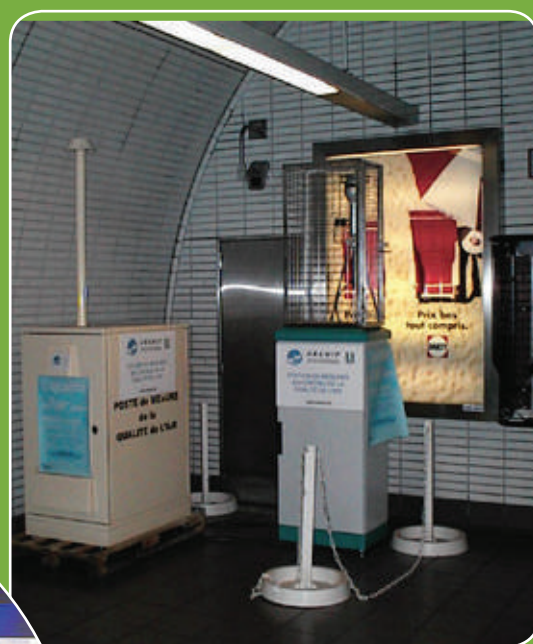
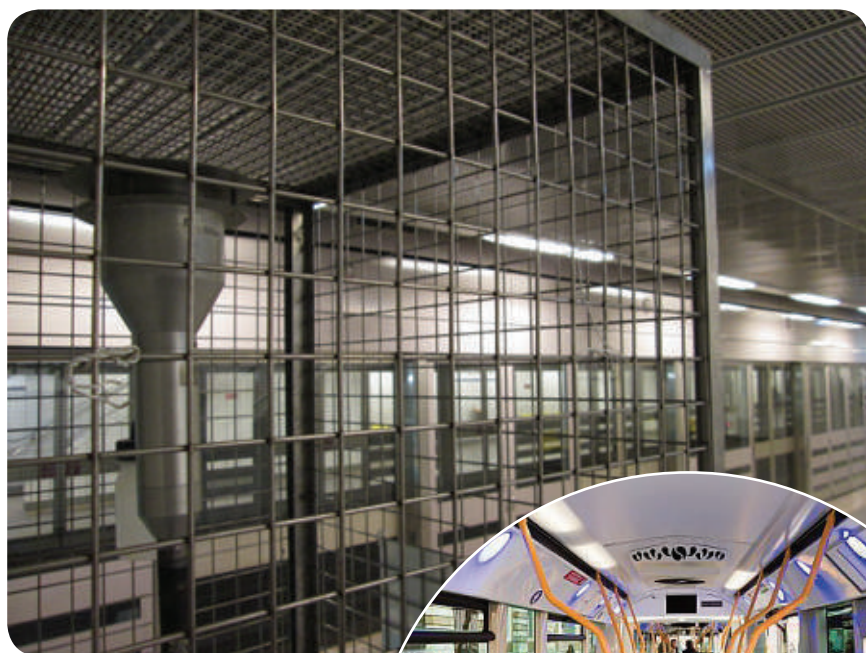




Plan de surveillance de la qualité de l'air dans le métro toulousain



ORAMIP

19 avenue Clément Ader
31770 COLOMIERS
Tél : 05 61 15 42 46

contact@oramip.org - <http://oramip.atmo-midipyrenees.org>

CONDITIONS DE DIFFUSION

ORAMIP Atmo - Midi-Pyrénées, est une association de type loi 1901 agréée par le Ministère de l'Écologie, 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 Midi-Pyrénées. ORAMIP Atmo-Midi-Pyrénées 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'État français et de l'article L.220-1 du Code de l'environnement. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement.

ORAMIP Atmo-Midi-Pyrénées 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 www.oramip.org.

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle de ORAMIP Atmo Midi-Pyrénées. Toute utilisation partielle ou totale de données ou d'un document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit obligatoirement faire référence à ORAMIP Atmo-Midi-Pyrénées.

