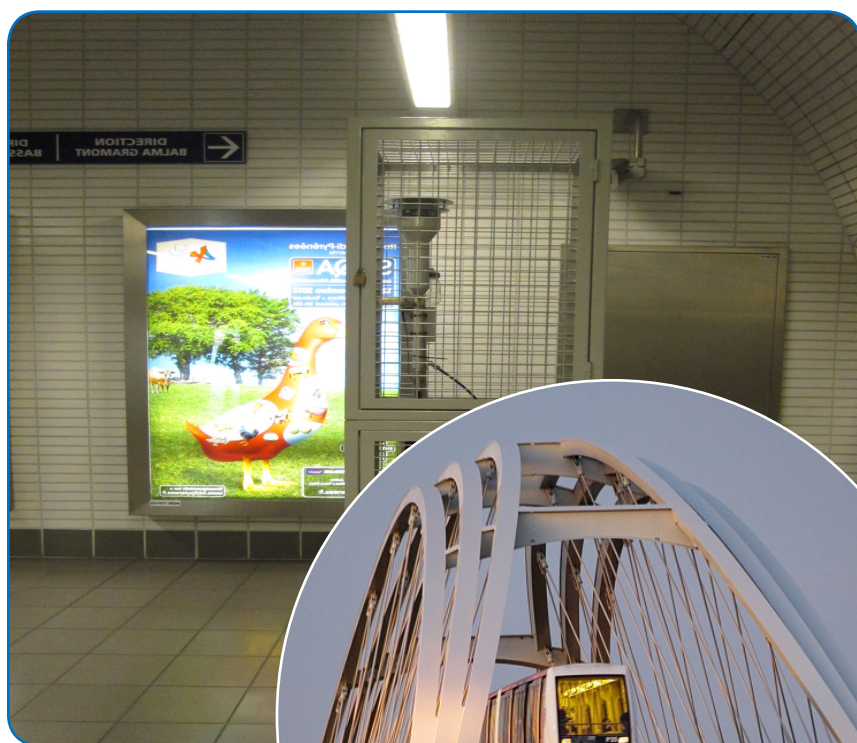


Plan de surveillance de la qualité de l'air dans le métro toulousain



CONDITIONS DE DIFFUSION

Atmo Occitanie, est une association de type loi 1901 agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable des Transports et du Logement (décret 98-361 du 6 mai 1998) pour assurer la surveillance de la qualité de l'air sur le territoire de la région Occitanie. **Atmo Occitanie** fait partie de la fédération ATMO France.

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

Atmo Occitanie met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur le site : <http://atmo-occitanie.org/>

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle **d'Atmo Occitanie**.

Toute utilisation partielle ou totale de données ou d'un document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit obligatoirement faire référence à **Atmo Occitanie**.

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

Par ailleurs, **Atmo Occitanie** 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 Occitanie – Agence Toulouse** :

- par mail : contact@oramip.org
- par téléphone : 05.61.15.42.46

SOMMAIRE

SYNTHÈSE DE LA CAMPAGNE DE MESURES - ANNÉE 2016.....	3
ANNEXE I : RÉSULTATS DES MESURES DE PARTICULES SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN	6
ANNEXE II : RÉSULTATS DES MESURES DE DIOXYDE D'AZOTE SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN	20
ANNEXE III : RÉSULTATS DES MESURES DE BENZÈNE SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN	25
ANNEXE IV : RÉSULTATS DES MESURES DE CONFINEMENT SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN	29
ANNEXE V : PROTOCOLE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ZONES ACCESSIBLES AU PUBLIC	32
ANNEXE VIII : CHOIX DES VALEURS DE RÉFÉRENCE DE QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ENCEINTES FERROVIAIRES SOUTERRAINES POUR LE MÉTRO TOULOUSAIN.....	34
ANNEXE IX : ASPECTS DE LA RÉGLEMENTATION EN AMBIANCE DE TRAVAIL.....	36
ANNEXE X : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU MÉTRO TOULOUSAIN	37
ANNEXE XI : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES STATIONS DE MÉTRO PARISIEN.....	38

SYNTHÈSE DE LA CAMPAGNE DE MESURES - ANNÉE 2016

Contexte

L'Autorité Organisatrice des Transports de l'agglomération toulousaine SMTC-Tisseo a été, en 2004, l'un des premiers gestionnaires des transports en commun en France à mettre en place un plan de surveillance de la qualité de l'air dans l'enceinte de son réseau métro. Ainsi, depuis 2004, Atmo Occitanie (anciennement ORAMIP) réalise, en partenariat avec SMTC-Tisseo, et dans le cadre du plan de surveillance de la qualité de l'air du métro toulousain, des mesures d'évaluation de la qualité de l'air sur l'ensemble du réseau métro. Des mesures de particules PM10, dioxyde d'azote et benzène sont réalisées deux fois par an dans deux stations de métro de la ligne A ou de la ligne B (un an sur deux depuis 2007).

Les niveaux de dioxyde d'azote et de benzène relevés dans le métro sont inférieurs ou du même ordre de grandeur que ceux mesurés en air extérieur. En revanche, les niveaux de particules rencontrés dans le métro sont plus élevés que ceux mesurés en air extérieur et les concentrations rencontrées dépassent ponctuellement les valeurs guides.

Alors que le dioxyde d'azote et le benzène proviennent de l'extérieur et sont introduits dans le métro par la ventilation, les particules PM10 mesurées dans le métro sont en grande partie produites par son activité de transport (roulement, freinage...). Les niveaux rencontrés dans le métro sont plus élevés que ceux mesurés en air extérieur et les concentrations rencontrées dépassent ponctuellement les valeurs guides.

Il a été mis en évidence des niveaux de particules plus faibles sur la ligne B en comparaison de la ligne A. Cette différence de niveaux de concentrations en particules pourrait trouver son explication dans le fait que dans les deux lignes de métro toulousain, inaugurées à 14 ans d'intervalle, circulent des matériels roulants différents. Ainsi, sur la ligne B circule des rames équipées d'un système de freinage électrique plus performant et donc moins émetteur en particules. Cette ligne est, en outre, équipée d'un système de ventilation plus puissant.

Fin 2013, début 2014, Atmo Occitanie a réalisé une étude de la distribution des concentrations en PM10 dans certaines stations de métro des 2 lignes de métro. Il est apparu que les niveaux de particules varient entre les stations sur une même ligne de métro. Sur la ligne B, la station de métro Les Carmes enregistrait les concentrations moyennes en particules les plus élevées.

En septembre 2015, l'ANSES a rendu un avis concernant la « Pollution chimique de l'air des enceintes de transports ferroviaires souterrains et risques sanitaires associés chez les travailleurs ». L'expertise a conclu à l'existence d'un risque sanitaire respiratoire et cardiovasculaire lié à l'exposition chronique des travailleurs aux particules de l'air des enceintes ferroviaires souterraines. Sont concernés les travailleurs exerçant notamment dans les domaines de l'exploitation du transport, l'organisation du transport et des services, les commerces, la police, la sécurité, la prévention et

l'action sociale. Les risques sanitaires sont par ailleurs vraisemblablement plus élevés pour les travailleurs en charge de la maintenance des infrastructures (niveaux importants d'exposition aux émissions de motrice diesel), compte tenu de l'intensité et de la diversité de leurs expositions possibles.

L'ANSES indique un manque d'information et préconise des actions permettant une meilleure évaluation des risques des travailleurs.

Plan de surveillance 2016

Dans le cadre de la campagne de mesures 2016 Atmo Occitanie a donc réalisé sur la ligne B les actions suivantes :

- La poursuite du programme de surveillance de la qualité de l'air dans le métro toulousain en ciblant certaines actions,
- La mesure des concentrations en particules PM1 sur le quai d'une station de métro,
- La mesure des concentrations en particules PM10 et particules PM1 dans un tunnel.

Les mesures ont été réalisées :

- Sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli,
- Sur le quai non aménagé de la station de métro Compans Caffarelli,
- Sur le quai de la station de métro Les Carmes,
- Dans les rames de métro.

Le protocole d'évaluation de la qualité de l'air dans le métro toulousain est indiqué en annexe V.

Les particules PM10 et PM1

Valeur guide en PM10 respectée dans les deux stations de métro étudiées de la ligne B

Les deux campagnes de mesures ont couvert 1/5 de l'année 2016.

Sur les quais des stations de métro Compans Caffarelli et Les Carmes, aucune concentration horaire glissante supérieure à la valeur guide n'a été constatée.

Les particules PM10 émises par l'activité du métro

Les concentrations en particules PM10 mesurées dans les stations de métro et dans les rames sont plus élevées que celles mesurées dans l'air ambiant extérieur.

Aux particules en provenance de l'extérieur et amenées dans le métro par la ventilation s'ajoutent celles, plus nombreuses, émises par l'activité du métro (roulement freinage des rames en circulation, remise en suspension...)

Les campagnes de mesures réalisées en 2016 confirment les observations faites pendant l'hiver 2013-2014 : les concentrations moyennes en PM10 mesurées sur le quai de la station de métro des Carmes sont 1,4 à 2,7 fois plus élevées que celles mesurées sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli.

Il semble qu'il y ait dans la station de métro des Carmes une accumulation de particules PM10. La cause de cette accumulation peut être un volume de station inférieur en comparaison des autres stations, la profondeur de la station, une ventilation défaillante, un freinage mécanique plus important...

Les campagnes de mesures réalisées dans le métro toulousain ont montré que le nombre de rames en circulation joue un rôle important dans les niveaux de concentration en particules PM10 dans les stations de métro.

Cependant, d'autres paramètres, tels que les débits de ventilation, la façon dont freinent les rames de métro, la configuration de la station de métro, son volume, ou le phénomène de réenvol semblent également avoir un impact non négligeable selon les stations de métro sur les niveaux de particules. Cet impact ne peut actuellement être quantifié. Une meilleure connaissance du fonctionnement de la ventilation (débit de ventilation, fonctionnement en insufflation ou en extraction, plages de fonctionnement), des volumes des stations... pourraient permettre une meilleure compréhension des écarts de concentration en particules mesurés.

Une possible accumulation des particules PM1 provenant de l'extérieur

Au cours de la campagne de mesures 2016, des mesures de PM1 ont été réalisées pour la première fois dans le métro toulousain.

Les niveaux de PM1 mesurés sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli lors du fonctionnement du métro sont plus élevés que les niveaux mesurés la nuit **mettant en évidence un impact de l'activité métro sur les niveaux de particules PM1 plus particulièrement en période chaude.**

Cependant, il apparait que les particules PM1 semblent peu émises par le fonctionnement du métro (système de freinage, usure des voies...). Elles semblent pénétrer dans l'enceinte du métro par la ventilation et s'y accumuler. Elles seraient, en outre, impactées par des phénomènes de réenvol.

La campagne de mesures faites sur la ligne A devrait permettre de confirmer ces résultats. Une analyse chimique des particules PM1 rencontrées dans l'enceinte du métro pourrait, en outre, être réalisée afin de confirmer leurs sources.

Réduction des niveaux de particules sur les quais grâce aux portes palières

Les mesures faites simultanément sur le quai et dans le tunnel de la station de métro Compans Caffarelli ont mis en évidence la réduction des niveaux de particules PM10 sur les quais lors de la présence de portes palières. Ces portes installées entre le quai et la voie, sur la hauteur totale de la station et s'ouvrant automatiquement à l'ouverture des portes des wagons, permettent de limiter les échanges d'air entre le quai et le tunnel. **La réduction des niveaux de particules due aux portes palières n'est cependant pas homogène selon la taille des particules et selon la période de mesures.**

Pour les PM10, elle est importante en période froide lorsque la ventilation fonctionne peu. En revanche, en période chaude, les portes palières ne jouent plus le rôle

de limitation des échanges entre le tunnel et le quai pour les PM10 sans doute à cause de la ventilation qui induit une homogénéisation de l'air dans l'enceinte du métro.

Pour les PM1, le rôle de diminution des niveaux de particules PM1 des portes palières entre le tunnel et le quai ne varie pas selon la période étudiée.

Respect de la réglementation applicable aux ambiances de travail

Sur les quais des deux stations de métro étudiées, la concentration maximale sur 8 heures est nettement inférieure à la Valeur Moyenne d'Exposition (VME) fixée (181 µg/m³ pour la station de métro Compans Caffarelli et 130 µg/m³ pour la station de métro Les Carmes).

Le dioxyde d'azote NO₂

Un dépassement de la valeur guide applicable en air intérieur

Sur les deux périodes de mesures, la valeur guide a été dépassée pendant 1 heure soit moins de 0,03% de la campagne de mesures 2016.

Dans les rames de métro : la concentration maximale sur 55 minutes en NO₂ (21 µg/m³) est très inférieure à la valeur guide.

Origine extérieure du dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote présent dans le métro provient du milieu extérieur. Émis par le trafic routier, il est introduit dans le métro toulousain par le biais de la ventilation. Il y a donc corrélation entre les concentrations en NO₂ mesurées dans le métro et celles mesurées dans l'air ambiant extérieur.

Les niveaux de concentrations rencontrés sont dus à plusieurs facteurs :

- La densité du trafic routier dans l'environnement de la station de métro ; les teneurs maximales sont rencontrées sur les stations de métro situées dans le centre ville de Toulouse,
- La position des prises d'air de ventilation par rapport aux voies de circulation,
- La ventilation des stations de métro visant à maintenir une température de confort qui ne soit pas trop élevée.

Respect de la réglementation applicable aux ambiances de travail

Sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli, la concentration maximale quart-horaire de 233 µg/m³ mesurée, est nettement inférieure à la Valeur Limite d'Exposition (VLE) fixée pour les ambiances de travail (6000 µg/m³ sur 15 minutes).

Dans les rames de métro, la concentration maximale en NO₂ (29 µg/m³ sur 25 minutes) est très inférieure à la VLE fixée.

Le benzène

Respect de la valeur guide applicable en air intérieur

En moyenne sur les deux périodes de mesures, la concentration en benzène (Compans Caffarelli : 1,7 µg/m³, Les Carmes : 1.9 µg/m³) est inférieure à la valeur guide de qualité de l'air applicable en 2016 (2 µg/m³).

Le benzène principalement issu de l'air extérieur

Dans l'enceinte du métro, il a été montré que les niveaux en benzène mesurés à l'intérieur de la plupart des stations de métro sont légèrement supérieurs à ceux rencontrés à l'extérieur. Il y a donc dans l'enceinte du métro des sources internes de benzène qui s'ajoute au benzène en provenance de l'extérieur.

L'hypothèse émise pour expliquer cet excès de benzène dans l'enceinte du métro est la présence de ce polluant et plus généralement de Composés Organiques Volatils dans les produits d'entretien utilisés dans le métro (ORAMIP, 2013, évaluation des produits d'entretien utilisés dans le métro toulousain).

Respect de la réglementation applicable aux ambiances de travail

Compte tenu des teneurs maximales en benzène rencontrées (2.4 µg/m³ en moyenne sur 1h20mn dans une rame de métro), nous pouvons considérer que les teneurs maximales dans les locaux techniques auraient

été nettement inférieures à la Valeur de Moyenne d'Exposition par le code du travail (3 250 µg/m³ sur 8 heures).

