Vieux Lyon », même avec une diminution des niveaux de particules entre les 2 campagnes, la proportion de métaux reste stable à une petite moitié de la quantité de particules.

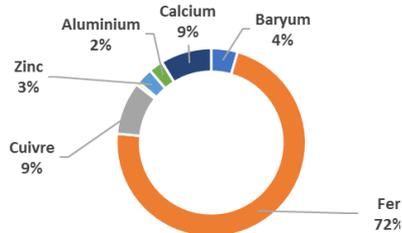
Comme précédemment, le fer reste l'élément majoritaire représentant 69 à 85 % des métaux analysés : la présence importante de fer reste caractéristique des enceintes ferroviaires souterraines.

Cette teneur en fer est quasi équivalente sur les stations de « Bellecour » et de « Saxe-Gambetta » mais elle est plus élevée dans la station « Vieux Lyon » :

Vieux Lyon - Répartition des métaux



Bellecour - Répartition des métaux



Saxe Gambetta - Répartition des métaux

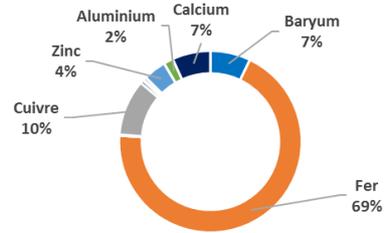


Figure 26 – Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) par stations

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 ».

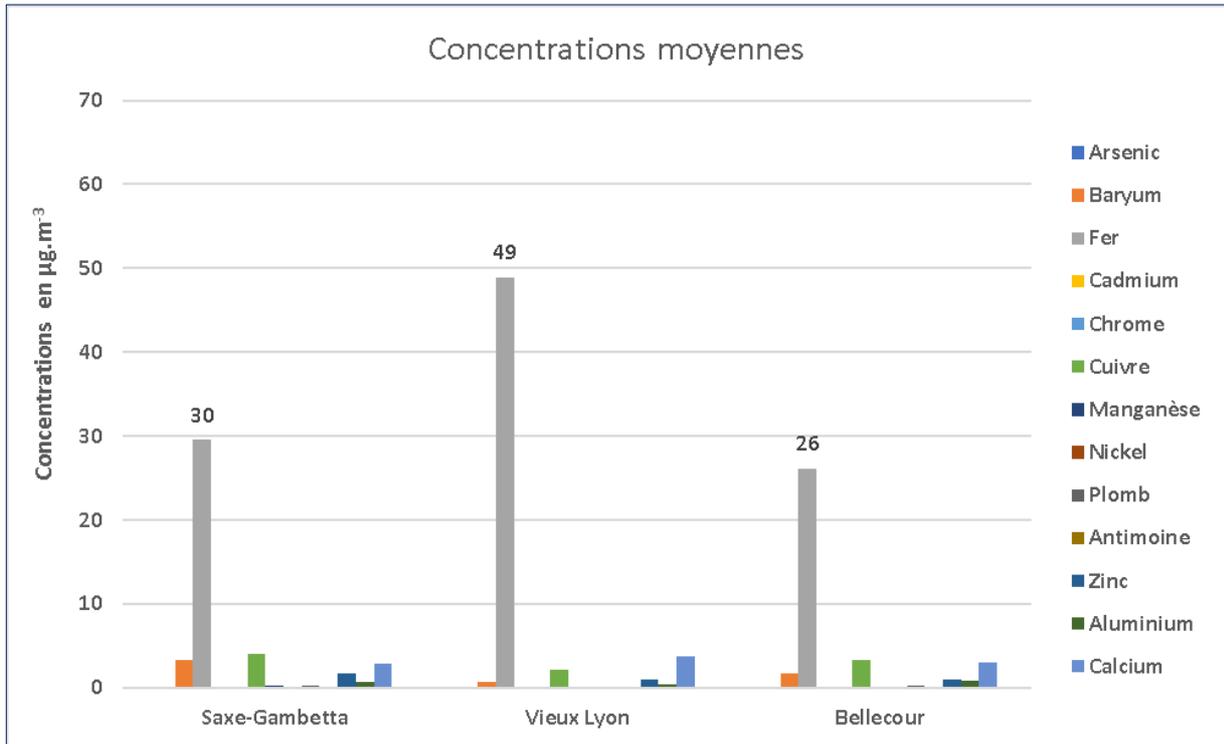


Figure 27 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en µg.m⁻³) par station