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

Par ailleurs, ORAMIP Atmo-Midi-Pyrénées 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 l'ORAMIP :

- depuis le formulaire de contact sur le site <http://oramip.atmo-midipyrenees.org>
- par mail : contact@oramip.org
- par téléphone : 05.61.15.42.46

SOMMAIRE

SYNTHÈSE DE LA CAMPAGNE DE MESURES - ANNÉE 2015.....	3
ANNEXE I : RÉSULTATS DES MESURES DE PARTICULES SUR LA LIGNE A DU MÉTRO TOULOUSAIN	6
ANNEXE II : RÉSULTATS DES MESURES DE DIOXYDE D'AZOTE SUR LA LIGNE A DU MÉTRO TOULOUSAIN	18
ANNEXE III : RÉSULTATS DES MESURES DE BENZÈNE SUR LA LIGNE A DU MÉTRO TOULOUSAIN ...	23
ANNEXE IV : RÉSULTATS DES MESURES DE CONFINEMENT SUR LA LIGNE A DU MÉTRO TOULOUSAIN	27
ANNEXE V : PROTOCOLE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ZONES ACCESSIBLES AU PUBLIC.....	30
ANNEXE VI : METHODOLOGIE D'EVALUATION DE L'IMPACT DE LA VENTILATION SUR LES NIVEAUX DE PARTICULES DANS LE METRO	32
ANNEXE VII : METHODOLOGIE D'EVALUATION DE L'IMPACT DU FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION PENDANT DES TRAVAUX SUR LES NIVEAUX DE PARTICULES DANS LE MÉTRO	34
ANNEXE VIII : CHOIX DES VALEURS DE RÉFÉRENCE DE QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ENCEINTES FERROVIAIRES SOUTERRAINES POUR LE MÉTRO TOULOUSAIN.....	36
ANNEXE IX : ASPECTS DE LA RÉGLEMENTATION EN AMBIANCE DE TRAVAIL.....	38
ANNEXE X : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU MÉTRO TOULOUSAIN	39
ANNEXE XI : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES STATIONS DE MÉTRO PARISIEN.....	40

SYNTHÈSE DE LA CAMPAGNE DE MESURES - ANNÉE 2015

L'Autorité Organisatrice des Transports de l'agglomération toulousaine TISSO-SMTC 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, l'ORAMIP réalise, en partenariat avec Tisseo-SMTC, 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.

Le dioxyde d'azote et le benzène proviennent de l'extérieur et sont introduits dans le métro par la ventilation tandis que les particules sont en grande partie produites par l'activité de transport (nombre de rames en circulation, roulement, freinage mécanique...). Les niveaux de particules mesurés dans le métro dépendent également de la puissance de la ventilation mécanique et de sa durée de fonctionnement. Lors des campagnes de mesures, il est donc apparu que la ventilation peut sans doute jouer un rôle important dans l'abaissement des niveaux de concentration en particules.

Les concentrations en particules les plus élevées sont principalement mesurées pendant le pic du soir qui couvre la période allant de 16h30 à 22h30 (heures locales) ainsi que, dans une moindre, proportion pendant l'heure de pointe du matin d'une durée d'environ 1 heure.

Jusqu'à 2014, il n'était pas possible de changer la programmation de la ventilation tunnel de la ligne A.

Depuis 2015, il est désormais possible de forcer la ventilation sur des plages horaires. Du fait de cette évolution, les mesures de qualité de l'air réalisées dans l'enceinte de la ligne A du métro ont pour objectif :

- La poursuite le programme de surveillance de la qualité de l'air dans le métro toulousain en ciblant certaines actions,
- Le test de deux protocoles différents de fonctionnement de la ventilation, axés sur les périodes de pics de particules afin de déterminer si cela a un impact sur les niveaux de concentration en particules.

En outre, pendant l'été 2015 (du 15 juillet au 23 août), des travaux de rénovation des voies ont été réalisés induisant la fermeture de la portion Basso-Cambo - Jean Jaurès.

Pendant ces travaux, les niveaux de particules dans le métro étaient attendus à des niveaux de l'ordre de ceux rencontrés pendant la nuit (horaires de fermeture du métro).