Le confinement

Recommandation du règlement sanitaire départemental respectée

Sur les deux périodes de mesures, les niveaux de CO₂ ont culminé à environ 880 ppm pour la station de métro Compans Caffarelli et à 960 ppm pour la station de métro Les Carmes. Ils sont inférieurs au seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1300 ppm.

Un niveau de confinement faible dans les stations de métro

Les niveaux de dioxyde de carbone rencontrés dans les stations de métro de la ligne B suggèrent un niveau de confinement faible. Le système de ventilation dont sont équipées les stations de métro permet de maintenir le CO₂ à des niveaux satisfaisants.

Un niveau de confinement plus élevé dans les rames de métro

Dans les rames de métro, les niveaux de CO₂ rencontrés sont généralement plus élevés que sur les quais. La concentration maximale atteinte a été de 1580 ppm. Les niveaux de CO₂ dans les rames de métro peuvent donc ponctuellement dépasser le seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1300 ppm.

PM10 & PM1

ANNEXE I : RÉSULTATS DES MESURES DE PARTICULES SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN

LES FAITS MARQUANTS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

Les particules PM10

- Respect de la valeur guide sur une heure sur le quai des deux stations de métro étudiées.
- Respect de la Valeur Limite de Moyenne Exposition fixée par les ambiances de travail.

Les particules PM1

- Cette première étude met en évidence que les PM1 semblent peu émises par le passage des rames (système de freinage, usure des voies...). Elles semblent pénétrer dans l'enceinte du métro par la ventilation et s'y accumuler. Elles seraient, en outre, impactées par des phénomènes de réenvol.

Les particules

- Diminution des niveaux de particules sur les quais grâce aux portes palières surtout en période froide.

LES PARTICULES : SOURCES ET EFFETS SUR LA SANTE ET L'ENVIRONNEMENT

SOURCES

L'air extérieur est un vecteur important de particules : poussières naturelles, pollens, moisissures, fumées, particules fines des gaz d'échappement automobiles. Ces particules peuvent pénétrer à l'intérieur des bâtiments, notamment par le système de ventilation. D'autres sources de particules sont présentes à l'intérieur en relation avec les activités des occupants : tabagisme, cuisson des aliments, fonctionnement des appareils de chauffage et de combustion (cheminée d'agrément), ménage (remise en suspension de la poussière de maison), bricolage, ...

Dans les réseaux de transport souterrain, (métro par exemple), des émissions de particules liées au matériel roulant (usure des équipements), aux infrastructures et à la remise en suspension s'ajoutent aux particules issues de l'extérieur.

Ces particules restent plus ou moins longtemps en suspension selon leur taille avant de se déposer.

Une partie d'entre elles, les particules secondaires, se forme dans l'air par réaction chimique à partir de polluants précurseurs comme les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, l'ammoniac et les COV. On distingue les particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM10), à 2,5 microns (PM2,5) et à 1 micron (PM1).

EFFETS SUR LA SANTE

Plus une particule est fine, plus sa toxicité potentielle est élevée.

Les plus grosses particules sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les plus fines (PM1) pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire où elles peuvent provoquer une inflammation et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Les particules ultra fines sont suspectées de provoquer également des effets cardio-vasculaires. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes : c'est notamment le cas de certaines particules émises par les moteurs diesel qui véhiculent certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Une corrélation a été établie entre les niveaux élevés de PM10 et l'augmentation des admissions dans les hôpitaux et des décès, liés à des pathologies respiratoires et cardiovasculaires.

Ces particules sont quantifiées en masse mais leur nombre peut varier fortement en fonction de leur taille.

EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

Les effets de salissures des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes.

PM = Particulate Matter (matière particulaire)

Les particules de diamètre inférieur à 10 µm – respect des valeurs guides

La valeur guide (cf. annexe VIII) sur une heure est la plus représentative de l'exposition des usagers du métro toulousain.

Les deux campagnes de mesures ont couvert 1/5 de l'année 2016.

PARTICULES DE DIAMÈTRE INFÉRIEUR A 10 µm					
PM10		Conformité à la valeur guide	Temps d'exposition des usagers	Valeur guide	Période
Exposition de courte durée	Valeur guide calculée à partir de l'avis relatif à l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines du 3 mai 2001 du CSHPF	OUI	1 heure	648 µg/m ³	Maximum sur une heure glissante : Période froide : Compans Caffarelli : 124 µg/m ³ Les Carmes : 167 µg/m ³ Période chaude : Compans Caffarelli : 337 µg/m ³ Les Carmes : 222 µg/m ³

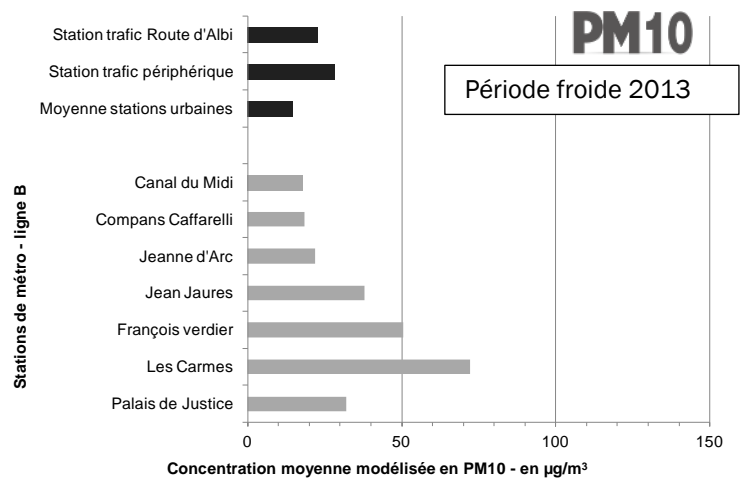
µg/m³ : microgramme par mètre cube

L'activité du métro émettrice de particules

Des niveaux moyens sur la période plus élevés dans le métro qu'à l'extérieur

Dans le métro, les particules sont essentiellement produites par le roulement et le freinage des rames en circulation, ainsi que par la remise en suspension dans l'air des particules déjà présentes (cf. rapport "Mesures de qualité de l'air dans le métro toulousain en 2012"). Cependant, l'étude des niveaux de particules PM10 dans les stations de métro les plus fréquentées de la ligne B faite pendant l'hiver 2013 - 2014 a apporté des éléments d'information sur les niveaux de particules en fonction des stations de métro sur la ligne B :

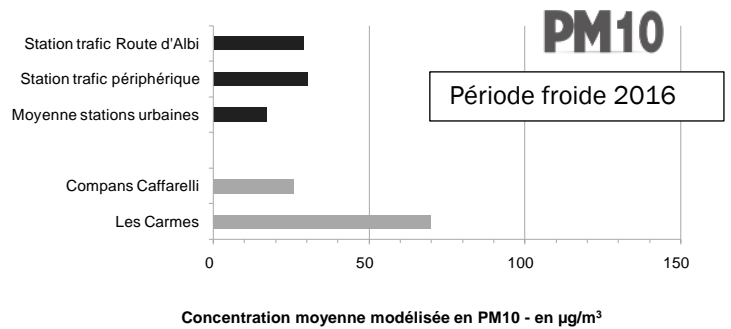
- Les concentrations moyennes en PM10 modélisées dans les stations de métro Jeanne d'Arc, Compans Caffarelli et Canal du Midi sont similaires. Elles sont du même ordre de grandeur que celles relevées par la station trafic implantée route d'Albi.
- Entre Jeanne d'Arc et les Carmes, les niveaux de PM10 augmentent progressivement. La station de métro Les Carmes enregistre la concentration moyenne en particules la plus élevée de la ligne B. Les niveaux moyens relevés pour cette station de métro sont 2,5 fois supérieurs à ceux mesurés en proximité trafic en air extérieur.



Graphe 1 : Concentration moyenne modélisée en **PM10** dans les stations de métro et comparaison aux concentrations mesurées dans l'air ambiant extérieur - période froide 2013.

Pendant la période froide 2016, les concentrations en PM10 mesurées sur les quais des 2 stations de métro de la ligne B sont similaires à celles mesurées en 2013.

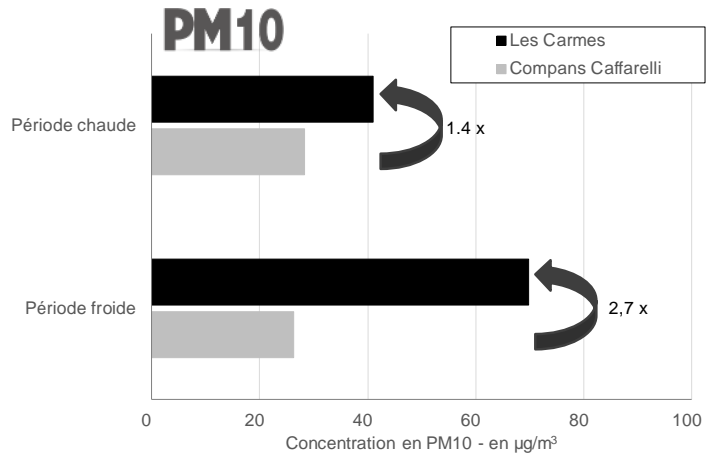
Les niveaux de particules sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli sont similaires à ceux relevés dans l'air ambiant extérieur. Les niveaux moyens relevés dans la station de métro des Carmes sont 2,5 fois supérieurs à ceux mesurés en proximité trafic en air extérieur.



Graphe 2 : Concentration moyenne en PM10 dans les stations de métro et comparaison aux concentrations mesurées dans l'air ambiant extérieur - période froide 2016

Les niveaux moyens de particules relevés dans la station de métro des Carmes sont ainsi supérieurs à ceux rencontrés dans la station de métro Compans Caffarelli en période froide mais également en période chaude.

Selon la période de mesures, les niveaux de particules dans la station de métro Les Carmes sont 1,4 à 2,7 fois plus élevés que ceux mesurés dans la station de métro Compans Caffarelli.



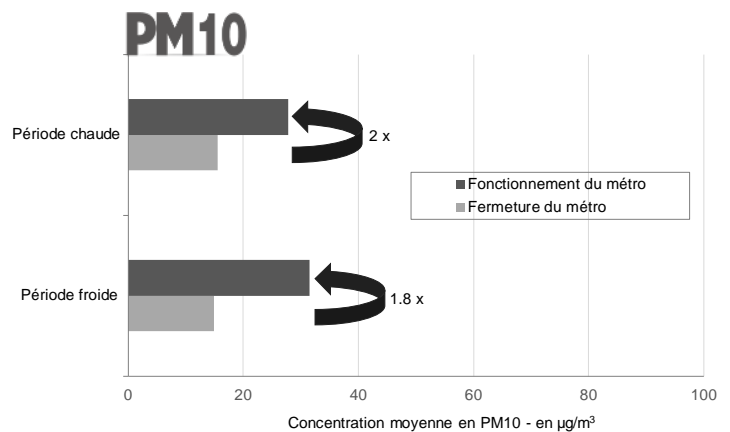
Graphe 3 : Concentration moyenne en PM10 dans les stations de métro COMPANS CAFFARELLI et LES CARMES par période

Il semble qu'il y ait dans la station de métro des Carmes une accumulation de particules PM10. La cause de cette accumulation peut être un volume de station inférieur en

comparaison des autres stations, la profondeur de la station, une ventilation défectueuse, un freinage mécanique plus important...

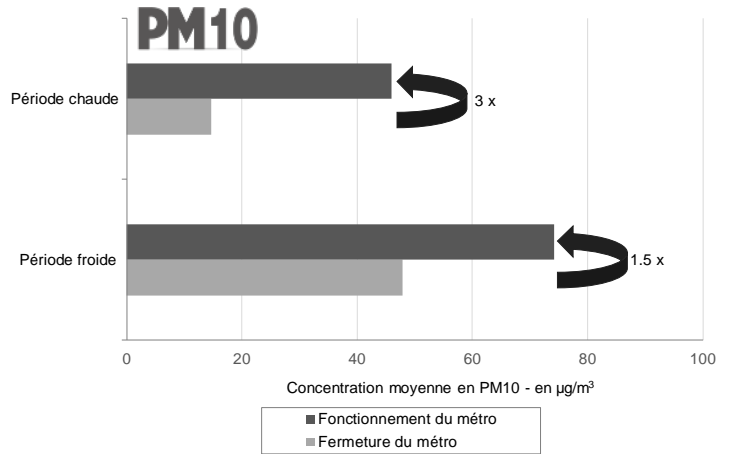
Des niveaux moyens plus élevés durant le fonctionnement du métro

L'activité du métro étant génératrice de particules, les concentrations moyennes en PM10 mesurées pendant le fonctionnement du métro sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli sont 1.8 à 2 fois plus élevées que celles mesurées pendant la période de fermeture du métro. Pendant les heures de fonctionnement du métro, le niveau moyen en PM10 est ainsi de 27 µg/m³ en période froide et de 31 µg/m³ en période chaude contre respectivement 14 et 15 µg/m³ mesurés pendant la fermeture du métro.



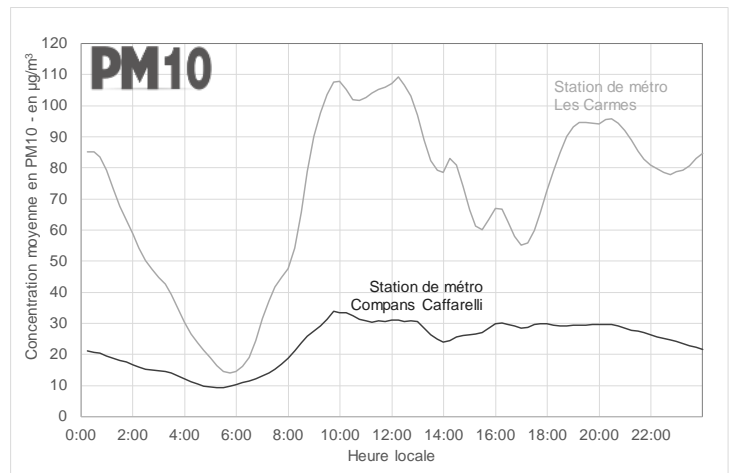
Graphe 4 : Niveaux en PARTICULES PM10 mesurés en période de fonctionnement et en période de fermeture du métro - station de métro COMPANS CAFFARELLI

Sur le quai de la **station de métro Les Carmes**, les concentrations moyennes en PM10 mesurées pendant le fonctionnement du métro sont 1.5 à 3 fois plus élevées que celles mesurées pendant la période de fermeture du métro selon la période de mesures. Pendant les heures de fonctionnement du métro, le niveau moyen en PM10 est ainsi de 73 µg/m³ en période froide et de 46 µg/m³ en période chaude contre respectivement 48 et 15 µg/m³ mesurés pendant la fermeture du métro.



Graphe 5 : Niveaux en **PARTICULES PM10** mesurés en période de fonctionnement et en période de fermeture du métro - station de métro **LES CARMES**.

En période froide, les niveaux de particules sont 2,6 à 3 fois plus élevés dans la station Les Carmes que dans la station Compans Caffarelli en période de fonctionnement comme en période d'arrêt du métro.