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

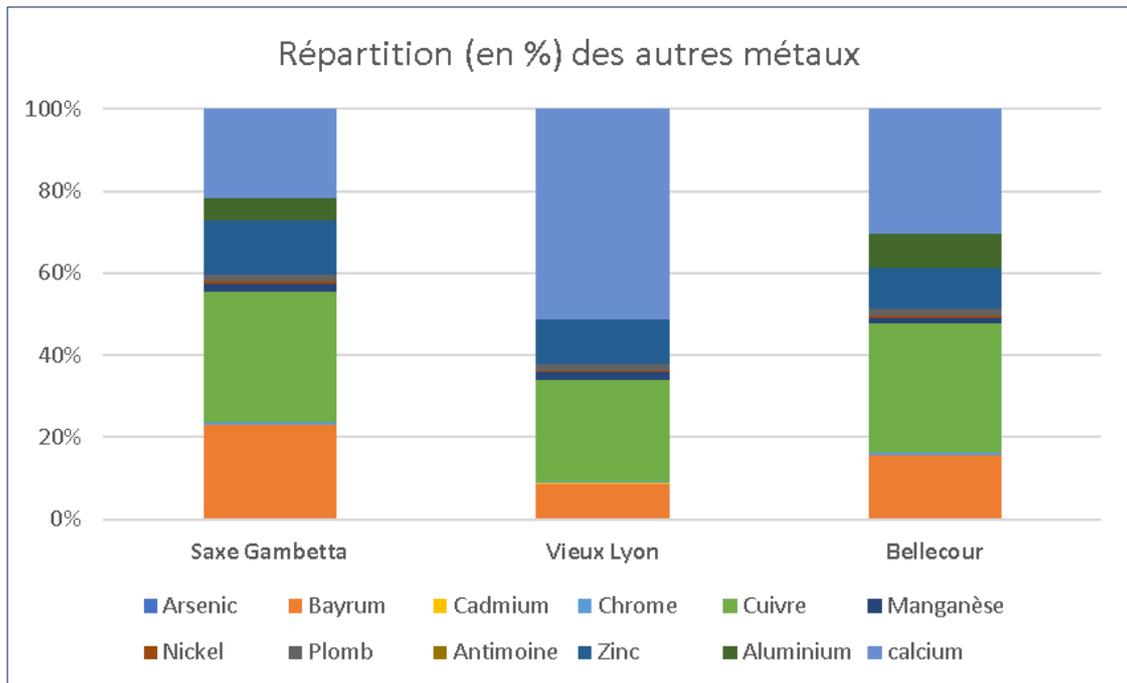
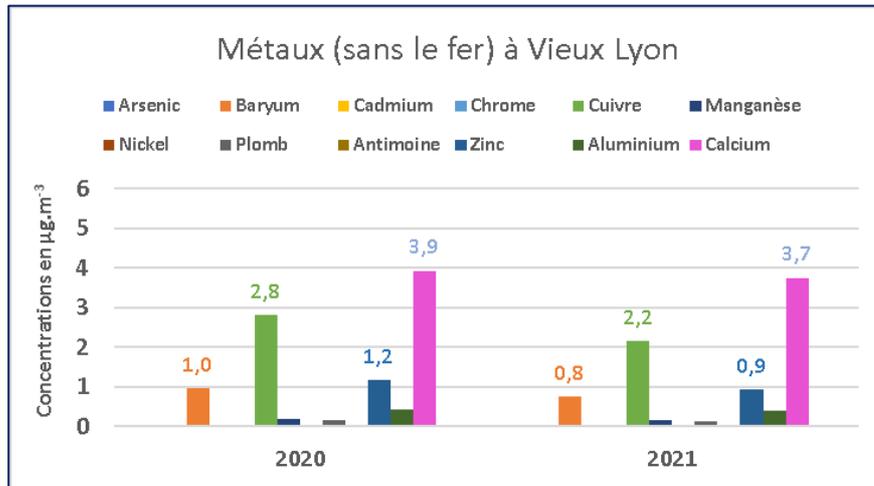


Figure 28 - Etude « 15 jours » - Répartition des métaux (en %) hormis le fer, par station

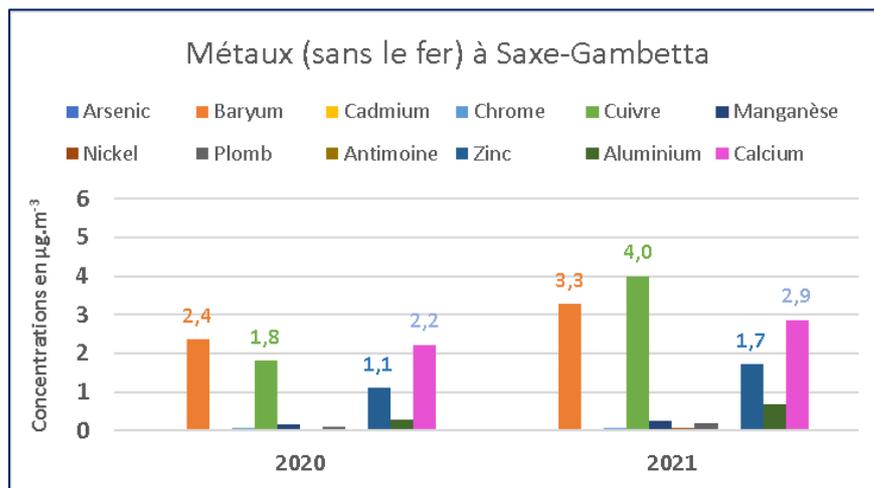
Parmi les différences entre les 3 stations, on peut distinguer :

- le Baryum et l'Aluminium voire le Cuivre sont plus présents dans les métaux à « Saxe-Gambetta » et à « Bellecour » qu'à « Vieux Lyon ».
- Par conséquent, la part de Calcium à « Vieux Lyon » (48 %) est plus importante qu'à « Saxe-Gambetta » (21%) et « Bellecour » (30 %).

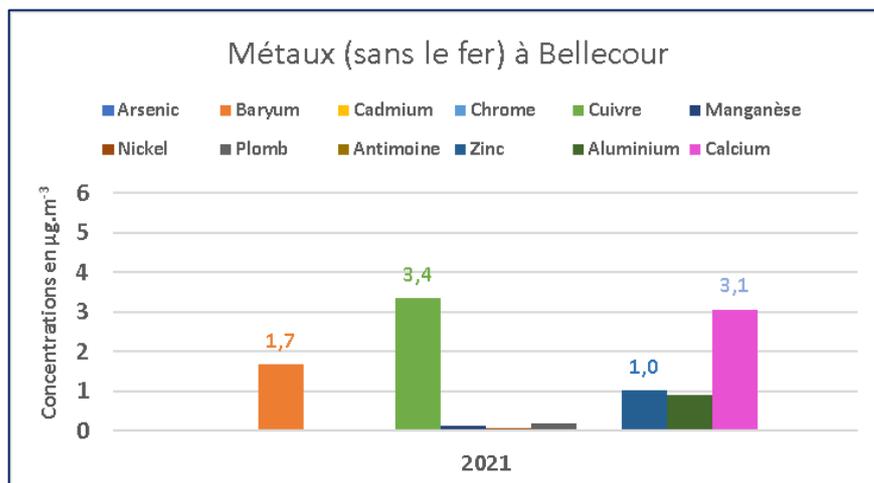
Pour « Vieux Lyon », les niveaux en PM10 sont en diminution entre 2020 et 2021 mais la proportion de métaux reste stable. Dans le graphique ci-dessous, on constate que cette stabilité de proportion est vérifiée pour chacun des métaux.