Une campagne de mesures des particules a été réalisée afin de déterminer si l'arrêt du métro pendant une longue période associée au fonctionnement de la ventilation permet la réduction des niveaux de particules dans l'enceinte du métro lors de sa remise en fonctionnement.

Dans le cadre de cette nouvelle campagne de mesures sur la Ligne A du métro, les mesures ont été réalisées :

- sur le quai de la station de métro Esquirol
- sur le quai de la station de métro Mirail Université,
- 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 PM2,5

Valeur guide en PM10 ponctuellement dépassée sur le quai de la station de métro Esquirol

Les deux campagnes de mesures ont couvert 1/3 de l'année 2015.

Sur le quai de la station de métro Mirail Université, aucune concentration horaire glissante supérieure à la valeur guide n'a été constatée. **Cette valeur guide a été très ponctuellement dépassée (0,2 % de la période) sur le quai de la station de métro Esquirol.**

Les particules émises par l'activité du métro

Les concentrations en particules, PM10 et PM2,5 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...)

L'étude des niveaux de particules PM10 dans les stations de métro les plus fréquentées de la ligne A faite pendant l'hiver 2013 - 2014 a montré une certaine hétérogénéité des concentrations en fonction des stations de métro. La station de métro Jolimont ouverte sur l'air ambiant est ainsi 4 fois moins exposée aux particules que les stations de métro Esquirol, Capitole ou Mirail Université.

Le nombre de rames en circulation joue un rôle prépondérant dans les niveaux de concentration en particules PM10 dans les stations de métro. Cependant, nous avons établi que la relation entre le nombre de rames en circulation et les niveaux de

particules est différente selon la station de métro envisagée. D'autres facteurs, tels que les débits de ventilation, la façon dont freine les rames de métro et la configuration de la station de métro semblent également avoir un impact variable selon les stations de métro, qui ne peut actuellement être quantifié, sur les niveaux de particules rencontrés dans les stations de métro.

Pour toutes les stations de métro, le volume des stations de métro peut être un paramètre jouant sur les niveaux de concentration en particules PM10 mesurés. La connaissance de ce paramètre pourrait permettre une meilleure compréhension des écarts de concentration en particules mesurés.

Pas de diminution forte des niveaux malgré le changement des systèmes de ventilation

En comparaison de 2013, les niveaux de particules sont en baisse de :

- -20% pour les PM10 par rapport aux niveaux moyens mesurés sur les années précédentes. Elle est essentiellement due à la baisse des niveaux de concentration rencontrés en période froide.
- -29% pour les PM2,5 par rapport à 2013 avec une diminution relativement homogène des concentrations sur les deux périodes de mesures.

Ces résultats ne mettent pas en évidence une augmentation nette du renouvellement de l'air dans les stations de métro de la ligne A et ce malgré le changement des systèmes de ventilation tunnels en 2014. Des informations sur les débits de ventilation des ventilateurs stations de métro et tunnels (avant et après leur changement) ainsi que sur les plages de fonctionnement réelles des ventilateurs permettraient une meilleure compréhension des observations faites

Pas de diminution significative des concentrations grâce au fonctionnement de la ventilation aux heures de pointe en période froide

La modification des plages horaires de fonctionnement de la ventilation tunnel de la station de métro Esquirol n'a pas induit de baisse significative des niveaux moyens et des pics de concentration en particules sur le quai de cette station.

Pas d'impact visible de la ventilation sur l'extraction des particules des tunnels

Le fonctionnement de la ventilation du tunnel adjacent à la station de métro Mirail Université en mode extraction grande vitesse pendant 4 heures tous les jours pendant les travaux du métro n'a pas induit de baisse significative des niveaux de concentration en particules sur le quai de cette station.

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

(250 µg/m³ pour la station de métro Esquirol et 251 µg/m³ pour la station de métro Mirail Université).