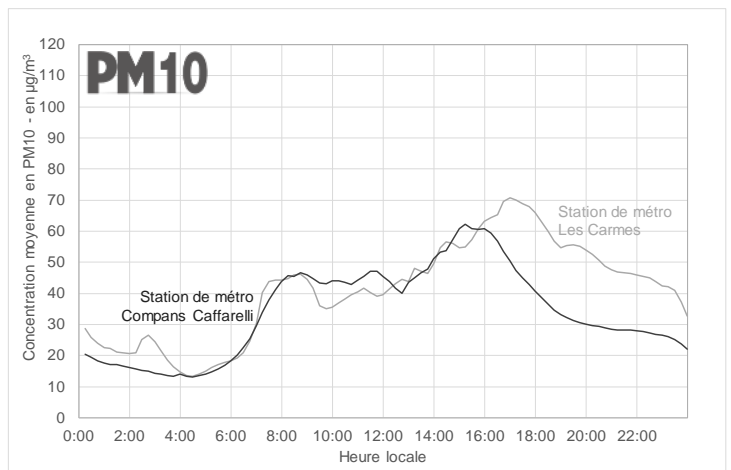


Graphe 6 : Comparaison des niveaux en **PARTICULES PM10** mesurés sur une journée moyenne en PERIODE FROIDE - stations de métro **COMPANS CAFFARELLI** et **LES CARMES**.

En période chaude, pendant le fonctionnement du métro, les niveaux de particules sont 1,5 fois plus élevés dans la station Les Carmes que dans la station Compans Caffarelli. L'étude de la répartition des concentrations sur une journée moyenne montre que les niveaux de PM10 dans les deux stations de métro sont similaires sur une grande partie de la journée. Ils se différencient à partir de 16h, heure à laquelle :

- les niveaux chutent dans la station de métro Compans Caffarelli,
- les particules continuent de s'accumuler dans la station de métro Les Carmes. Les niveaux entament leur descente à partir de 17h.

Les concentrations sont en revanche similaires pendant l'arrêt du métro.



Graphe 7 : Comparaison des niveaux en **PARTICULES PM10** mesurés sur une journée moyenne en PERIODE CHAUDE - stations de métro **COMPANS CAFFARELLI** et **LES CARMES**.

Évaluation des facteurs influençant les niveaux de concentration dans le métro

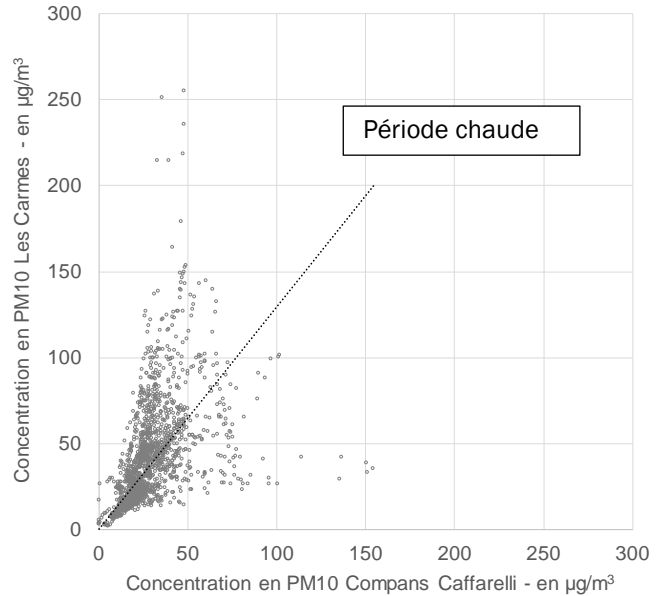
L'étude des coefficients de détermination r^2 obtenus entre les concentrations en PM10 mesurées sur les quais des stations de métro avec différents paramètres tels que le nombre de rames en circulation, la fréquentation de la station de métro mais également les niveaux de particules observés dans l'environnement

Les concentrations en PM10 sur les quais des deux stations sont peu liées (r^2 de l'ordre de 0,25 pour les deux périodes de mesures). La représentation graphique met en évidence des concentrations élevées mesurées dans chacune des stations de métro non corrélées avec les niveaux mesurés dans l'autre station de métro. **Des phénomènes de réenvol propres à chaque station de métro pourraient être à l'origine de ces résultats.**

Les précédentes campagnes de mesures réalisées dans le métro toulousain ont montré que le nombre de rames en circulation joue un rôle important dans les niveaux de concentration en particules PM10 dans les stations de métro.

En 2016, nous n'avons pas mis en évidence de corrélation robuste entre les concentrations en PM10 sur les quais et les paramètres de fonctionnement du métro (nombre de validation ou nombre de rames en circulation dans la station concernée). Il apparaît donc que d'autres paramètres, tels que les débits de

extérieur permettent de connaître la force de leur liaison statistique. Elle apporte une information sur les éventuelles paramètres influençant les niveaux de particules. Les relations entre ces variables varient en fonction de la période de mesures, mais la force de ces liaisons est faible quels que soient les paramètres.



Graphe 8 : Évaluation de la relation éventuelle existant entre les niveaux de **PARTICULES PM10** mesurés dans les stations de métro **COMPANS CAFFARELLI** et **LES CARMES**

ventilation, la façon dont freine les rames de métro, la configuration de la station de métro, son volume, les phénomènes de réenvol... ont un impact non négligeable sur les niveaux de particules selon les stations de métro. Cet impact ne peut actuellement être quantifié. Une meilleure connaissance du fonctionnement de la ventilation (débit de ventilation, fonctionnement en insufflation ou en extraction, plages de fonctionnement), des volumes des stations... pourraient permettre une meilleure compréhension des écarts de concentration en particules mesurés.

Des niveaux similaires de particules PM10 et PM1 en été et en hiver sur le quai de Compans Caffarelli

Depuis le début des mesures jusqu'en 2013, une évolution saisonnière des niveaux de particules PM10, liée au mode de fonctionnement de la ventilation, avait été mise en évidence sur les deux lignes du métro toulousain.

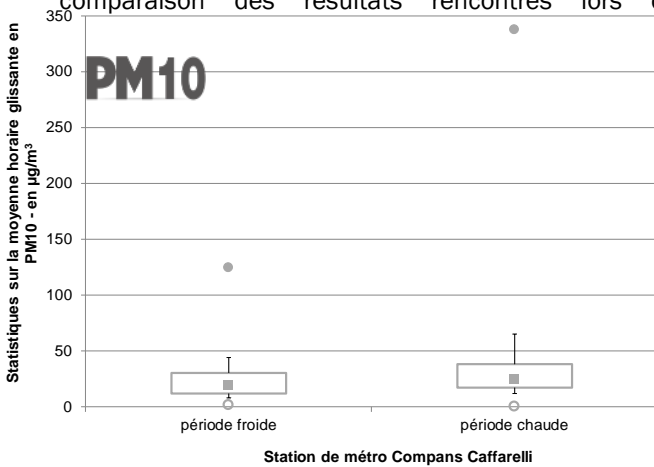
Pendant la période froide, un fonctionnement limité de la ventilation favorisait des niveaux de particules élevés. Pendant la saison chaude, le fonctionnement quasi continu de la ventilation permet la dilution des particules émises par l'activité métro grâce à l'apport d'air extérieur.

En 2014, les niveaux de particules PM10 mesurés sur les quais de la station Compans Caffarelli et Jean Jaurès - ligne B en période froide ont fortement diminué en comparaison des résultats rencontrés lors des

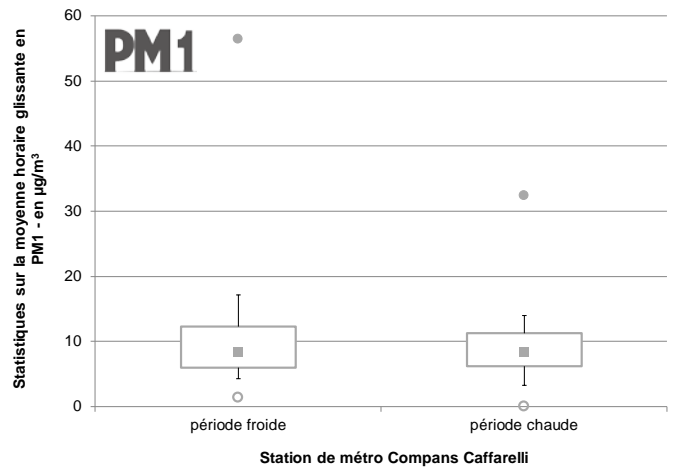
précédentes campagnes de mesures. 50% des concentrations quart-horaires mesurées étaient du même ordre de grandeur que celles rencontrés en période chaude alors que, selon les indications de l'exploitant, la ventilation fonctionne plus.

En 2016, cette observation est à nouveau faite pour les concentrations en PM10 mais également en PM1 relevées sur les quais de la station de métro Compans Caffarelli.

Les graphiques suivants présentent sous forme de boxplot la répartition des concentrations en PM10 et PM1 mesurées dans la station de métro Compans Caffarelli.

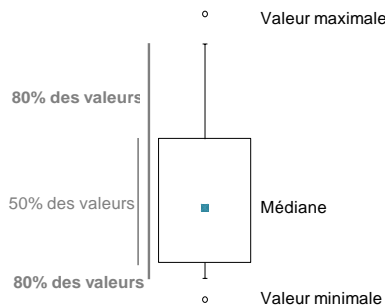


Graphe 9 : Répartition des concentrations en PARTICULES PM10 mesurées dans la station de métro COMPANS CAFFARELLI.



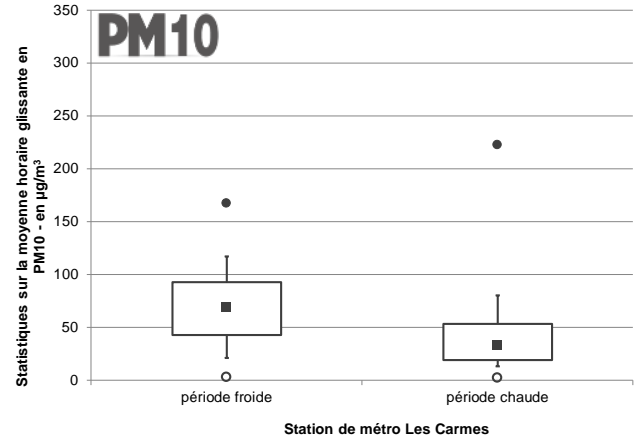
Graphe 10 : Répartition des concentrations en PARTICULES PM1 mesurées dans la station de métro COMPANS CAFFARELLI.

Lecture du boxplot



Des niveaux plus faibles en été sur le quai des Carmes

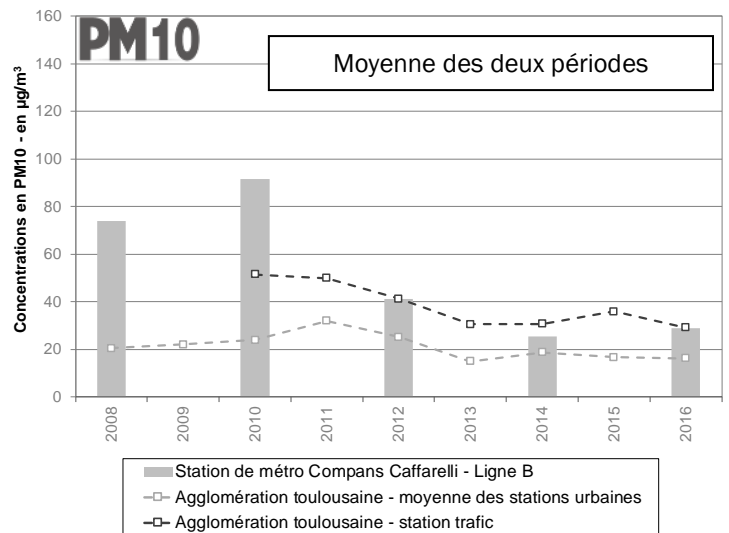
En revanche, les concentrations en particules relevées dans la station de métro des Carmes présentent la variation saisonnière qui n'est plus observée dans la station de métro Compans Caffarelli. En moyenne, les niveaux de particules lors de la période chaude sont 40% plus faibles que lors de la période froide.



Grphe 11 : Répartition des concentrations en **PARTICULES PM10** mesurées dans la station de métro **LES CARMES**.

Stabilisation des concentrations en 2016

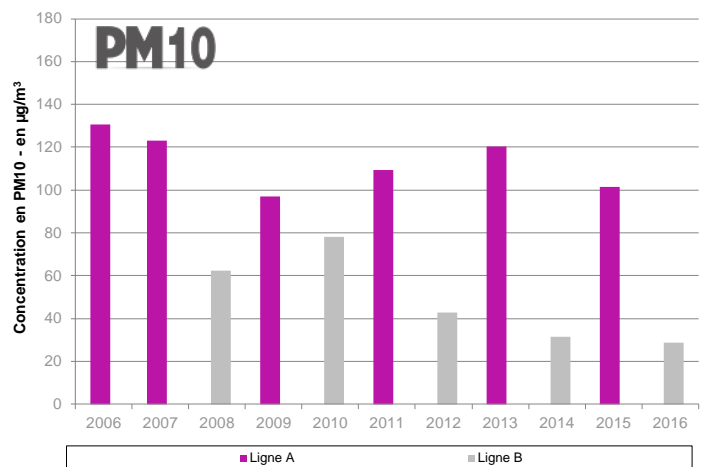
Les concentrations moyennées en particules des deux périodes de mesures de l'année 2016 sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en 2014. Entre 2010 et 2016, les niveaux moyens de particules PM10 sur les quais de la station de métro Compans Caffarelli ont diminué de 69%. En moyenne sur les deux périodes, les concentrations relevées dans la station de métro sont similaires à celles relevées dans l'air ambiant en proximité routière. **Cette baisse est essentiellement due à la diminution des niveaux de concentration rencontrés en période froide.**



Grphe 12 : Évolution des concentrations en **PM10** mesurées sur le quai de la station de métro **COMPANS CAFFARELLI** en **MOYENNE SUR LES DEUX CAMPAGNES DE MESURES** depuis 2008 et comparaison avec les concentrations rencontrées dans l'air ambiant.

En 2016, les niveaux mesurés sur la ligne B sont 3 fois plus faibles que ceux rencontrés sur la ligne A.

Ces différents résultats semblent mettre en évidence une évolution du renouvellement de l'air dans les stations de métro de la ligne B. Des informations sur les débits de ventilation des ventilateurs stations de métro et tunnels ainsi que sur les plages de fonctionnement réelles des ventilateurs en période froide permettraient une meilleure compréhension des observations faites.



Grphe 13 : Évolution des niveaux en **PM10** mesurées dans les deux lignes de métro depuis 2008.

Des niveaux plus élevés en PM1 dans l'enceinte du métro

Des niveaux moyens probablement similaires ou légèrement supérieurs dans le métro en comparaison de l'air extérieur

Actuellement en Europe, les niveaux de particules PM1 dans l'air ambiant ne font pas l'objet d'une surveillance réglementaire. Il existe donc peu de données sur ce polluant.