Concernant « Saxe-Gambetta », les niveaux en PM10 sont en augmentation entre les 2 campagnes de mesures mais la proportion de métaux reste stable à 40%. Globalement, on observe cette stabilité dans la présentation par métal ci-dessous : pas de métal nouvellement présent et un léger déséquilibre qui concerne le Cuivre et dans une moindre mesure le Baryum qui sont analysés en plus grande quantité cette année.



Pas de comparaison possible pour la station « Bellecour » qui n'a pas été sondée lors de l'hiver 2020-21. En revanche, les niveaux en PM10 et la proportion de métaux sont différents de ceux de « Saxe-Gambetta » et de « Vieux Lyon ». Même si les proportions de chaque métal diffèrent légèrement, la distribution globale des métaux reste similaire.



4.4. 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 « Vieux Lyon », « Bellecour » et « Saxe-Gambetta » (station fixe, ajout des métaux) lors d'une campagne intensive de 15 jours.

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

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

Par rapport à la campagne précédente, les concentrations sont en augmentation à « Saxe-Gambetta » avec des moyennes sur 15 jours à $108 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM10 et $45 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM2,5. L'ensemble des données de « Saxe-Gambetta » et « Bellecour » respecte la valeur guide 2021 fixée par le CSHPF à $441 \mu\text{g.m}^{-3}$ sur 1 heure.

Ces données respectent par conséquent la nouvelle valeur guide « Csout_Lim » proposée par l'ANSES et fixée à $480 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour les particules fines PM10.

Les concentrations enregistrées à « Vieux Lyon » sont en baisse par rapport à la campagne précédente mais restent toujours plus élevées ($124 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne pour les PM10 et $66 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM2,5) que celles enregistrées sur les deux autres stations. Le site de « Vieux Lyon » a enregistré seulement 2 dépassements de la valeur guide CSHPF 2021 et a respecté la nouvelle valeur guide « Csout_Lim » proposée par l'ANSES pour les particules fines PM10.

L'analyse des résultats confirme certains constats de l'étude de hiérarchisation : les niveaux élevés à « Vieux Lyon » et des résultats cohérents sur « Saxe-Gambetta ». En revanche, pour « Bellecour », les résultats de l'étude sont plus faibles que ceux obtenus par les moyens plus légers utilisés lors de l'étude de hiérarchisation ($62 \mu\text{g.m}^{-3}$ contre $113 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM10) d'où la consigne de l'INERIS de réitérer les études de hiérarchisation plusieurs années de suite.

Concernant les métaux, et à l'instar de la campagne précédente, le composé majoritaire reste le fer à 69 % à « Saxe-Gambetta » et 72 % à « Bellecour ». C'est également toujours le polluant dominant dans la station « Vieux Lyon » mais en quantité plus importante que dans les deux autres stations, à savoir une proportion de 85 % de la totalité des métaux.

Les 12 autres métaux mesurés sont présents mais en quantité moins importante et avec des particularités relevées également à « Vieux Lyon » en concentration et répartition des métaux : moins d'Aluminium, de Baryum voire de Cuivre et par conséquent une proportion de Calcium plus importante.

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

5. Conclusion générale

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

Des campagnes de mesures avaient déjà été réalisées dans le passé dans le métro (2002, 2017, 2019) et permis des premières évaluations de polluants dans cette enceinte ferroviaire souterraine (EFS), sans qu'il soit toutefois prévu de réaliser une surveillance permanente.

Dans le contexte de la publication des recommandations de l'INERIS en novembre 2020 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 anticiper et aller plus loin que ces préconisations en créant un dispositif pérenne de suivi de la qualité de l'air. Ce dernier s'est traduit par l'installation d'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 »

Après 2020, de nouvelles mesures sur une année complète ont été réalisées sur la station de Saxe-Gambetta en 2021. Ces mesures supplémentaires nous ont permis d'établir de nouvelles statistiques visant à connaître l'évolution des niveaux de concentration par rapport à 2020, leurs variations journalières et hebdomadaires, et l'exposition des usagers sur des années complètes.

En période de pointe, les particules PM10 et PM2,5 présentent respectivement des concentrations moyennes de 119 et 61 $\mu\text{g.m}^{-3}$, et sont 36 % plus faibles si l'on considère toutes les données de l'année 2021. Les niveaux sont 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. Les concentrations moyennes de 2021 sont en baisse par rapport à celles enregistrées en 2020.

La valeur guide du CSHPF fixée à 441 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour une exposition durant 1 heure aux particules PM10 est globalement respectée. La nouvelle valeur guide proposée par l'ANSES (CSout_Lim) fixée à 480 $\mu\text{g.m}^{-3}$ n'a connu que deux dépassements en 2021. En revanche, les nouvelles valeurs guides (CSout_OMS), fixées respectivement à 140 $\mu\text{g.m}^{-3}$ et à 80 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM10 et le PM2,5, ont régulièrement été dépassées cette année. Pour les PM10, pendant les heures de pointe, 90 % des données horaires sont inférieures à 171 $\mu\text{g.m}^{-3}$, et 50 % inférieures à 117 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

Au regard de ces références, ces résultats peuvent donc être considérés comme satisfaisants. Ils sont néanmoins sensiblement plus élevés qu'en air extérieur : en concentration moyenne annuelle, environ d'un facteur 3 pour les PM2,5 et 4 pour les PM10, que l'on se réfère à une station lyonnaise de forte proximité automobile ou par comparaison à une station urbaine de fond. Ces niveaux sont habituellement rencontrés dans les EFS.