Le dioxyde d'azote NO₂

Respect de la valeur guide applicable en air intérieur

La concentration maximale horaire de 59 µg/m³ en moyenne glissante mesurée sur le quai de la station de métro Esquirol est nettement inférieure à la valeur guide. De même, dans les rames de métro : la concentration maximale sur 25 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 Esquirol, la concentration maximale quart-horaire de 77 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 (21 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 (Esquirol : 1,9 µg/m³, Mirail Université : 2,3 µg/m³) est inférieure à la valeur guide de qualité de l'air applicable en 2015 (5 µg/m³).

Les niveaux relevés sur le quai de la station de métro Mirail Université sont supérieurs à la valeur guide de la qualité de l'air intérieur qui sera applicable au 1^{er} janvier 2016.

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 ($13.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 ($3250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures).

Le confinement

Recommandation du règlement sanitaire départemental respectée

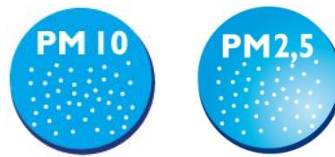
Sur les deux périodes de mesures, les niveaux de CO_2 ont culminé à environ 1 148 ppm pour la station de métro Esquirol et à 1 037 ppm pour la station de métro Mirail Université. Ils sont inférieurs au seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1300 ppm.

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 A suggèrent un niveau de confinement faible. Le système de ventilation dont sont équipées les stations de métro permet de maintenir le CO_2 à des niveaux satisfaisants.

Un niveau de confinement plus élevé dans les rames de métro

Dans les rames de métro, les niveaux de CO_2 rencontrés sont généralement plus élevés que sur les quais. La concentration maximale atteinte a été de 1802 ppm. Les niveaux de CO_2 dans les rames de métro peuvent donc ponctuellement dépasser le seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1300 ppm.



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

LES FAITS MARQUANTS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

Les particules PM10

- Dépassements ponctuels (0,2 % de la période) de la valeur guide sur le quai de la station de métro Esquirol.
- Respect de la valeur guide sur une heure sur le quai de la station de métro Mirail Université.
- Respect de la Valeur Limite de Moyenne Exposition fixée par les ambiances de travail.

Les particules PM2,5

- Concentrations moyennes supérieures à la valeur limite applicable à l'air ambiant extérieur.

Les particules

- Pas de diminution significative des niveaux de particules dans les stations de métro ligne A malgré le changement des systèmes de ventilation tunnels en 2014.
- Pas d'impact sur les niveaux de particules de la modification des créneaux horaires de fonctionnement de la ventilation en période froide.
- Pas d'impact, sur les niveaux de particules, du fonctionnement de la ventilation du tunnel adjacent à la station de métro Mirail Université en mode extraction grande vitesse pendant 4 heures tous les jours pendant les travaux.

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 (PM2,5) 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 – des dépassements ponctuels de la valeur guide

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 1/3 de l'année 2015.

La valeur guide a été respectée sur le quai de la station de métro Mirail Université sur toute la période de mesures.

Sur le quai de la station de métro Esquirol, la valeur guide a été très ponctuellement dépassée (0,2% de la période).

		PARTICULES DE DIAMETRE INFERIEUR 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	NON	1 heure	510 µg/m ³	Maximum sur une heure glissante : Période froide : Esquirol : 377 µg/m ³ Mirail Université : 333 µg/m ³ Période chaude - du 16/07 au 21/09: Esquirol : 641 µg/m ³ Mirail Université : 363 µg/m ³

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Les particules de diamètre inférieur à 2.5 µm – Respect de la valeur limite applicable à l'air ambiant extérieur

Il n'existe pas de valeur guide concernant l'exposition aux PM2,5 dans l'air intérieur. A titre d'information, nous indiquons comment se situent les concentrations en PM2,5 relevées par rapport à la réglementation en air ambiant extérieur.

Les niveaux de particules PM2,5 en moyenne sur les 2 périodes de mesures sont supérieurs aux valeurs réglementaires fixées pour l'air ambiant extérieur.