Une étude réalisée en Autriche nous a permis d'établir la répartition des PM1, PM2,5 et PM10 dans l'air ambiant pour chaque saison¹. Les ratios obtenus ont été utilisés pour estimer les concentrations en PM1 dans l'air ambiant toulousain pour les deux périodes de mesures à partir des concentrations en PM10 et PM2,5 relevées par les stations de mesures.

Pour la période froide, les niveaux de PM1 évalués sont de l'ordre de 9 µg/m³. Pour la période chaude, ils sont compris entre 6 et 7 µg/m³.

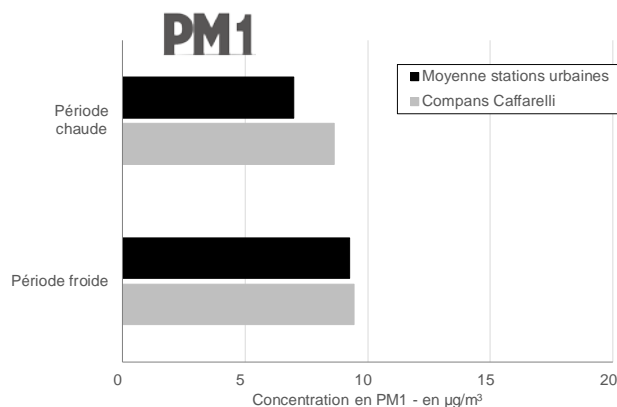
Avec 9 µg/m³ en moyenne pour les deux périodes de mesures, les niveaux rencontrés sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli sont probablement similaires ou légèrement supérieurs à ceux qui auraient été mesurés dans l'air ambiant extérieur en site urbain.

Un impact faible de l'activité du métro

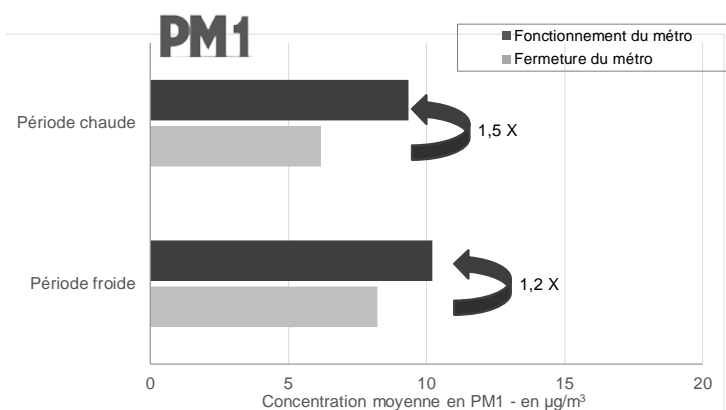
Comme pour les PM10, les niveaux moyens mesurés en PM1 lors du fonctionnement du métro sont plus élevés que les niveaux mesurés la nuit.

Le ratio entre les niveaux mesurés en fonctionnement du métro et lors de sa fermeture est, cependant, nettement plus faible que celui observé pour les PM10, variant de 1,2 en hiver à 1,5 en été (contre des ratios respectivement de 1,5 à 3 pour les PM10).

La variation des niveaux de PM1 entre le jour et la nuit est faible. Elle met cependant en évidence un impact de l'activité métro sur les niveaux de particules PM1 plus particulièrement en période chaude.



Graphique 14 : Concentration moyenne en **PM1** dans les stations de métro et concentrations estimées dans l'air ambiant extérieur



Graphique 15 : Niveaux en **PARTICULES PM1** mesurés en période de fonctionnement et en période de fermeture du métro - station de métro **COMPANS CAFFARELLI**.

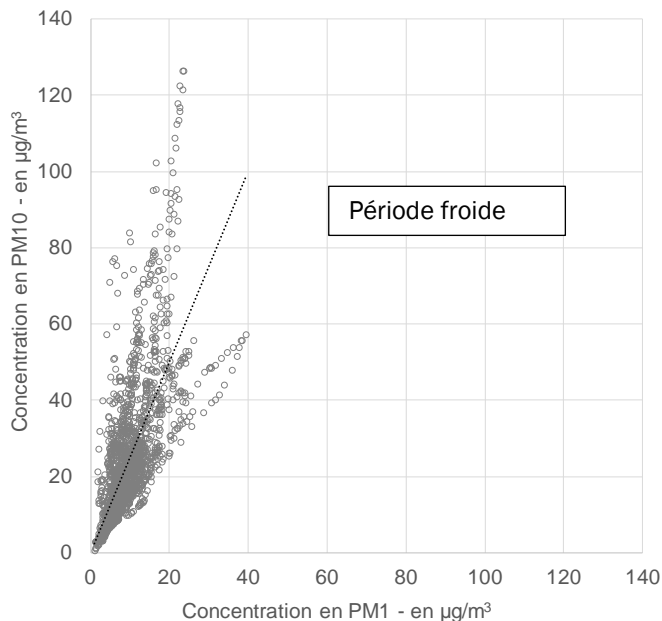
¹ B. Gomiscek, H. Hauck, Spatial and temporal variations of PM1, PM2,5, PM10 and particle number concentration during the AUPHEP - project - atmospheric environment 38 (2004)

Des particules PM1 sans doute majoritairement introduites par la ventilation

Les corrélations existant entre les concentrations en PM10 et PM1 mesurées sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli varient de moyenne en hiver ($r^2 = 0.5$) et faible en été ($r^2=0.2$).

La représentation graphique met en évidence que les concentrations les plus élevées en PM10 ne sont pas liées aux concentrations les plus élevées en PM1.

En outre, pour les deux périodes de mesures, il n'existe pas de corrélation entre les concentrations en PM1 de Compans Caffarelli et les paramètres de fonctionnement du métro (nombre de validation ou nombre de rames en circulation dans la station concernée).

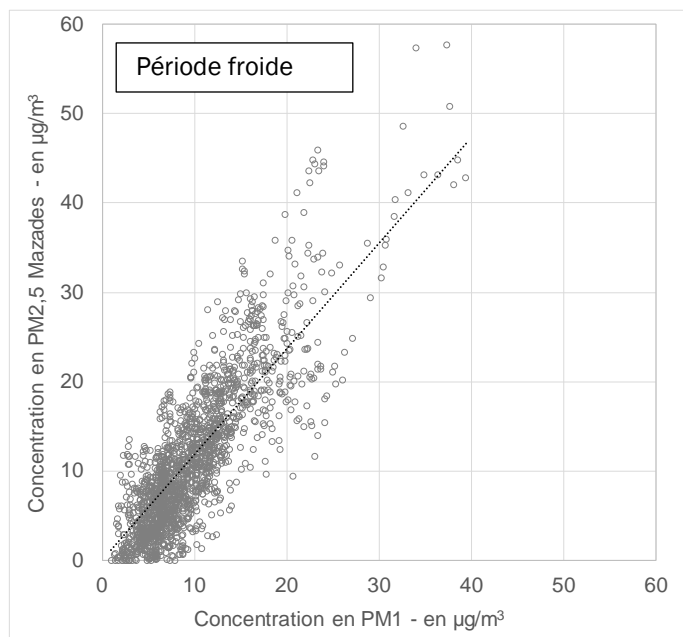


Graphe 16 : Évaluation de la relation éventuelle existant entre les niveaux de **PARTICULES PM1** et **PM10** mesurés sur le quai de la station de métro **COMPANS CAFFARELLI**

En revanche, il existe une relation forte entre les niveaux de particules PM1 relevées sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli et les niveaux de particules mesurées dans l'air extérieur, notamment les PM2,5 mesurées en site urbain ($r^2=0,7$ pour la période froide, $r^2=0,6$ pour la période chaude).

Ces différents résultats semblent indiquer que les particules PM1 sont peu émises par le fonctionnement du métro (système de freinage, usure des voies...). Elles semblent pénétrer dans l'enceinte du métro par la ventilation et s'y accumuler. Elles sont, en outre, impactées par des phénomènes de réenvol.

La campagne de mesures faites sur la ligne A devrait permettre de confirmer ces résultats. Une analyse chimique des particules PM1 rencontrées dans l'enceinte du métro pourrait, en outre, être réalisée afin de confirmer leurs sources.



Graphe 17 : Évaluation de la relation éventuelle existant entre les niveaux de **PARTICULES PM1** mesurés sur le quai de la station de métro **COMPANS CAFFARELLI** et les **PARTICULES PM2,5** mesurées dans l'**AIR EXTÉRIEUR**

Des concentrations en PM1 plus élevées aux Carmes

Des mesures ponctuelles de PM1 ont également été faites sur le quai de la station de métro Les Carmes pendant quelques quart d'heure pendant les deux campagnes de mesures.

Pour les deux campagnes de mesures, les niveaux en PM1, comme ceux de PM10, relevés sur le quai de la station de métro Les Carmes sont significativement supérieurs à ceux rencontrés sur le quai de la station de

métro Compans Caffarelli. Ainsi, en période froide, les niveaux mesurés sur le quai de la station de métro les Carmes sont 1,9 fois plus élevés et en période chaude ils sont 1,7 fois plus élevés.

Des mesures réalisées sur une plus longue période permettraient de confirmer ces résultats.

Réduction des niveaux de particules sur les quais grâce aux portes palières

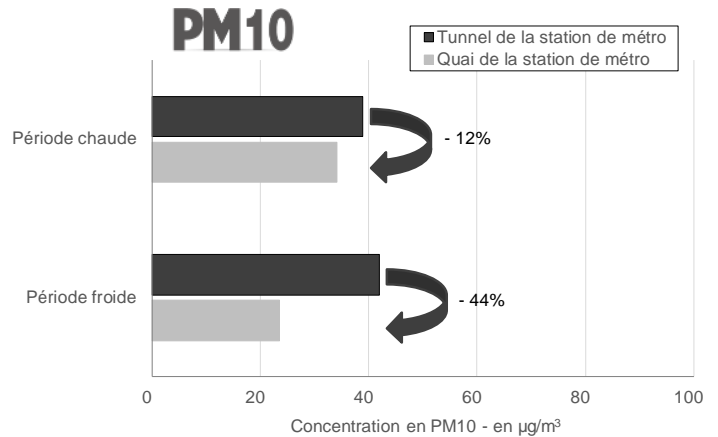
Plusieurs études internationales citées dans le rapport de l'ANSES concernant la pollution chimique de l'air des enceintes de transports ferroviaires souterrains et risques sanitaires associés chez les travailleurs de septembre 2005 ont mis en évidence la réduction des niveaux de particules PM10 sur les quais lors de la présence de portes palières. Ces portes installées entre le quai et la voie, sur la hauteur totale de la station et s'ouvrant automatiquement à l'ouverture des portes des wagons, permettent de limiter les échanges d'air entre le

quai et le tunnel. Les niveaux de particules sur les quais sont ainsi significativement réduits.

L'impact des portes palières est également mis en évidence sur les niveaux de particules PM10 et PM1 mesurés dans le métro toulousain. La réduction des niveaux de particules due aux portes palières n'est cependant pas homogène selon la taille des particules et selon la période de mesures.

Pour les PM10, les portes palières permettent une réduction de 44% des concentrations en comparaison de celles mesurées dans le tunnel pour la période froide. Lors de la période chaude, cette diminution est plus faible. Elle est de 12%.

L'analyse de l'écart entre les concentrations dans le tunnel et sur le quai en période de fonctionnement et d'arrêt du métro nous a permis de mettre en évidence que l'impact des portes palières est limité en période chaude. La ventilation permet probablement une homogénéisation dans l'enceinte du métro des concentrations en particules PM10 dans l'air.

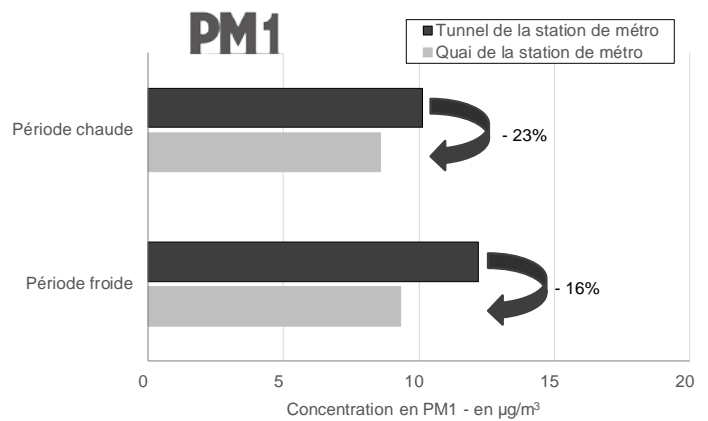


Graph 18 : Niveaux en **PARTICULES PM10** mesurés sur le **QUAI** dans le **TUNNEL**- station de métro **COMPANS CAFFARELLI**.

Les portes palières permettent également de réduire les concentrations des PM1 mais dans des proportions plus faibles :

- 23% de diminution des niveaux pour la période froide,
- 16% de baisse pour la période chaude.

En période de fonctionnement comme en période d'arrêt, les niveaux en particules PM10 mesurés dans le tunnel sont de 1,2 à 1,3 supérieurs aux niveaux relevés sur le quai. La ventilation n'engendre donc pas d'homogénéisation des niveaux de PM1 dans l'enceinte du métro.

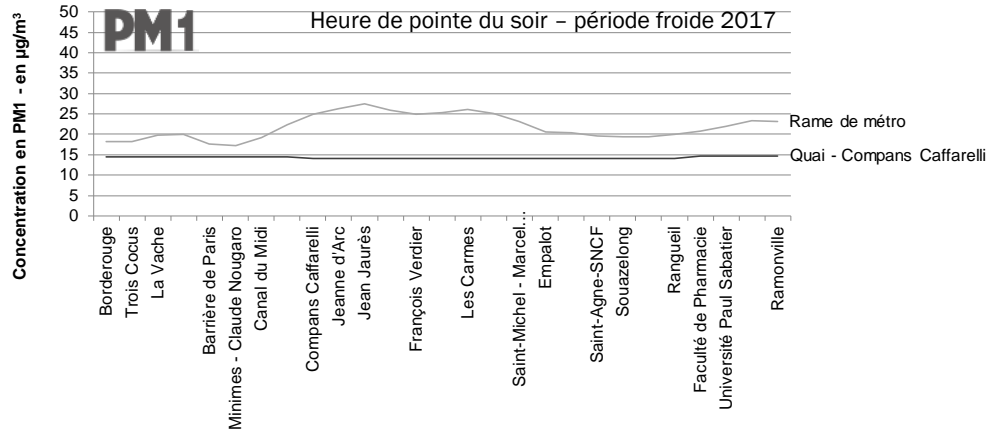


Graph 19 : Niveaux en **PARTICULES PM1** mesurés sur le **QUAI** dans le **TUNNEL**- station de métro **COMPANS CAFFARELLI**.