Etude de hiérarchisation

Une 2^{ème} étude de hiérarchisation des 36 stations des lignes A, B et D du métro lyonnais a été réalisée en 2021 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 « Bellecour ». La station « Vieux Lyon » arrive en seconde position, suivie de « Charpennes ».

Etude « 15 jours » sur les quais

Sur la base de la hiérarchisation, le protocole prévoit de sélectionner 3 stations pour réaliser des mesures plus approfondies sur les quais, durant 15 jours consécutifs, à l'aide d'un appareil de référence et en réalisant des analyses complémentaires de métaux dans les particules PM10. Les stations de « Bellecour », « Vieux Lyon » et « Saxe-Gambetta » ont été sélectionnées pour cette phase. Cette étude approfondie sur 15 jours a montré pour les PM10 et PM2,5 :

- des niveaux faibles à « Bellecour » en comparaison aux 2 autres stations.
- des niveaux en augmentation par rapport à la campagne précédente sur la station de « Saxe Gambetta » avec des concentrations moyennes à $108 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM10, et $45 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM2,5.
- des concentrations plus importantes à « Vieux Lyon » que sur les 2 autres stations étudiées mais en baisse par rapport à celles enregistrées lors de la campagne précédente. Ces observations continuent de faire l'objet d'investigations de SYTRAL Mobilités afin d'identifier l'origine de cet écart de résultats avec les deux autres stations.

Les données de ces 3 stations respectent la valeur guide horaire du CSHPF pour les PM10 fixée à $441 \mu\text{g.m}^{-3}$ (seulement 2 dépassements pour « Vieux Lyon ») mais également la nouvelle valeur guide « Csout_Lim » proposée par l'ANSES et fixée à $480 \mu\text{g.m}^{-3}$.

L'étude de 13 métaux dans les particules PM10, sur ces 3 stations, confirme la proportion élevée de métaux dans une enceinte ferroviaire souterraine comme le métro : ils représentent 40 à 60 % de la masse des particules PM10. Le fer y est prépondérant au regard des autres métaux avec une contribution de 70 à 85 % du total des métaux. Les 12 autres métaux étudiés sont mesurés mais en quantité moindre. Comme pour les particules PM10, la station « Vieux Lyon » se distingue en concentration et en répartition des métaux, avec notamment une part plus élevée en fer.

Bilan et perspectives

L'ensemble des résultats de 2021, obtenus en suivant les recommandations du protocole national de l'INERIS, permettent 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.

Par conséquent, la surveillance de l'air du métro lyonnais se poursuit en 2022 avec la mesure pérenne de « Saxe-Gambetta », des campagnes de mesures et des analyses de données spécifiques, un premier essai de mesure de l'air à l'intérieur des rames, une troisième 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.

Annexe 2 : Concentrations dans l'air en EFS recommandées à minima

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

Polluant	Durée cumulée de fréquentation de l'EFS sur une journée	Concentration calculée à partir de la valeur limite journalière de la directive européenne 2008/50/CE * (C _{sout_Lim}) ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Concentration calculée à partir de la valeur guide journalière de l'OMS * (C _{sout_OMS}) ($\mu\text{g.m}^{-3}$)
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 min, 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 : « Saxe-Gambetta » en 2021 – Données PM10/PM2,5

Année 2021				
Statistiques du 01/01 au 31/12				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Méto Saxe Gambetta Ligne B	PM2,5 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	6113		6113	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	70%		70%	
Moyenne	40		75	
Médiane	36		69	
P10 - P90	11	74	18	139
Min horaire - Max horaire	-1	284	0	573

Année 2021				
Statistiques du 01/01 au 31/12, sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures.				
Méto Saxe Gambetta Ligne B	PM2,5 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	4337		4337	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	69%		69%	
Moyenne	43		81	
Médiane	41		78	
P10 - P90	10	78	17	146
Min horaire - Max horaire	-1	284	0	573

Année 2021				
Statistiques du 01/01 au 31/12 (sur les jours week-ends et toutes les heures)				
Méto Saxe Gambetta Ligne B	PM2,5 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	1776		1776	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	71%		71%	
Moyenne	32		60	
Médiane	29		55	
P10 - P90	12	58	20	107
Min horaire - Max horaire	1	108	4	204

Année 2021				
Statistiques du 01/01 au 31/12, uniquement sur les jours de semaine (hors WE) et en heures de pointe (7h à 9h inclus et 17h à 19h inclus)				
Méto Saxe Gambetta Ligne B	PM2,5 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaires	909		909	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	70%		70%	
Moyenne	61		119	
Médiane	59		117	
P10 - P90	37	87	72	171
Min horaire - Max horaire	12	141	21	274

Annexe 5 : Etude de hiérarchisation - Liste des stations de métro étudiées

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

Annexe 6 : Etude de hiérarchisation - Particules fines PM10 (moyennes 15')