		PARTICULES DE DIAMETRE INFERIEUR A 2,5 µm		
		Comparaison à la valeur fixée pour l'air extérieur	Valeur fixée pour l'air extérieur	Période
Exposition de longue durée	Valeur limite	SUPERIEUR	25 µg/m ³ en moyenne annuelle	Moyenne sur les 2 périodes : Esquirol : 54 µg/m ³
	Objectif de qualité	SUPERIEUR	10 µg/m ³ en moyenne annuelle	Moyenne sur les 2 périodes: Esquirol : 54 µg/m ³

µg/m³ : microgramme par mètre cube

L'activité du métro émettrice de particules

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 A faite pendant l'hiver 2013 - 2014 a montré une certaine hétérogénéité des concentrations en fonction des stations de métro.

Les stations de métro Esquirol, Capitole et Mirail Université présentent des niveaux moyens proches. La station Arènes présente des niveaux en moyenne 28% plus faibles. La station de métro Jolimont est 4 fois moins exposée aux particules que les stations de métro Esquirol, Capitole ou Mirail Université. Le caractère ventilé de cette station (station située au 1^{er} étage et ouverte sur l'extérieur) explique ces résultats.

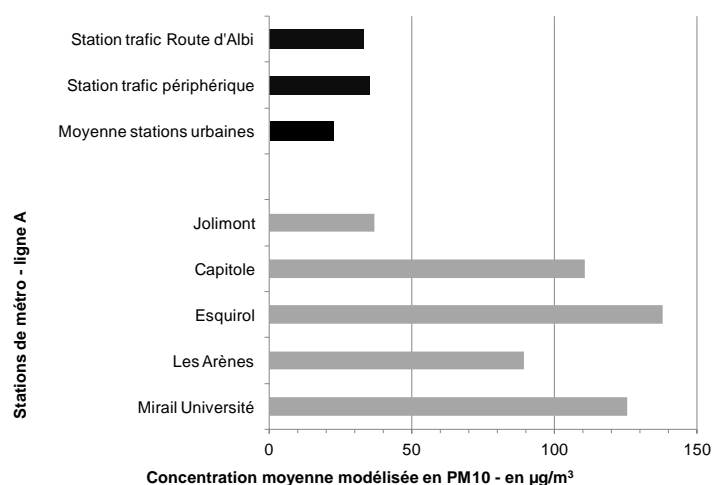
Le nombre de rames en circulation joue un rôle prépondérant dans les niveaux de concentration en particules PM10 dans les stations de métro. Cependant, nous avons établi que la relation entre le nombre de rames en circulation et les niveaux de particules est différente selon la station de métro envisagée. D'autres facteurs, tels que les débits de ventilation, la façon dont freine les rames de métro et la configuration de la station de métro semblent également avoir un impact variable selon les stations de métro, qui ne peut actuellement être quantifié, sur les niveaux de particules rencontrés dans les stations de métro.

Pour toutes les stations de métro, le volume des stations de métro peut être un paramètre jouant sur les niveaux de concentration en particules PM10 mesurés. La connaissance de cette donnée pourrait permettre une meilleure compréhension des écarts de concentration en particules mesurés.

Stations de métro - Ligne A	Concentrations moyenne en PM10 évaluées sur certaines stations de métro de la ligne A au cours de l'hiver 2013-2014				
	Mirail Université	Les Arènes	Esquirol	Capitole	Jolimont
Concentration moyenne modélisée - décembre 2013 (µg/m ³)	125	89	138	111	37

Les niveaux moyens relevés dans les stations de métro Mirail Université, Esquirol, Capitole les Arènes sont 2,5 à 4 fois supérieurs à ceux mesurés en air extérieur.

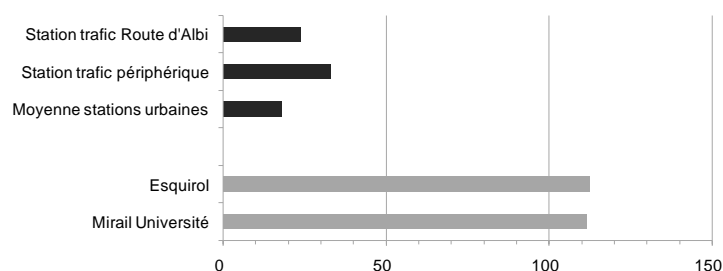
Ces résultats ont confirmé le caractère confiné de cette ligne de métro.