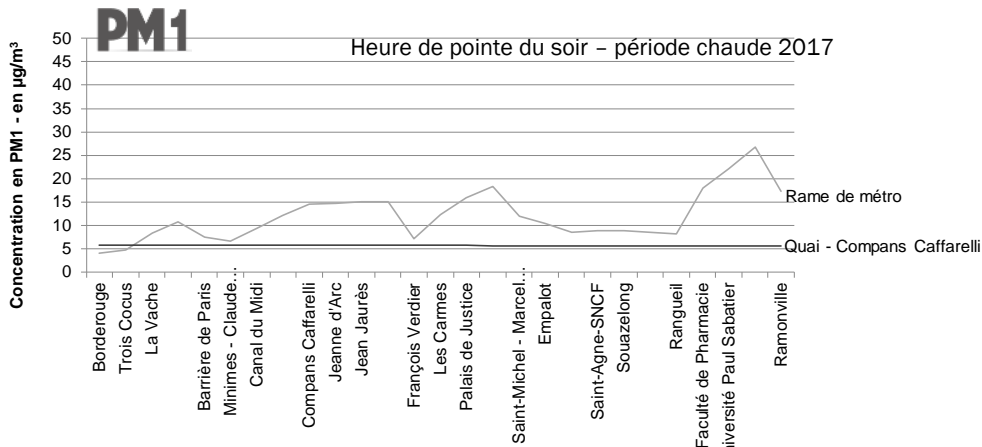
Des niveaux de PM1 plus élevés dans les rames

Les teneurs en particules mesurées dans les rames de métro sont variables le long de la ligne.

Pour les deux périodes de mesures, les niveaux moyens des particules PM1 dans les rames de métro sont généralement plus élevés que ceux mesurés sur les quais des stations de métro Compans Caffarelli.

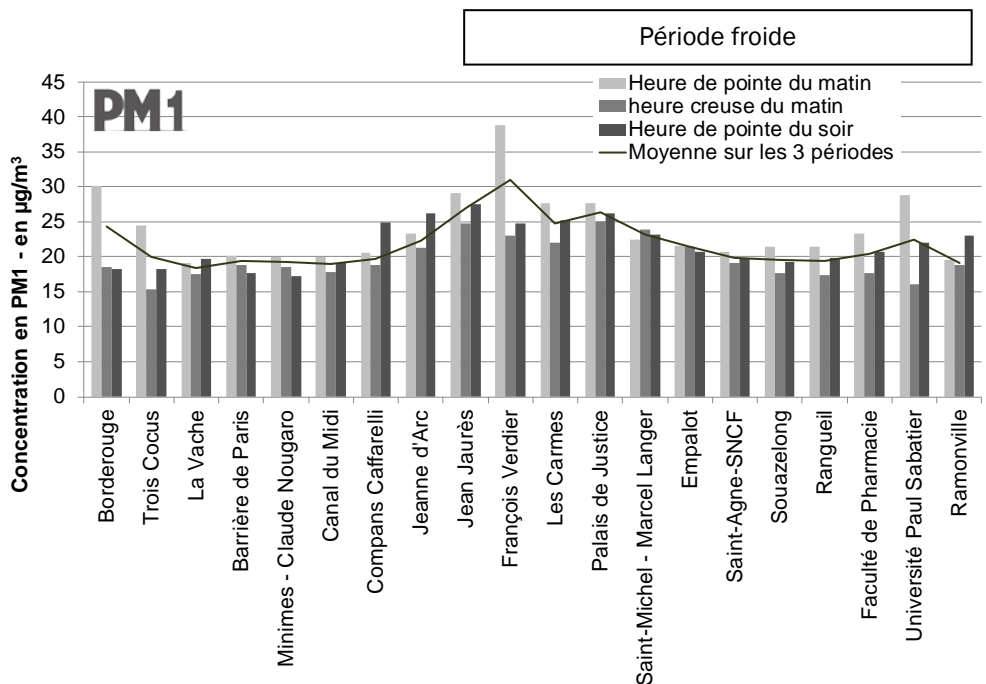


Graphe 20 : Evolution des concentrations en **PM1** dans une rame de métro à l'heure de pointe du soir - **PÉRIODE FROIDE**



Graphe 21 : Évolution des concentrations en **PM1** dans une rame de métro à l'heure de pointe du soir - **PÉRIODE CHAUDE**

En période froide, les concentrations moyennes en particules PM1 dans les rames sont relativement stables sur la moitié de la ligne (de l'ordre de 20 µg/m³). Les niveaux augmentent progressivement à partir de la station de métro Jeanne d'Arc pour atteindre le maximum à la station de métro François Verdier puis ils redescendent.



Graphe 22 : Évolution des concentrations en **PARTICULES PM1** dans les rames de métro pendant la **PÉRIODE FROIDE**

Des concentrations en particules PM10 mesurées très en deçà de la Valeur Limite de Moyenne d'Exposition fixée pour les ambiances de travail

La valeur limite moyenne d'exposition aux postes de travail (VME) est définie comme la concentration moyenne autorisée dans l'air des postes de travail en un polluant donné qui, en l'état actuel des connaissances, ne met pas en danger la santé des travailleurs sains qui y sont exposés, et ce, pour une durée de 42 heures hebdomadaires à raison de 8 heures par jour, pendant de longues périodes.

Il n'existe pas de VME pour les particules de diamètre inférieur à 10 µm. Nous indiquons ci-dessous la VME fixée pour les particules alvéolaires c'est-à-dire de diamètre inférieur à 4 µm.

Les concentrations en particules en moyenne sur 8 heures mesurées sur les quais des stations de métro Compans Caffarelli et Les Carmes sont 20 fois inférieures à la Valeur Limite de Moyenne Exposition.

PM10		PARTICULES DE DIAMÈTRE INFÉRIEUR A 10 µm		
		Respect de la VME	Valeur en ambiance de travail	Période
Exposition de longue durée	Valeur Limite de Moyenne Exposition (VME)	OUI	5 000 µg/m ³ sur 8 heures	Maximum sur huit heures : Compans Caffarelli : 181 µg/m ³ (période chaude) Les Carmes : 130 µg/m ³ (période froide)

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Des concentrations moyennes inférieures à celles relevées dans le métro parisien

Depuis janvier 2008, la RATP rend public les résultats de qualité de l'air dans les espaces ferroviaires souterrains du réseau francilien.

Les concentrations en particules relevées par le réseau de Surveillance de la Qualité de l'air de l'Environnement Souterrain parisien (réseau SQUALES) tiennent compte de la fraction volatile des particules. Dans le réseau de métro toulousain, les analyseurs de particules mis en œuvre ne tiennent pas compte de cette fraction volatile. A ce jour, aucune étude n'a été réalisée dans le métro toulousain pour estimer la part des particules volatiles sur les particules totales. Dans l'air ambiant extérieur, sur l'agglomération toulousaine, la fraction volatile des

particules est calculée. Cependant, elle ne peut être utilisée, car les particules dans le métro n'ont pas les mêmes sources d'émission que celles rencontrées à l'extérieur.

Nous indiquons ci-après la concentration moyenne et le maximum horaire (mesuré pendant les heures de fréquentation du métro par les usagers) en PM10 rencontrés sur les quais des stations du réseau francilien pour les campagnes de mesures hivernale et estivale dans le métro toulousain.

		Concentrations en PM10 - en µg/m ³	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Du 20 janvier au 29 février 2016			
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	195	805
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	32	183
	Auber (RER ligne A)	152	516
Toulouse	Compans Caffarelli - métro ligne B	24	121
	Les Carmes - métro ligne B (du 20/01 au 10/02)	70	165

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Du 24 août au 27 septembre 2016		Concentrations en PM10 - en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	154	379
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	59	508
	Auber (RER ligne A)	89	228
Toulouse	Compans Caffarelli - métro ligne B	34	329
	Les Carmes - métro ligne B (Du 24/08 au 15/09)	41	211

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramme par mètre cube

En comparaison de 2015, le niveau d'empoussièrément dans les stations de métro et de RER parisiennes, sur l'année 2016, a varié en fonction de la station considérée.

Le niveau de particules PM10 ont peu varié dans la station de métro Châtelet (-5%) et à la gare d'Auber (+3%).

Le niveau de particules PM10 a augmenté de 30% à Franklin Roosevelt. Cette hausse est attribuée à l'arrêt provisoire d'un ventilateur de tunnel pour cause de maintenance. (Source : "SQUALES" Surveillance de la

Qualité de l'Air de l'Environnement Souterrain - Bilan 2016).

Dans l'enceinte de la ligne B du métro toulousain, les niveaux de particules sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés dans la station de métro francilienne Franklin D. Roosevelt. Cette station est celle qui observe les niveaux les plus faibles en PM10 du réseau SQUALES.

NO₂

ANNEXE II : RÉSULTATS DES MESURES DE DIOXYDE D'AZOTE SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN

LES FAITS MARQUANTS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

- Respect de la valeur guide fixée sur une heure dans l'enceinte du métro.
- Les concentrations en NO₂ particulièrement faibles relevées pendant les deux périodes de mesures semblent indiquer une faible pénétration de l'air extérieur dans l'enceinte du métro.
- Respect de la Valeur Limite d'Exposition fixée par les ambiances de travail.

LE DIOXYDE D'AZOTE : SOURCES ET EFFETS SUR LA SANTE ET L'ENVIRONNEMENT

SOURCES

Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) sont émis lors des phénomènes de combustion. Le dioxyde d'azote est un polluant secondaire issu de l'oxydation du NO. Leur présence dans les locaux est due à des sources externes (foyers pour l'industrie et le chauffage, trafic automobile) ou internes telles que les appareils fonctionnant au gaz (cuisinières, chaudières, chauffe-eau, poêles à pétrole) et dans une moindre mesure, les poêles à bois ou à essence et la fumée de cigarette.

Les stations de métro de l'agglomération toulousaine ne sont dotées d'aucun appareil de combustion.

En outre, le tabagisme y est interdit et cette interdiction est respectée. Il n'y a donc, dans les stations de métro, aucune source interne de dioxyde d'azote. Ainsi, le dioxyde d'azote rencontré dans les stations de métro est le dioxyde d'azote de l'air extérieur qui pénètre dans les enceintes souterraines par ventilation naturelle et mécanique.

EFFETS SUR LA SANTE

Le dioxyde d'azote est un **gaz irritant** qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Dès que sa concentration atteint 200 µg/m³, il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyper réactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

Dépassement ponctuel de la valeur guide fixée sur une heure dans l'enceinte du métro

Sur les deux périodes de mesures, la valeur guide fixée sur 1 heure a été dépassée le 20 février à 20h15 et 20h30 soit moins de 0,03% de la campagne de mesures 2016.

		DIOXYDE D'AZOTE - NO ₂		
		Respect de la valeur fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Période
Exposition de courte durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur	NON	200 µg/m ³ en maximum horaire	Sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli : 207 µg/m ³ en moyenne horaire glissante (période froide)
		OUI		Dans les rames de métro : 29 µg/m ³ sur 55 minutes (période chaude)

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Le dioxyde d'azote, un polluant en provenance de l'extérieur

Le dioxyde d'azote rencontré dans les stations de métro est le dioxyde d'azote de l'air extérieur qui pénètre dans le métro par ventilation naturelle et mécanique.

Ainsi, les teneurs les plus élevées en dioxyde d'azote sont mesurées :

- Dans les stations de métro situées dans le centre ville de Toulouse, où la densité du trafic routier est plus importante,
- Dans les stations de métro où les puits d'air sont situés à proximité d'une artère très fréquentée,
- Lorsque la ventilation fonctionne et introduit dans l'enceinte du métro le NO₂ issu du trafic routier.

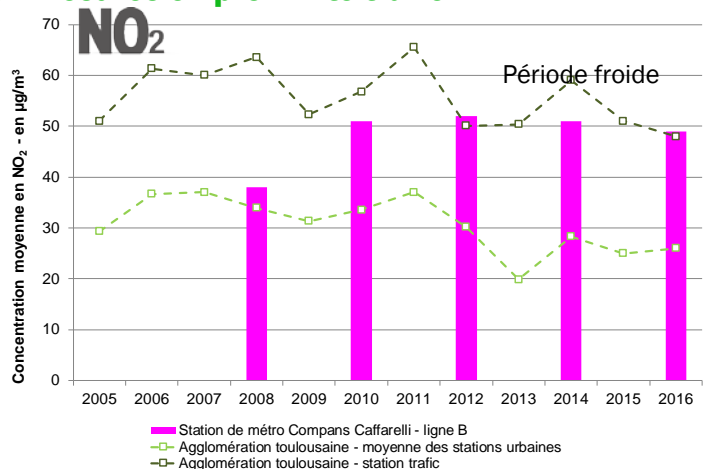
En période froide, les températures diurnes sont plus basses que la température de confort. La ventilation

mécanique du métro fonctionne peu, le dioxyde d'azote de l'extérieur est peu introduit dans l'enceinte du métro. Les concentrations en NO₂ rencontrées dans les stations de métro sont du même ordre de grandeur que celles mesurées par les stations extérieures urbaines de l'agglomération toulousaine,

En période chaude, la ventilation fonctionne en continu introduisant dans l'enceinte du métro le NO₂ issu du trafic routier. Dans l'air extérieur, des processus de réactions photochimiques entraînent la destruction du NO₂ émis tandis que dans le métro, le NO₂ n'est pas détruit. Les concentrations en dioxyde d'azote rencontrées dans les stations de métro se rapprochent de celles mesurées à l'extérieur en proximité trafic.

Des niveaux de concentration similaires à ceux mesurés en proximité trafic

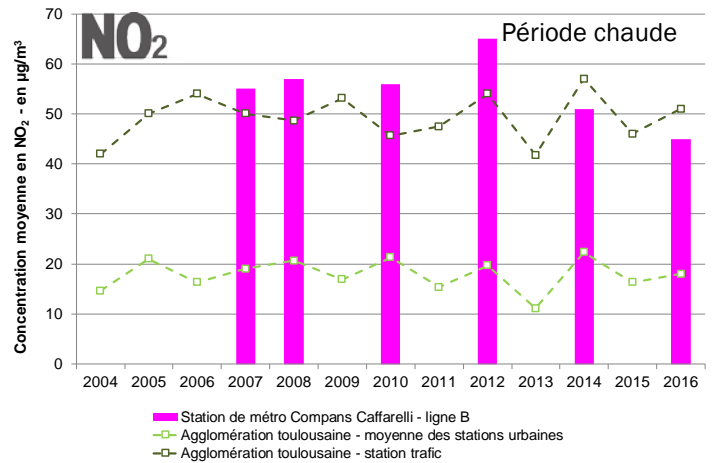
Les concentrations moyennes en NO₂ relevées sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli pendant la période froide 2016 sont similaires à celles relevées les années précédentes.



Graphe 23 : Évolution des concentrations moyennes en DIOXYDE D'AZOTE sur la période froide mesurées dans la station de métro COMPANS CAFFARELLI depuis 2005 et comparaison avec les concentrations rencontrées dans l'air ambiant extérieur.

Pour la période chaude, les niveaux observés pour la station de métro Compans Caffarelli poursuivent la baisse observée lors de la campagne de mesures en 2014. La concentration mesurée en 2016 est la plus faible rencontrée depuis le début des mesures.