Particules fines PM₁₀ - mesures 15 min

Lignes/Stations de métro	09/11/2021		10/11/2021		17/11/2021		18/11/2021		22/11/2021		23/11/2021		24/11/2021		06/12/2021		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			112,6								113,1						105	113
B - Charpennes			96,3							95,4							96	97
A - Masséna			78,8							66,6							62	79
A - Foch							59,8	55,0									47	60
A - Hôtel de ville / Louis Pradel							61,9	57,4									49	62
A - Cordeliers							91,3	123,0									88	123
A - Bellecour							77,3	160,0									114	160
D - Bellecour		30,3					80,2										58	80
A - Ampère / Victor Hugo							95,4	40,7									61	95
A - Perrache							93,5	84,5									97	114
A - Laurent Bonnefoy			111,4							123,4							91	123
A - Cusset			86,5							122,8							93	123
A - Flachat			85,7							65,9							66	86
A - Gratte-Ciel			58,1					37,0									89	171
A - République / Villeurbanne			64,6					67,0									69	76
B - Brotteaux			36,7					28,2									47	76
B - Part-Dieu / Vivier Merle			66,8					91,4									81	91
B - Place Guichard			38,4					16,3									41	68
B - Saxe Gambetta		84,2															82	84
D - Saxe Gambetta		102,6															69	103
B - Jean Macé		89,9															73	90
B - Place Jean Jaurès		89,9															101	112
B - Debourg		54,1															64	93
B - Stade de Gerland		76,8															97	107
D - Garibaldi		30,0															69	92
D - Sans-souci																	63	90
D - Montplaisir																	59	94
D - Grange Blanche		119,9															99	121
D - Laennec		62,9															61	101
D - Mermoz Pinel		67,3															65	90
D - Parilly		59,0															37	53
D - Gare de vénissieux		150,1															61	150
D - Guillotière		117,9								18,8							81	118
D - Vieux-Lyon																	113	142
D - Gorge de Loup																	68	134
D - Valmy																	82	111
D - Gare de Vaise																	42	77
A - Vaulx-en-Velin - la Soie																	61	105
B - Gare d'Oullins		99,8															81	105

Annexe 7 : Etude de hiérarchisation – CO2 (moyennes 15')

Lignes/stations de métro		Dioxyde de carbone - mesures 15 min												Moyennes 3 x 15 min	Max des mesures					
		09/11/21 matin	09/11/21 soir	10/11/21 matin	10/11/21 soir	17/11/21 matin	17/11/21 soir	18/11/21 matin	18/11/21 soir	22/11/21 matin	22/11/21 soir	23/11/21 matin	23/11/21 soir			24/11/21 matin	24/11/21 soir	06/12/21 matin	06/12/21 soir	
A - Charpennes				614														574	614	
B - Charpennes				730															638	730
A - Masséna				510															516	522
A - Foch																			481	486
A - Hôtel de ville / Louis Pradel																			644	701
A - Cordeliers																			611	782
A - Bellecour																			636	761
D - Bellecour																			601	638
A - Ampère / Victor Hugo																			584	736
A - Perrache																			597	671
A - Laurent Bonnevay																			623	662
A - Cusset																			597	665
A - Flachet																			687	768
A - Gratte-Ciel																			777	960
A - République Villeurbanne																			859	959
B - Brotteaux																			791	928
B - Part-Dieu / Vivier-Merle																			906	1169
B - Place Guichard																			767	956
B - Saxe Gambetta																			826	826
D - Saxe Gambetta																			792	792
B - Jean Macé																			742	916
B - Place Jean Jaurès																			813	813
B - Debourg																			801	801
B - Stade de Gerland																			612	612
D - Garibaldi																			652	652
D - Sans-souci																			624	624
D - Montplaisir																			651	717
D - Grande Blanche																			807	915
D - Laennec																			800	800
D - Mermoz-Pinel																			740	740
D - Parilly																			682	806
D - Gare de Vénissieux																			678	739
D - Guillotière																			640	710
D - Vieux-Lyon																			951	1017
D - Gorge de Loup																			807	916
D - Vaimy																			754	886
D - Gare de Vaise																			729	859
A - Vaulx-en-Velin La soie																			720	882
B - Gare d'Oullins																			705	798
																			644	644

Annexe 8 : Etude de hiérarchisation – Température (moyennes 15')

Température T° - mesures 15 min		09/11/2021		10/11/2021		17/11/2021		18/11/2021		22/11/2021		23/11/2021		24/11/2021		06/12/2021		Moyennes 3*15min	Max des 3*15min	
		soir	matin																	
Lignes/Stations de métro																				
A - Charpennes			17,8								17,3			19,8					18	20
B - Charpennes			18,2							18,1				20,5					19	21
A - Masséna			14,4								15,7			15,2					15	16
A - Foch						14,6	13,7							17,1					15	17
A - Hôtel de ville / Louis Pradel						17,0	17,5							17,9					17	18
A - Cordeliers						16,9	16,5					15,6							16	17
A - Bellecour						20,5	22,0							19,4					21	22
D - Bellecour			19,6			19,9													19	20
A - Ampère / Victor Hugo						15,9	14,1							14,3					15	16
A - Perrache						17,4	17,7							17,7					18	18
A - Laurent Bonnefoy														15,4					14	15
A - Cusset														16,2					15	16
A - Flachat														16,9					15	17
A - Gratte-Ciel																			16	17
A - République / Villeurbanne														17,4					15	16
B - Brotteaux														15,6					16	17
B - Part-Dieu / Vivier Merle														16,7					16	17
B - Place Guichard														22,0					20	22
B - Saxe Gambetta														16,1					13	16
D - Saxe Gambetta			20,0																19	20
D - Saxe Gambetta			20,3																19	20
B - Jean Macé																			18	20
B - Place Jean Jaurès																			18	20
B - Debourg																			18	20
B - Stade de Gerland																			18	20
D - Garibaldi																			18	19
D - Sans-souci																			17	18
D - Montplaisir																			13	15
D - Grande Blanche																			15	17
D - Laennec																			16	19
D - Mermoz Pinel																			15	17
D - Parilly																			13	13
D - Gare de vénissieux																			14	15
D - Guillotière																			19	21
D - Vieux-Lyon																			20	23
D - Gorge de loup																			19	20
D - Valmy																			19	19
D - Gare de Vaise																			19	19
A - Vaulx-en-Velin – la Soie																			15	16
B - Gare d'Oullins																			21	23