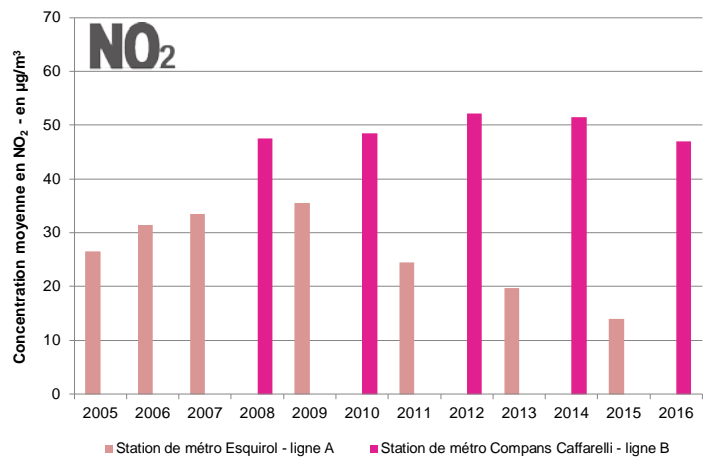
Pour les deux périodes de mesures, les concentrations en NO₂ sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli sont 2 à 2,5 fois plus élevées que celles relevées en niveau de fond. Elles sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en proximité du trafic routier dans Toulouse.



Graph 24 : Évolution des concentrations moyennes en DIOXYDE D'AZOTE sur la période chaude mesurées dans la station de métro COMPANS CAFFARELLI depuis 2007 et comparaison avec les concentrations rencontrées dans l'air ambiant extérieur.

En comparaison des niveaux mesurés sur le quai de la station de métro Esquirol sur la ligne A, les concentrations sur les quais de la station de métro Compans Caffarelli sont 3 fois supérieures.

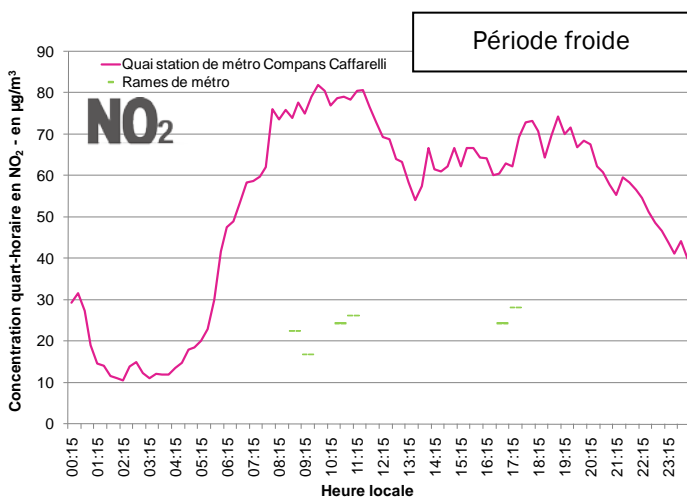
Le tracé de la ligne B suit, sur une large portion, les boulevards toulousains. Le dioxyde d'azote présent dans le métro étant d'origine extérieure, la proximité de voies de circulation fréquentées associées à un débit de ventilation tunnels plus important sur la ligne B induit des teneurs en NO₂ plus élevées sur cette ligne par rapport à la ligne A.



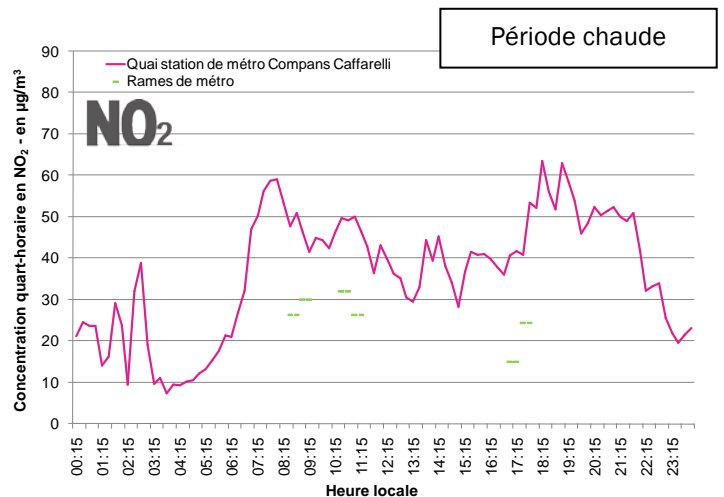
Graph 25 : Évolution des concentrations en DIOXYDE D'AZOTE en moyenne sur les deux périodes mesurées dans une station de métro de la ligne B depuis 2005 et comparaison avec les concentrations mesurées sur la ligne A.

Des concentrations quart-horaires faibles dans les rames de métro

En période froide comme en période chaude, les concentrations en NO₂ rencontrées dans les rames de



métro sont plus faibles que celles relevées dans la station de métro Compans Caffarelli.



Graph 26 : Comparaison des concentrations en DIOXYDE D'AZOTE rencontrées dans les rames de métro avec celles mesurées sur les quais des stations de métro.

Respect de la Valeur Limite d'Exposition

La Valeur Limite d'Exposition (VLE) traduit les concentrations maximales auxquelles peut être exposée une personne à une substance chimique dans l'atmosphère sur une durée de 15 minutes. Ces valeurs sont destinées à protéger les personnes sur les effets toxiques à court terme ou immédiat.

Le dioxyde d'azote étant issu de l'environnement extérieur, les concentrations maximales horaires rencontrées dans les locaux techniques sont sans doute du même ordre de grandeur que celles rencontrées sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli et donc nettement inférieures à la VLE fixée.

		Dioxyde d'azote - NO ₂		
		Respect de la VLE	Valeur en ambiance de travail	Période
Exposition de courte durée	Valeur Limite d'Exposition (VLE)	OUI	6 000 µg/m ³ sur 15 minutes	Maximum sur 15 minutes : Quai de la station de métro Compans Caffarelli : 233 µg/m ³ (période froide) Maximum sur 25 minutes : Rames de métro : 32 µg/m ³ (période chaude)

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Des concentrations moyennes similaires à celles relevées dans le métro parisien

Depuis janvier 2008, la RATP rend public les résultats de qualité de l'air dans les espaces ferroviaires souterrains du réseau francilien. Nous indiquons ci-après la concentration moyenne et le maximum horaire (mesuré pendant les heures de fréquentation du métro par les

usagers) en NO₂ rencontrés sur les quais des stations du réseau francilien pour les deux campagnes de mesures dans le métro toulousain.

Du 20 janvier au 29 février 2016		Concentrations en NO ₂ (en µg/m ³)	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	30	63
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	62	113
	Auber (RER ligne A)	43	97
Toulouse	Compans Caffarelli - métro ligne B	49	194

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Du 24 août au 28 septembre 2016		Concentrations en NO ₂ (en µg/m ³)	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	37	104
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	68	194
	Auber (RER ligne A)	65	159
Toulouse	Compans Caffarelli - métro ligne B	45	158

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Pour les deux périodes de mesures, les teneurs moyennes en maximales en NO₂ rencontrées sur les quais de la station de métro toulousaine Compans Caffarelli sont du même ordre de grandeur que celles relevées dans le réseau francilien.

Dans les environnements souterrains parisiens et toulousains, pendant le service voyageur, aucune

source de NO₂ n'est imputable à l'activité métro. Le NO₂ présent est issu de l'environnement extérieur. **Les variations de concentration entre les deux réseaux de métro sont sans doute imputables aux niveaux de NO₂ dans l'air ambiant extérieur et à la ventilation des stations de métro.**



ANNEXE III : RÉSULTATS DES MESURES DE BENZÈNE SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN

LES FAITS MARQUANTS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

- Respect de la valeur guide en vigueur en 2016.
- Le benzène provient majoritairement de l'extérieur mais des sources internes peuvent ponctuellement engendrer une hausse des concentrations.
- Respect de la Valeur de Moyenne Exposition fixée pour les ambiances de travail.

LE BENZÈNE : SOURCES ET EFFETS SUR LA SANTE ET L'ENVIRONNEMENT

SOURCES

Dans les lieux clos, la présence de benzène résulte à la fois des sources intérieures et du transfert de la pollution atmosphérique extérieure. Les principales sources intérieures identifiées sont les combustions domestiques et le tabagisme mais on ne peut exclure, dans certaines situations, une contribution des produits de construction, de décoration, d'ameublement ainsi que d'entretien ou de bricolage (diluants, solvants...). La contamination de l'air extérieur résulte, quant à elle, des émissions du secteur résidentiel et tertiaire – chauffage au bois notamment – du trafic routier et de certaines industries telles que la pétrochimie.

Le benzène présent dans les stations de métro provient pour beaucoup de sources extérieures (circulation automobile), et est introduit dans le métro par la ventilation. Il y a probablement dans l'enceinte du métro d'autres sources internes de benzène telles que les produits d'entretien et/ou de maintenance qui s'ajoutent au benzène en provenance de l'extérieur.

EFFETS SUR LA SANTE

Le benzène est un hydrocarbure aromatique monocyclique dont les propriétés cancérigènes sont connues depuis longtemps. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé le benzène cancérigène certain pour l'homme (groupe 1) sur la base d'excès de leucémies observés lors d'expositions professionnelles. Ce composé est également classé cancérigène de catégorie 1 par l'Union européenne et par l'Agence américaine de l'environnement (US-EPA). À ce titre, il est soumis à d'importantes restrictions d'usage.

La valeur guide de la qualité de l'air respectée pour les deux stations de métro étudiées

En moyenne sur les deux périodes de mesures, les niveaux de benzène mesurés dans le métro respectent la valeur guide de la qualité de l'air intérieur en vigueur

Cette réglementation est fixée pour une année d'exposition or, les usagers du métro toulousain sont présents dans l'enceinte du métro pendant un laps de temps assez court estimé à 1 heure maximum par jour.

		BENZÈNE		
		Respect de la valeur fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Période
Exposition de longue durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur	OUI	2 µg/m ³ en moyenne annuelle	Moyenne sur les deux périodes de mesures : Compans Caffarelli : 1.7 µg/m ³ Les Carmes : 1.9 µg/m ³

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Le benzène majoritairement en provenance de l'extérieur, mais de possibles sources ponctuelles internes.

Dans l'air extérieur, le benzène est rejeté lors de la combustion de combustibles pétroliers comme les fiouls et l'essence ou par simple évaporation sous l'effet de la chaleur (réservoirs automobiles). Il est donc principalement émis par le transport routier et dans une moindre mesure par les chauffages résidentiel/tertiaire.

Étant principalement émis par la circulation routière, les concentrations en benzène les plus élevées sont mesurées dans le centre-ville. Introduit majoritairement par la ventilation, les concentrations maximales en benzène sont également mesurées dans les stations de métro du centre ville.

Pour cette campagne de mesures, les concentrations mesurées à l'intérieur de la station de métro Compans

Caffarelli sont supérieures à celles rencontrées à l'extérieur tandis que les niveaux relevés sur le quai de la station de métro Les Carmes sont inférieures.

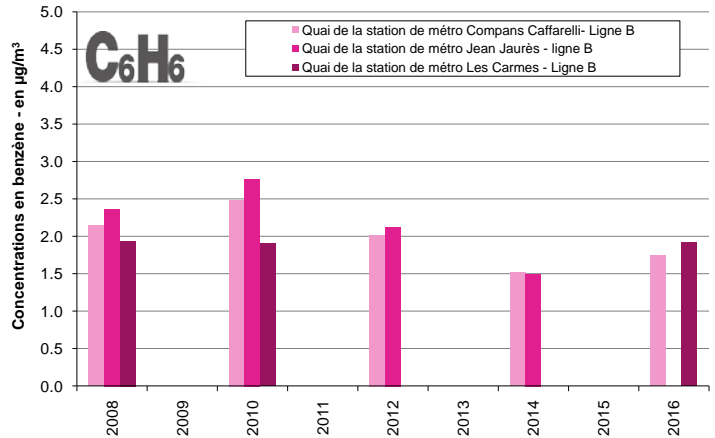
Il y a dans l'enceinte du métro des sources internes de benzène sans doute dues aux produits utilisés (entretien et/ou maintenance) qui s'ajoutent au benzène en provenance de l'extérieur. L'hypothèse émise pour expliquer ces concentrations en benzène plus élevées dans le métro en comparaison de l'extérieur est la présence de benzène dans les produits nettoyants utilisés dans le métro. L'étude réalisée en 2012 sur la composition des produits d'entretien utilisés dans le métro a confirmé la présence de Composés Organiques Volatils dans leur composition chimique.

	Concentration moyenne en benzène - en µg/m ³			
	Station de métro Compans Caffarelli		Station de métro Les Carmes	
	Quai	extérieur	Quai	extérieur
Moyenne des deux périodes de mesures	1.7	1.3	1.9	2.8

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Des niveaux stables

Les niveaux moyennés des deux périodes de mesures chaude et froide en 2016 sont du même ordre de grandeur que ceux rencontrés lors des précédentes campagnes de mesures.



Graphe 27 : Évolution des concentrations en **BENZÈNE** en moyenne sur les deux périodes mesurées dans les stations de métro de la ligne A depuis 2005.

Des concentrations quart-horaires dans les rames similaires à celles sur le quai

Pour les deux campagnes de mesures, les concentrations en benzène enregistrées dans les rames de métro sont du même ordre de grandeur que

celles relevées sur les quais des stations de métro Compans Caffarelli pendant la même période de prélèvement.

Période froide 2016: Mercredi 26 janvier 2015- Teneurs en benzène (en µg/m³)					
Rames			Quai de la station de métro Compans Caffarelli		
Heure pointe matin	Heure creuse matin	Heure pointe soir	Heure pointe matin	Heure creuse matin	Heure pointe soir
1.4	1.3	2.4	2.1	1.8	1.8
Période chaude 2016: Mercredi 14 septembre 2016- Teneurs en benzène (en µg/m³)					
Rames			Quai de la station de métro Compans Caffarelli		
Heure pointe matin	Heure creuse matin	Heure pointe soir	Heure pointe matin	Heure creuse matin	Heure pointe soir
0.8	2.4	1.4	1.5	1.7	1.7

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Benzène –respect de la Valeur de Moyenne Exposition

Les mesures en moyenne sur 15 jours ou sur 45 minutes dans les rames ne sont pas comparables à la réglementation du travail. Cependant, aux vues des teneurs maximales en benzène rencontrées dans le

métro nous pouvons considérer que les teneurs maximales quart-horaires dans les locaux techniques auraient été nettement inférieures aux valeurs fixées par le code du travail.

		Benzène		
		Respect de la VME	Valeur en ambiance de travail	Période
Exposition de longue durée	Valeur Limite de Moyenne Exposition (VME)	OUI	3 250 µg/m³ sur 8 heures	Maximum sur 1 heure et 20 minutes : Rames de métro : 2.4 µg/m³ Quai de la station de métro Compans Caffarelli : 2.1 µg/m³
				Maximum sur 15 jours : Quai de la station de métro Compans Caffarelli : 1.8 µg/m³ Quai de la station de métro Les Carmes : 2.2 µg/m³

µg/m³ : microgramme par mètre cube

CONFINEMENT

ANNEXE IV : RÉSULTATS DES MESURES DE CONFINEMENT SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN

LES FAITS MARQUANTS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

- Respect de la recommandation du règlement sanitaire départemental dans les stations de métro.
- Un niveau de confinement satisfaisant dans les stations de métro.
- Des dépassements ponctuels de la recommandation du règlement sanitaire départemental dans les rames.

LE CONFINEMENT : DEFINITION ET EFFETS SUR LA SANTE ET L'ENVIRONNEMENT

DEFINITION

Le dioxyde de carbone, est un composé chimique de formule CO₂. Dans les conditions normales de température et de pression, c'est un gaz incolore, inodore, à la saveur piquante. Le CO₂ est un gaz à effet de serre bien connu, transparent en lumière visible mais absorbant dans le domaine infrarouge, de sorte qu'il tend à bloquer la réémission l'énergie thermique reçue du soleil.

Dans l'environnement extérieur, les concentrations en CO₂ sont relativement stables et avoisinent les 400 ppm. En air intérieur, son suivi est intéressant car il s'agit d'un très bon indicateur de l'efficacité de ventilation d'un bâtiment et de son niveau de confinement.

En effet, à l'intérieur et en l'absence de sources de combustions, ce sont essentiellement les rejets de gaz carbonique par les occupants lorsqu'ils respirent qui sont à l'origine de l'augmentation des niveaux de CO₂. Le gaz carbonique est donc un indicateur du taux de renouvellement d'air pour l'air intérieur. Ainsi, dans un local mal ventilé, le CO₂ émis voit sa concentration augmenter rapidement.

La recommandation du règlement sanitaire départemental indique de ne pas dépasser 1000 ppm dans les locaux, avec une tolérance de 1300 ppm dans les locaux où il est interdit de fumer.

"Art. 64.-Ventilation mécanique ou naturelle des conduits" du règlement sanitaire départemental "(...) Dans les conditions habituelles d'occupation, la teneur de l'atmosphère en dioxyde de carbone ne doit pas dépasser 1 p.1000 avec tolérance de 1,3 p.1000 dans les locaux où il est interdit de fumer."

EFFETS SUR LA SANTE

L'analyse des études épidémiologiques et toxicologiques disponibles a conduit à identifier plusieurs impacts sanitaires liés au confinement :

- Dans les écoles, une augmentation de la fréquence de symptômes liés à l'asthme chez l'enfant peut être associée à des concentrations de CO₂ supérieures à 1000 ppm en moyenne sur une journée d'école,
- Dans les bureaux, une augmentation de la fréquence de symptômes du syndrome des bâtiments malsains (ou SBS) peut être associée à des concentrations de CO₂ supérieures à 850 ppm en moyenne sur une journée de travail.

Concernant les effets intrinsèques du CO₂, il est observé qu'une récente étude expérimentale sur 22 sujets humains adultes suggère un effet propre du CO₂ sur la performance psychomotrice (prise de décision, résolution de problèmes) à partir de 1000 ppm.

Recommandation du règlement sanitaire départemental respectée

CONFINEMENT		NIVEAU DE CONFINEMENT		
		Respect de la valeur de référence	Valeur guide	Période
Exposition de courte durée	Recommandation du règlement sanitaire départemental	OUI	1300 ppm	Niveau maximal sur 10 minutes : Compans Caffarelli : 879 ppm (période froide) Les Carmes : 959 ppm (période froide)

ppm : partie par million.

Un niveau de confinement satisfaisant dans le métro

Sur l'ensemble des mesures réalisées en 2016, les niveaux de CO₂ ont culminé à des moins de 1 000 ppm pour les deux stations de métro. Ces niveaux sont inférieurs au seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1300 ppm pour les locaux non fumeurs. Ces niveaux de dioxyde de carbone suggèrent un niveau de confinement faible dans les deux stations de métro instrumentées. Le système de ventilation dont sont

équipées les stations de métro et les tunnels permet de maintenir le CO₂ à des niveaux satisfaisants.

En dehors des heures de fonctionnement du métro, les concentrations sont restées proches du niveau de fond extérieur.

Un confinement plus important dans les rames

Lors des mesures de CO₂ dans les rames de métro, les niveaux ont été plus élevés que sur les quais. La concentration maximale atteinte sur 10 minutes a été de 1026 ppm pendant la période froide et de 1229 ppm pendant la période chaude.

Sur un pas de temps d'une minute, les variations des concentrations en CO₂ dans les rames de métro sont très importantes. Le maximum rencontré a été de 1580 ppm.

Les niveaux de CO₂ dans les rames de métro peuvent donc dépasser ponctuellement le seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1300 ppm pour les locaux non fumeurs.

Il est à noter que l'ouverture des portes palières ne permet pas un renouvellement de l'air important et donc la diminution des niveaux de CO₂ dans les rames de métro.

ANNEXE V : PROTOCOLE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ZONES ACCESSIBLES AU PUBLIC

Quais de stations de métro

Dispositif de mesures

Lors des deux campagnes de mesures, le dispositif de suivi a été installé sur les quais des stations de métro :

- Compans Caffarelli,
- Les Carmes.

Puis le dispositif de suivi a été installé :

- sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli,
- sur le demi-quai non aménagé de la station de métro Compans Caffarelli.

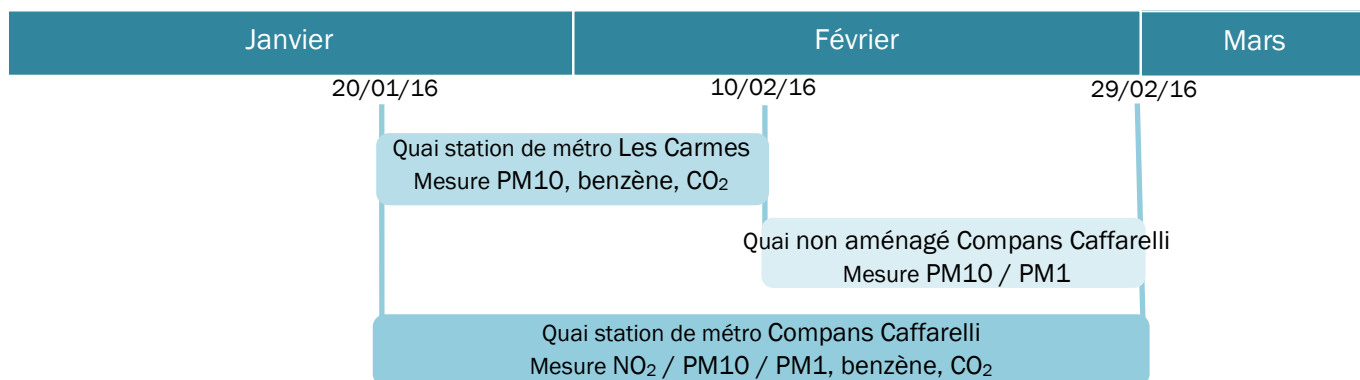


Schéma 1 : Planning de la campagne de mesures *période froide 2016*

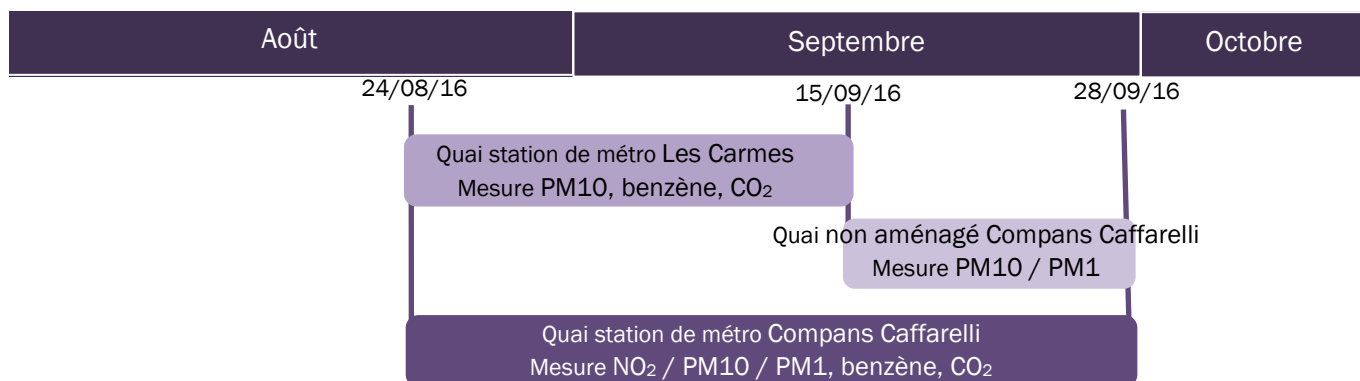


Schéma 2 : Planning de la campagne de mesures *période chaude 2016*

Les analyseurs installés permettent la mesure en continu 24h/24 et fournissent des données tous les quarts d'heure.

Ces stations ont également été équipées d'un système d'acquisition qui permet de stocker les données.

Le choix de ces sites de mesures repose sur des critères de fréquentation de la station par les usagers ainsi que sur des contraintes techniques inhérentes au fonctionnement et à la sécurité des analyseurs.

Ces mesures ont pour but de connaître la qualité de l'air respiré par les usagers en attente dans le métro.



Photo 1 : Station de mesure provisoire sur le quai d'une station de métro

Des mesures de benzène, par échantillonneurs passifs sont réalisées sur les quais des deux stations de métro instrumentées et dans l'air extérieur à l'entrée de ces stations de métro.

Les valeurs obtenues grâce à cette technique sont des concentrations moyennes du polluant mesuré dans l'air ambiant sur la période d'exposition déterminée.



Photo n°2 : Tubes à diffusion passive

Rames de métro

Les mesures faites dans les rames de métro ont pour but d'évaluer la quantité de polluants gazeux respirée par les usagers lors des trajets en métro.

L'évaluation des teneurs en oxydes d'azote et en Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques (ou BTX) dans les rames de métro était jusqu'à présent réalisée par des prélèvements actifs dans un sac Tedlar avec analyse en différé par les analyseurs sur le quai de la station de métro.

Cependant, au printemps 2008, l'ORAMIP a mené une étude afin d'évaluer l'exposition des personnes à la pollution de l'air dans différents moyens de transports : voiture, bus, métro, marche à pied et vélo. Afin de réaliser cette étude, l'ORAMIP a testé un nouveau type d'appareillage à la fois portatif et précis pour la mesure du dioxyde d'azote, des BTEX et des particules. Cet appareillage ayant donné satisfaction, nous avons décidé de l'utiliser dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air dans le métro toulousain pendant la campagne hivernale 2008-2009.

Toutefois, les résultats obtenus pour le dioxyde d'azote ont montré que cette technique de mesures engendre une sous-estimation de ses concentrations dans l'air ambiant. Ainsi, compte tenu du faible débit de prélèvement, les variations rapides de concentrations et plus particulièrement les hausses, ne sont pas prises en compte. En raison du lissage important des concentrations constatées, nous sommes revenus, pour

le dioxyde d'azote, pour la campagne estivale 2009 aux prélèvements actifs dans un sac Tedlar avec analyse en différé par les analyseurs sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli.

En revanche, nous avons conservé la technique par prélèvement actif pour le benzène. Ainsi, dans la rame de métro, l'air prélevé à l'aide d'une pompe, passe : pour le benzène, au travers d'une cartouche adsorbante thermodésorbable. Les cartouches adsorbantes sont constituées d'un tube en verre contenant deux adsorbants des COV séparés par de la laine de quartz.

Un prélèvement de dioxyde d'azote correspond à un trajet de terminus à terminus, soit un peu moins d'1 demi-heure.

Un prélèvement de BTX correspond à trois trajet de terminus à terminus, soit un peu plus d'1 heure.

Sur une journée, plusieurs prélèvements ont été réalisés à l'aide de pompes manuelles sur l'ensemble du trajet de terminus à terminus de la ligne B du métro.

Les BTEX ainsi prélevés sont analysés en différé par un laboratoire spécialisé.

Les teneurs obtenues sont représentatives de l'air respiré par les usagers à l'instant où les prélèvements ont été réalisés.

ANNEXE VIII : CHOIX DES VALEURS DE RÉFÉRENCE DE QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ENCEINTES FERROVIAIRES SOUTERRAINES POUR LE MÉTRO TOULOUSAIN

Valeurs de référence calculées à partir d'un avis du CSHPF pour les particules PM10

En se basant sur l'avis relatif à l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines du 3 mai 2001 du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), l'ORAMIP réévalue chaque année les valeurs de référence préconisées pour le métro parisien afin de les adapter au métro toulousain.

Il est à noter que les concentrations obtenues ont une représentativité limitée en termes d'exposition des personnes à la pollution atmosphérique, puisqu'elles ne tiennent compte ici que de deux types d'exposition : celle à l'air du métro et celle à l'air ambiant extérieur urbain.

La concentration limite dans le métro (Csout) à ne pas dépasser est fonction du temps passé dans le métro (Tsout), de la concentration extérieure en PM10 (en percentile 90.4 : P90.4) et de la réglementation dans l'air ambiant (CLim) qui a évolué jusqu'à atteindre en 2005 la valeur de 50 µg/m³.

Compte tenu du temps moyen passé par les usagers dans le métro, la valeur guide sur une heure.

Signalons cependant que ces concentrations maximales horaires sont mesurées sur les quais d'une station de métro, elles ne correspondent donc pas exactement à ce que respire un usager dans le métro puisque celui-ci passe par deux ou trois stations de métro – et une ou deux rames de métro.

En outre, il faut également prendre en compte les limites de ce mode de calcul liées aux hypothèses qui ont été posées pour permettre cette évaluation :

- Dans tous les milieux, à l'exception du métro, la concentration des PM10 est la même qu'en milieu extérieur.

Les teneurs en PM10 sont constantes sur une journée (abstraction des pics).

Concentration limite dans le métro (Csout) exprimée en µg/m³ à ne pas dépasser est fonction du temps passé dans le métro (Tsout)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CLim = 50 µg/m³								
	P90.4ext = 36 µg/m³	P90.4ext = 34 µg/m³	P90.4ext = 41 µg/m³	P90.4ext = 34 µg/m³	P90.4ext = 30 µg/m³	P90.4ext = 29 µg/m³	P90.4ext = 30 µg/m³	P90.4ext = 24 µg/m³
Tsout = 15 mn	1412	1602	905	1602	1950	2045	1950	2520
Tsout = 30 mn	724	818	473	818	990	1037	990	1272
Tsout = 45 mn	494	556	329	556	670	701	670	856
Tsout = 1 h	380	426	257	426	510	533	510	648

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Le temps moyen passé dans une rame de métro est de 6 minutes, temps auquel il faut ajouter l'accès à la rame et la sortie du métro. Il faut donc considérer 3 temps : 6 minutes dans une rame (temps moyen passé par les usagers du métro), 15 minutes en moyenne dans le réseau (depuis la salle des billets jusqu'à la rame et inversement, considérant les échanges lignes A et B) et

enfin 30 minutes maximum dans le métro (d'un terminus à l'autre et avec ou sans échange entre lignes A et B).

De plus, en moyenne les usagers effectuent un trajet aller/retour dans la journée soit au maximum de 1 heure d'exposition. **C'est donc la valeur guide sur une heure qui est retenue soit 648 µg/m³ pour 2016.**

La valeur guide sur une demi heure est fournie dans le tableau suivant à titre indicatif.