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

Humidité relative en % - mesures 15 min

Lignes/Stations de métro	09/11/2021		10/11/2021		17/11/2021		18/11/2021		22/11/2021		23/11/2021		24/11/2021		06/12/2021		Moyennes 3*15min	Max des 3*15min
	matin	soir																
A - Charpennes			36,8														36	40
B - Charpennes	37,8		43,6							39,0	30,1						36	39
A - Masséna									42,9	37,8							41	44
A - Foch					45,1	48,5				34,3							43	48
A - Hôtel de ville / Louis Pradel					17,0	40,9				33,5							30	41
A - Cordeliers					40,3	43,0				41,4							42	43
A - Bellecour					34,0	32,8				33,3							33	34
D - Bellecour		32,5			34,1										38,4		35	38
A - Ampère / Victor Hugo					41,8	48,2				39,5							43	48
A - Perrache					37,7	41,2				34,0							38	41
A - Laurent Bonnefoy			46,0						45,8	37,6							43	46
A - Cusset			43,5						45,2	35,7							41	45
A - Flahet			45,5						44,0	35,9							42	45
A - Gratte-Ciel			40,3					39,3					39,7				40	40
A - République / Villeurbanne			43,3					43,3									41	43
B - Brotteaux			39,2					41,8					37,2				39	42
B - Part-Dieu / Vivier-Merie			32,8					32,9					32,0				33	33
B - Place Guichard			49,5					43,3					44,6				46	49
B - Saxe Gambetta	30,7									34,3				29,6			32	34
D - Saxe Gambetta	30,6									35,3				31,7			33	35
B - Jean Macé	31,4									34,3				34,3			33	34
B - Place Jean Jaurès	31,4									36,7				32,8			34	37
B - Debourg	29,8									35,6				31,9			32	36
B - Stade de Gerland	30,8									36,9				36,2			35	37
D - Garibaldi	34,1									37,6				32,2			35	38
D - Sans-souci										36,9				33,5			37	42
D - Montplaisir										45,7				42,0			47	52
D - Grande Blanche	36,2				38,2			42,8									42	52
D - Laennec	33,8				38,4												38	43
D - Mermoz Pinel	38,2				37,4												40	43
D - Parilly	43,5				46,4												45	46
D - Gare de vénissieux	38,6				44,9												42	45
D - Guillotière	36,0							38,9	33,5								33	36
D - Vieux-Lyon					29,5	40,6				35,4							35	41
D - Gorge de Loup					33,5	38,4				35,1							36	38
D - Valmy					34,0	34,5				34,4							34	34
D - Gare de Vaise					34,4	36,3				36,2							36	36
A - Vaulx-en-Velin - la Soie			47,3					41,5		44,2							44	47
B - Gare d'Oullins	28,9													32,1			31	32

Annexe 10 : Etude « 15 jours » - Station « Vieux Lyon » – Données PM10/PM2,5
(totalité de la période de mesure)

Statistiques du 1 ^{er} au 26 décembre 2021				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Métro Vieux Lyon Ligne D	PM2,5 (µg.m ⁻³)		PM10 (µg.m ⁻³)	
Nombre de valeurs horaire	413		413	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	66%		66%	
Moyenne	56		104	
Médiane	46		85	
P10 - P90	11	114	16	228
Min - Max	0	309	1	476
Statistiques du 1 ^{er} au 26 décembre 2021				
uniquement sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures				
Métro Vieux Lyon Ligne D	PM2,5 (µg.m ⁻³)		PM10 (µg.m ⁻³)	
Nombre de valeurs horaire	336		336	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	78%		78%	
Moyenne	62		115	
Médiane	55		102	
P10 - P90	10	128	14	237
Min - Max	0	309	1	476
Statistiques du 1 ^{er} au 26 décembre 2021				
uniquement sur les jours du week-ends et toutes les heures				
Métro Vieux Lyon Ligne D	PM2,5 (µg.m ⁻³)		PM10 (µg.m ⁻³)	
Nombre de valeurs horaire	77		77	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	40%		40%	
Moyenne	32		57	
Médiane	28		51	
P10 - P90	15	48	22	98
Min - Max	11	101	14	167
Statistiques du 1 ^{er} au 26 décembre 2021				
uniquement sur les jours de semaine (hors WE) et en heures de pointe (7h à 9h inclus et 17h à 19h inclus)				
Métro Vieux Lyon Ligne D	PM2,5 (µg.m ⁻³)		PM10 (µg.m ⁻³)	
Nombre de valeurs horaire	58		58	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	81%		81%	
Moyenne	98		191	
Médiane	91		177	
P10 - P90	52	153	101	101
Min - Max	10	232	24	432

Annexe 11 : Etude « 15 jours » - Station « Vieux Lyon » – Données PM10/PM2,5
(uniquement les données hors vacances scolaires)

Statistiques du 1er décembre au 18 décembre 2021				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Métro Vieux Lyon Ligne D	PM2,5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaire	241		242	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	56%		56%	
Moyenne	66		125	
Médiane	56		108	
P10 - P90	10	143	14	260
Min - Max	0	309	1	476

Statistiques du 1er décembre au 18 décembre 2021				
uniquement sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures				
Métro Vieux Lyon Ligne D	PM2,5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaire	216		216	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	70%		70%	
Moyenne	70		130	
Médiane	59		113	
P10 - P90	9	147	13	268
Min - Max	0	309	1	476

Statistiques du 1er décembre au 18 décembre 2021				
uniquement sur les jours du week-ends et toutes les heures				
Métro Vieux Lyon Ligne D	PM2,5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaire	25		25	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	21%		21%	
Moyenne	38		71	
Médiane	35		65	
P10 - P90	14	68	25	131
Min - Max	12	84	16	167

Statistiques du 1er décembre au 18 décembre 2021				
uniquement sur les jours de semaine (hors WE) et en heures de pointe (7h à 9h inclus et 17h à 19h inclus)				
Métro Vieux Lyon Ligne D	PM2,5 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaire	38		38	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	73%		73%	
Moyenne	115		225	
Médiane	106		211	
P10 - P90	68	173	144	144
Min - Max	48	232	101	432

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

Statistiques du 21 mars au 8 avril 2022				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Métron Bellecour Ligne D	PM2,5 (µg.m ⁻³)		PM10 (µg.m ⁻³)	
Nombre de valeurs horaire	426		426	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	93%		93%	
Moyenne	29		62	
Médiane	27		60	
P10 - P90	8	53	15	114
Min - Max	0	74	0	162

Statistiques du 21 mars au 8 avril 2022				
uniquement sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures				
Métron Bellecour Ligne D	PM2,5 (µg.m ⁻³)		PM10 (µg.m ⁻³)	
Nombre de valeurs horaire	329		329	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	92%		92%	
Moyenne	32		67	
Médiane	31		68	
P10 - P90	9	55	15	119
Min - Max	0	74	0	162

Statistiques du 21 mars au 8 avril 2022				
uniquement sur les jours du week-ends et toutes les heures				
Métron Bellecour Ligne D	PM2,5 (µg.m ⁻³)		PM10 (µg.m ⁻³)	
Nombre de valeurs horaire	96		96	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	97%		97%	
Moyenne	21		44	
Médiane	18		35	
P10 - P90	7	39	14	83
Min - Max	3	56	4	130

Statistiques du 21 mars au 8 avril 2022				
uniquement sur les jours de semaine (hors WE) et en heures de pointe (7h à 9h inclus et 17h à 19h inclus)				
Métron Bellecour Ligne D	PM2,5 (µg.m ⁻³)		PM10 (µg.m ⁻³)	
Nombre de valeurs horaire	56		56	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	93%		93%	
Moyenne	49		109	
Médiane	49		109	
P10 - P90	35	65	80	80
Min - Max	27	74	68	162

Annexe 13 : Etude « 15 jours » - Station « Saxe-Gambetta » – Données PM10/PM2,5

Statistiques du 3 au 19 juin 2022				
Tous les jours de l'année (semaine + WE) et toutes les heures de l'année (0 à 24h)				
Métro Saxe Gambetta Ligne B	PM2,5 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaire	390		390	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	90%		90%	
Moyenne	45		108	
Médiane	41		106	
P10 - P90	12	86	24	201
Min - Max	1	148	2	340

Statistiques du 3 au 19 juin 2022				
uniquement sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures				
Métro Saxe Gambetta Ligne B	PM2,5 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaire	245		245	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	84%		84%	
Moyenne	50		117	
Médiane	51		115	
P10 - P90	8	91	14	214
Min - Max	1	148	2	340

Statistiques du 3 au 19 juin 2022				
uniquement sur les jours du week-ends et toutes les heures				
Métro Saxe Gambetta Ligne B	PM2,5 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaire	144		144	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%		100%	
Moyenne	35		94	
Médiane	32		92	
P10 - P90	17	60	38	141
Min - Max	7	99	12	235

Statistiques du 3 au 19 juin 2022				
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	PM2,5 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		PM10 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	
Nombre de valeurs horaire	42		42	
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	88%		88%	
Moyenne	73		178	
Médiane	69		166	
P10 - P90	46	101	108	108
Min - Max	25	148	63	340

Annexe 14 : Etude « 15 jours » - Station « Vieux Lyon » – Données Métaux

Statistiques du 2 au 18 décembre 2021 réalisées sur la totalité de la campagne													
Ligne D	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
Vieux Lyon	(ng/m ³)												
Nombre de valeurs journalières	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	2,2	753	48935	0,5	30,4	2161	147,93	44,4	135	4,0	927	392	3750
Médiane	2,0	565	36845	0,5	26,1	1935	112,99	35,1	116	2,6	712	289	3785
P10	1,3	307	19074	0,5	18,3	768	67,83	18,1	48	2,6	441	153	2337
P90	3,9	1425	96668	0,5	49,6	3871	282,83	79,1	244	7,3	1741	694	4954
Min	0,5	225	14827	0,5	12,0	647	48,00	15,9	38	2,6	301	132	1761
Max	4,1	1624	101401	0,5	53,8	4753	301,46	99,1	295	9,9	1863	873	5821

Statistiques du 2 au 18 décembre 2021 réalisées uniquement sur les jours de la semaine (hors WE) et toutes les heures (de 0 à 24h)													
Ligne D	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
Vieux Lyon	(ng/m 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	2,4	822	54378	0,5	32,8	2493	161,74	49,9	155	4,0	1013	377	3986
Médiane	2,2	794	48112	0,5	30,5	2012	146,88	44,7	122	2,6	963	292	4096
P10	1,6	520	32755	0,5	23,7	1300	103,49	29,6	79	2,6	655	151	3102
P90	3,9	1417	97259	0,5	46,5	4306	275,67	79,5	267	6,7	1717	670	4929
Min	1,6	471	29495	0,5	21,1	1182	95,83	28,3	72	2,6	584	132	2641
Max	4,0	1432	101401	0,5	52,8	4753	290,00	99,1	295	7,9	1765	873	4978