		PARTICULES DE DIAMÈTRE INFÉRIEUR A 10 µm			
		Conformité à la valeur guide	Temps d'exposition des usagers	Valeur guide	Période
Exposition de courte durée	Valeur guide calculée à partir de l'avis relatif à l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines du 3 mai 2001 du CSHPF	OUI	1/2 heure	1 272 µg/m ³	<p>Maximum sur une demi-heure :</p> <p>Période froide : Compans Caffarelli : 126 µg/m³ Les Carmes : 168 µg/m³</p> <p>Période chaude : Compans Caffarelli : 366 µg/m³ Les Carmes : 245 µg/m³</p>

Une valeur guide proposée par l'ANSES pour le dioxyde d'azote-

En mars 2013, l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a publié ses propositions de valeurs guides pour le dioxyde d'azote. Ces propositions correspondent aux expositions sur le court (1 heure) et le long terme (1 an).

Le temps passé par un usager dans le métro (d'un terminus à l'autre et avec ou sans échange entre lignes A et B) est de 1h maximum par jour, à raison de deux voyages par jour de 30 mn. C'est donc la **valeur guide de 200 µg/m³ fixée sur une heure** qui est utilisée.

Une valeur guide fixée par la réglementation pour le benzène

Compte tenu des connaissances actuelles sur les effets sur la santé de cet hydrocarbure, l'Agence française de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a proposé plusieurs valeurs guides de qualité d'air intérieur (VQAI), pour protéger la population de ses effets cancérigènes et non cancérigènes.

Ces valeurs guides sont des objectifs à atteindre mais ne sont pas des « valeurs de gestion » : elles n'ont pas été construites pour indiquer un ou des seuils de concentration à partir desquels des actions de protection de la santé doivent être mises en place. C'est pourquoi la direction générale de la santé (DGS) a demandé au Haut Conseil de la santé publique (HCSP) de déterminer des valeurs repères d'aide à la gestion pour différents polluants de l'air intérieur, dont le benzène. Ces valeurs sont nécessaires, d'une part pour fixer dès maintenant des niveaux à ne pas dépasser dans les bâtiments neufs ou rénovés, et d'autre part pour engager des actions

correctives dans les bâtiments existants, avec une modulation de ces actions et de leur délai de mise en œuvre en fonction des concentrations mesurées.

Considérant que l'effet cancérigène du benzène est l'effet critique à retenir pour l'établissement des valeurs repères, le HCSP a proposé de fixer trois valeurs pour les expositions chroniques sur le long terme :

- Valeur d'action rapide : 10 µg/m³ en moyenne annuelle
- Valeur repère de qualité de l'air : 5 µg/m³ en moyenne annuelle
- Valeur cible : 2 µg/m³ en moyenne annuelle

La valeur de 2 µg/m³ pour une exposition de longue durée au benzène a été reprise dans le décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène avec une mise en application le 1er janvier 2016.

ANNEXE IX : ASPECTS DE LA RÉGLEMENTATION EN AMBIANCE DE TRAVAIL

En atmosphère de travail, les normes en vigueur sont fixées par le code du travail et passent par la définition de différentes valeurs limites. A titre d'information voici quelques aspects de cette réglementation⁽²⁾:

« La prévention des maladies d'origine professionnelle demande que l'exposition des personnes aux polluants présents dans l'air des lieux de travail soit évitée ou réduite aux niveaux les plus faibles possible. Dans la pratique, il est utile de définir, pour les concentrations atmosphériques, des niveaux à ne pas dépasser. Ces niveaux ou valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) sont :

- Soit des valeurs limites admises (VL) à caractère indicatif dans le cas général ;
- Soit des valeurs limites réglementaires (VR), indicatives (VRI) ou contraignantes (VRC) pour certains composés ;
- Soit des valeurs limites recommandées par la Caisse nationale de l'assurance maladie.

Ces valeurs fournissent des repères chiffrés d'appréciation de la qualité de l'air des lieux de travail mais supposent l'élaboration préalable de méthodes d'échantillonnage et d'analyse ainsi que de la définition de critères pour l'évaluation des risques pour la santé. »

« La valeur limite d'un composé chimique représente sa concentration dans l'air que peut respirer une personne pendant un temps déterminé sans risque d'altération pour sa santé, même si des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées. Aucune atteinte organique ou fonctionnelle de caractère irréversible ou prolongé n'est raisonnablement prévisible.

Toutefois, l'expérience montre que de nouvelles pathologies continuent d'être découvertes ; c'est pourquoi il convient que les pratiques retenues visent à abaisser les niveaux d'exposition à des valeurs aussi basses que raisonnablement possible : les VL doivent être considérées comme des objectifs minimaux.

Deux types de valeurs limites ont été retenus :

- Des valeurs limites court terme (VLCT), qui sont destinées à protéger des effets des pics d'exposition. Elles se rapportent à une durée de référence de 15 minutes (sauf indication contraire). Rigoureusement, les VLE jusqu'ici utilisées en France et issus des circulaires du ministère chargé du travail sont des valeurs plafonds mesurées sur une durée maximale de 15 minutes en fonction de la nature du risque et

des possibilités de mesurage et ne sont donc pas équivalentes aux valeurs limites court terme définies par la réglementation européenne et reprises depuis 2004 dans les textes français la transposant. Cependant dans la pratique, compte tenu du fait que les mesures d'exposition destinées à vérifier le respect des VLE sont généralement effectuées sur 15 minutes, les VLE et VLCT peuvent être considérées comme équivalentes. [...] On privilégiera désormais le sigle VLCT par rapport à la VLE.

- Des valeurs limites sur 8 heures ou valeur limite de moyenne d'exposition (VME) destinées à protéger les travailleurs des effets à terme, mesurées ou estimées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures. La VME peut être dépassée sur une courte durée sous réserve de ne pas dépasser la VLCT lorsqu'elle existe. Dans ce cas, les notions de valeur de moyenne d'exposition issues des circulaires du ministère chargé du travail et de valeur limite sur 8 heures issues de réglementation européenne sont strictement identiques, le sigle VME continuera d'être utilisé.

Valeurs limites réglementaires contraignantes pour les poussières : Décret du 7 décembre 1984 (article R.232-5-5 du code du travail)

« Dans les locaux à pollution spécifique (où des substances dangereuses ou gênantes sont émises), les concentrations moyennes en poussières inhalables⁽³⁾ et alvéolaires⁽⁴⁾ de l'atmosphère inhalé par une personne, évaluées sur une période de 8 heures, ne doivent pas dépasser respectivement 10 et 5 mg/m³ d'air.

La circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 précise que ces valeurs concernent les poussières réputées sans effet spécifique, c'est-à-dire qui ne sont pas en mesure de provoquer seules sur les poumons ou sur tout autre organe ou système du corps humain d'autre effet que celui de surcharge. D'autres poussières font l'objet de VLEP particulières. [...] Parmi les poussières faisant l'objet d'une VLEP particulière on trouve notamment :

- Les silices cristallines ;
- Les amiantes (pour ce qui se rapporte à l'asbestose) ;
- Les poussières de plomb ;
- Tous les aérosols très fins (fumées), tels ceux de soudage ou de décapage thermique.»

² INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité), valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France, ED 984 aide mémoire technique, juin 2006.

³ Toutes les poussières mesurées (quel que soit leur diamètre aérodynamique).

⁴ Poussières dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 4 µm (PM4).

ANNEXE X : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU MÉTRO TOULOUSAIN

Caractéristiques de la ligne A

- 12,4 km orientés dans l'axe sud-ouest nord-est passant par le centre de Toulouse essentiellement souterrain,
- 18 stations de métro,
- rames type VAL 206 (Véhicule Automatique Léger) : 29 rames,
- rames type VAL 208 : 14 rames,
- 36 rames circulent simultanément aux heures de pointes,
- le parc est constitué de 43 rames au total,
- vitesse commerciale moyenne : 32 km/h,
- 24 minutes pour traverser Toulouse de Basso-Cambo à Balma Gramont,
- fréquence de passage de rame : de 70 secondes au minimum (aux heures de pointes) et jamais plus de 5 minutes (pendant les heures creuses).

Caractéristiques de la ligne B

- 15.8 km orientés dans l'axe nord/sud passant par le centre de Toulouse entièrement souterrain,
- 20 stations de métro,
- rames type VAL 208 (Véhicule Automatique Léger),
- 36 rames circulent simultanément aux heures de pointes,
- le parc est constitué de 43 rames au total,
- vitesse commerciale moyenne : 36 km/h,
- 24 minutes pour traverser Toulouse de Borderouge à Ramonville,
- fréquence de passage de rame : 1 minute et demie aux heures de pointes.

Caractéristiques communes aux deux lignes

Le matériel roulant est sur pneumatiques.

La ventilation des rames est assurée par des ventilateurs embarqués qui aspirent l'air du tunnel dans les plafonds des véhicules. Les rames circulent dans des ouvrages souterrains où l'air est renouvelé par ventilation mécanique. La ventilation dans toutes les stations de métro est mise en route à partir des données fournies

par des sondes de températures qui visent à maintenir une température de confort qui ne soit pas trop élevée.

- En période hivernale, les températures diurnes sont plus froides que la température de confort. La ventilation fonctionne peu.
- En période estivale, les températures diurnes sont plus élevées que la température de confort. La ventilation fonctionne.

ANNEXE XI : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES STATIONS DE MÉTRO PARISIEN

Station de métro Chatelet (métro ligne 4)

Châtelet est une station des lignes 1, 4, 7, 11 et 14 du métro de Paris ; elle est située à cheval sur les 1er et 4e arrondissements de Paris.

En 2004, elle était la dixième station la plus fréquentée du réseau, avec 12,84 millions d'utilisation soit environ 35 000 voyageurs / jour.

La ligne 4 est entièrement souterraine et située dans Paris intra-muros. La longueur totale de la ligne est de 10,6 kilomètres. Avec 26 stations, la longueur moyenne des interstations est de 424 mètres, ce qui est la plus faible valeur du réseau parisien. Elle est la seule en correspondance avec la totalité des lignes principales de métro et les cinq lignes du RER.

En 2008, le parcours complet de la ligne demande environ 30 minutes. L'intervalle moyen entre les rames les jours ouvrés est de deux à quatre minutes en journée et de cinq à sept minutes le soir.

Le parc de véhicules de la ligne 4 est composé de quarante-six rames en 2008. Les rames en circulation, les MP 59, sont montées sur pneumatique. Les MP59 constituent le plus ancien matériel roulant encore en circulation sur le réseau en 2008.

Le métro sur pneumatiques est un système de métro qui circule sur des roues équipées de pneumatique, par opposition au matériel ferroviaire classique roulant sur des roues en acier. Il nécessite une voie spécialement aménagée.

Station de métro Franklin D Roosevelt (métro ligne 1)

Franklin D. Roosevelt est une station des lignes 1 et 9 du métro de Paris ; elle est située dans le 8e arrondissement de Paris.

En 2004, elle était la treizième station la plus fréquentée du réseau, avec 12,19 millions d'entrants directs soit environ 33 000 voyageurs / jour.

La ligne 1 du métro de Paris, première ligne française dont le premier tronçon a été ouvert en 1900 lors de l'exposition universelle, relie aujourd'hui la station La Défense à l'ouest, à la station Château de Vincennes, à l'est et traverse 6 communes. Avec une longueur de 16,5 kilomètres, elle constitue une voie de communication est-ouest majeure pour la ville de Paris : c'est historiquement la ligne de métro la plus fréquentée du réseau.

Elle dessert 256 stations, la longueur moyenne des interstations est de 688 mètres.

La ligne 1 est presque entièrement souterraine, à l'exception de la station Bastille et d'un tronçon aérien pour le franchissement de la Seine au milieu du pont de

Les rames sont équipées de bogies dont les essieux conservent les roues en acier classiques et comportent en outre deux roues, de même diamètre, équipées de pneumatiques et situées à l'extérieur des précédentes. Les roues à pneus assurent les fonctions de traction et de freinage, celles en acier servent en cas de secours (crevaisin) ainsi qu'au guidage lors du franchissement des aiguillages et pour le retour du courant électrique de traction. Les bogies comportent également des roues horizontales plus petites assurant le guidage latéral des véhicules.

La voie comporte deux rails en acier, comme toute voie ferrée, et de ce fait autorise la circulation de matériel ferroviaire classique, notamment pour les opérations d'entretien, et deux pistes de roulement dont la largeur est adaptée à celle des pneumatiques. Elle comporte en outre un rail latéral servant à la fois au captage du courant par frotteurs et de piste de roulement pour les roues horizontales. Le retour du courant de traction s'effectue par les rails classiques.

Le système VAL fonctionne également selon ce principe, mais les rames ne disposent pas de roues en acier, les voies n'étant dotées que de pistes pour pneumatiques et non de rails classiques. Les aiguillages sont franchis grâce à un système différent, un appareil de guidage situé dans l'axe de la voie.

Neuilly, entre les stations Esplanade de la Défense et Pont de Neuilly.

En 2008, le parcours complet de la ligne demande trente-cinq minutes. L'intervalle moyen entre les rames les jours ouvrés est de deux à quatre minutes en journée et de cinq à sept minutes le soir.

Le parc de véhicules de la ligne 1 est composé de cinquante-deux rames en 2007. Les rames en circulation, les MP89CC (CC pour Conduite Conducteur (manuelle)), sont montées sur pneumatique.

En 2010, la ligne 1 deviendra la première ligne majeure d'un réseau métropolitain existant dans une capitale à être intégralement automatisée. Dans le cadre de la modernisation et de cette ligne la station Franklin D Roosevelt est en travaux jusque fin 2008. Les quais de cette station seront entièrement rénovés comme l'ensemble des quais de la ligne. Ils seront équipés de portes palières fin 2008.

Station de RER Auber (RER ligne A)

La gare Auber est une gare ferroviaire du 9^e arrondissement de Paris.

Elle est desservie à raison :

- de 12 trains par heure le samedi et le dimanche, 18 trains/heure aux heures creuses du lundi au vendredi, et de 24 à 30 trains/heure aux heures de pointe soit un train toutes les 2 minutes sur le sens le plus chargé. En soirée, c'est 8 trains par heure.

La ligne A du RER, est une ligne du réseau express régional d'Île-de-France qui traverse d'est en ouest l'agglomération parisienne, avec plusieurs embranchements. Elle relie Saint-Germain-en-Laye (branche A1), Cergy (branche A3) et Poissy (branche A5) à l'ouest, à Boissy-Saint-Léger (branche A2) et Marne-la-Vallée (branche A4) à l'est, en passant par le cœur de Paris.

D'une longueur de 108 km, elle dessert au total 46 gares dont 5 dans Paris intra-muros et traverse 41 communes. La longueur moyenne des interstations est de 2 360 mètres

Elle est de loin la plus chargée du réseau avec un million de voyageurs par jour ouvrable et régulièrement proche de la saturation, ce qui en fait également une des lignes au trafic les plus denses du monde. Elle assure à elle seule plus d'un quart du trafic ferroviaire de la banlieue parisienne.

Le RER A est exploité à l'aide de trois types de matériels roulants différents roulant sur des roues en acier :

- 125 rames MS 61 ;
- 65 rames MI 84 ;
- 43 rames MI 2N (à deux niveaux).

Surveillance de la qualité de l'air

24 heures/24 • 7 jours/7

• • prévisions • •

• • mesures • •



**L'information
sur la qualité de l'air :**

www.atmo-occitanie.org