Statistiques du 2 au 18 décembre 2021 réalisées uniquement sur les jours du WE et toutes les heures (de 0 à 24h)													
Ligne D	As	Ba	Fe	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Al	Ca
Vieux Lyon	(ng/m ³)												
Nombre de valeurs journalières	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	1,7	600	36959	0,5	25,1	1431	117,54	32,3	90	4,1	737	427	3231
Médiane	1,3	328	20187	0,5	21,4	854	68,04	19,7	52	2,6	492	285	3132
P10	0,8	250	16081	0,5	13,4	661	55,85	16,2	41	2,6	336	225	1870
P90	3,1	1189	71944	0,5	41,5	2676	221,91	59,4	171	7,0	1374	697	4855
Min	0,5	225	14827	0,5	12,0	647	48,00	15,9	38	2,6	301	192	1761
Max	4,1	1624	96078	0,5	53,8	3436	301,46	78,8	222	9,9	1863	719	5821

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

Statistiques du 21 mars 2022 au 8 avril 2022 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	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Taux de couverture de la période d'échantillonnage prévue	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Moyenne	2,7	1669	26143	0,5	42,6	3354	138,65	61,4	193	4,2	1018	909	3065
Médiane	2,9	1777	25830	0,5	43,4	3508	144,15	61,8	209	2,6	1064	848	3021
P10	1,5	812	13703	0,5	25,5	1621	71,88	31,2	85	2,6	520	255	1656
P90	3,8	2203	36690	0,5	57,8	4882	190,00	91,6	277	6,6	1408	1714	3930
Min	0,5	410	9513	0,5	13,6	919	37,92	16,9	53	2,6	252	160	1206
Max	4,1	2834	39187	0,5	64,5	5359	202,50	97,9	297	7,3	1543	2527	6216

Statistiques du 21 mars 2022 au 8 avril 2022 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	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	2,9	1740	27681	0,5	44,4	3564	145,45	65,1	205	4,3	1067	944	3139
Médiane	3,0	1808	28125	0,5	45,2	3782	146,33	62,8	211	2,6	1113	825	2942
P10	1,9	1095	18190	0,5	33,6	2199	100,78	42,8	124	2,6	695	341	2027
P90	3,9	2207	36700	0,5	60,7	4882	196,35	91,8	279	6,7	1430	1990	3963
Min	0,5	410	9546	0,5	13,6	919	37,92	16,9	55	2,6	252	170	1206
Max	4,1	2834	39187	0,5	64,5	5359	202,50	97,9	297	7,3	1543	2527	6216

Statistiques du 21 mars 2022 au 8 avril 2022 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	1,8	1125	16992	0,5	29,6	2061	91,34	38,4	120	3,4	670	608	2361
Médiane	1,7	1156	16630	0,5	29,0	1927	87,50	36,3	108	2,6	673	521	2201
P10	0,7	448	9523	0,5	14,9	971	41,48	18,1	54	2,6	288	163	1235
P90	2,9	1777	24751	0,5	44,9	3260	144,28	60,3	197	4,9	1050	1123	3616
Min	0,5	410	9513	0,5	13,6	919	37,92	16,9	53	2,6	252	160	1206
Max	3,2	1777	25195	0,5	46,9	3473	152,46	64,1	213	5,8	1082	1231	3836

Annexe 16 : Etude « 15 jours » - Station « Saxe-Gambetta » – Données Métaux

Statistiques du 20 mai au 20 juin 2022 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)												
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	6,2	3276	29587	0,5	75,2	4002	247	73,0	208	7,8	1729	691	2871
Médiane	4,3	3265	31544	0,5	79,8	3776	241	72,4	208	5,5	1689	628	2748
P10	3,7	763	19979	0,5	38,4	2710	166	56,5	153	2,6	1256	384	2065
P90	11,5	5596	36413	0,5	105,9	5238	308	84,6	256	17,0	2365	849	3824
Min	2,7	519	16525	0,5	26,3	2250	137	48,6	142	2,6	976	307	1868
Max	15,0	5972	43387	0,5	119,5	6495	378	96,3	285	21,8	2743	1977	4534

Statistiques du 20 mai au 20 juin 2022 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)												
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	4,1	4281	32943	0,5	90,9	3558	273	74,9	204	4,1	1868	680	3184
Médiane	4,1	4616	33534	0,5	94,6	3550	277	72,4	201	3,9	1832	529	3147
P10	3,5	2708	27522	0,5	72,7	2551	231	60,5	155	2,6	1346	375	2279
P90	5,0	5795	37112	0,5	109,7	4708	317	86,0	259	5,6	2425	978	3939
Min	2,7	2635	20945	0,5	60,9	2250	171	54,5	142	2,6	1211	307	2225
Max	5,0	5972	43387	0,5	119,5	4750	378	96,3	285	6,2	2743	1977	4534

Statistiques du 20 mai au 20 juin 2022 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)												
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	11,7	764	21196	0,5	36,1	5111	182	68,3	219	17,0	1383	717	2090
Médiane	11,2	782	21010	0,5	38,6	5161	178	71,6	235	16,8	1399	713	2118
P10	9,6	583	17437	0,5	29,9	4030	145	54,8	172	13,8	1102	644	1906
P90	14,0	931	25105	0,5	40,2	6153	222	79,2	253	20,5	1650	794	2250
Min	9,2	519	16525	0,5	26,3	3628	137	48,6	151	12,7	976	636	1868
Max	15,0	974	26241	0,5	40,7	6495	235	81,5	254	21,8	1757	807	2254

Annexe 17 : Etude « 15 jours » - Situation des niveaux par rapport aux valeurs guides proposées par l'ANSES (Csout_OMS et Csout_Lim)

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

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