Graph 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 2015, les concentrations en PM10 mesurées sur les quais des 2 stations de métro de la ligne A sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en 2013. Elles sont ainsi 3,5 fois supérieures à ceux mesurés en air extérieur.

Les concentrations en PM2,5 mesurées sur le quai de la station de métro, 61 µg/m³ en moyenne sur les deux périodes de mesures, sont également nettement supérieures à celles mesurées en air extérieur (12 µg/m³).



Graph 2 : Concentration moyenne en **PM10** dans les stations de métro et comparaison aux concentrations mesurées dans l'air ambiant extérieur - période froide 2015

Peu de variation entre les concentrations hivernales et les concentrations estivales

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, les températures mesurées dans la station de métro n'induisent pas le déclenchement de la ventilation. Les niveaux de particules émises par l'activité métro sont élevés.

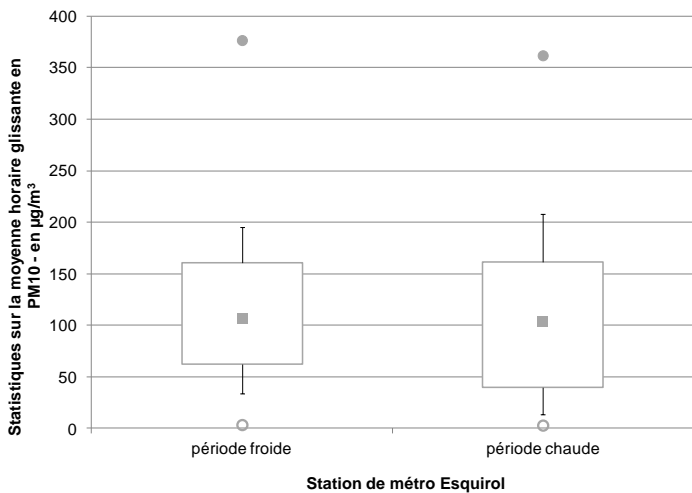
Pendant la saison chaude, les températures dans les stations de métro induisent le déclenchement quasi continu de la ventilation. Les particules émises par l'activité métro sont diluées grâce à l'apport d'air extérieur moins chargé. Les niveaux de particules sont ainsi plus faibles.

En 2014, les niveaux mesurés sur la ligne B en période froide ont fortement diminué en comparaison des résultats rencontrés lors des précédentes campagnes

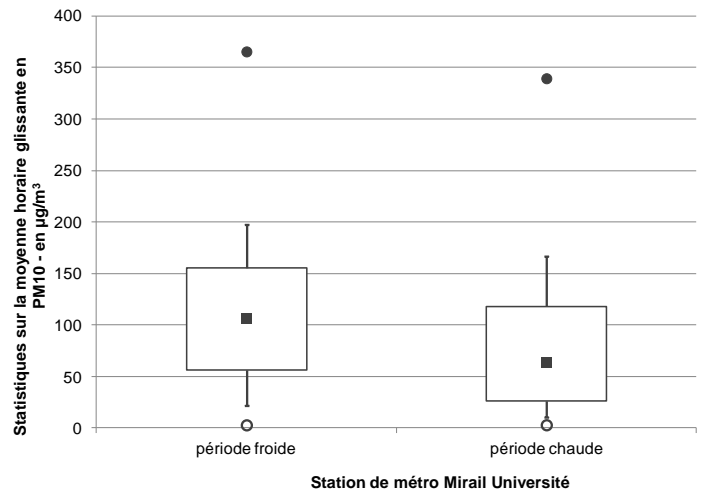
de mesures. Ils sont ainsi similaires à ceux observés en période chaude.

En 2015, la même observation est faite pour les quais de la station de métro Esquirol. **Les niveaux de particules PM10 et PM2,5 mesurés en période froide sont ainsi du même ordre de grandeur que ceux rencontrés en période chaude alors que, selon les indications de l'exploitant, les plages horaires de fonctionnement de la ventilation sont plus importantes en période chaude.**

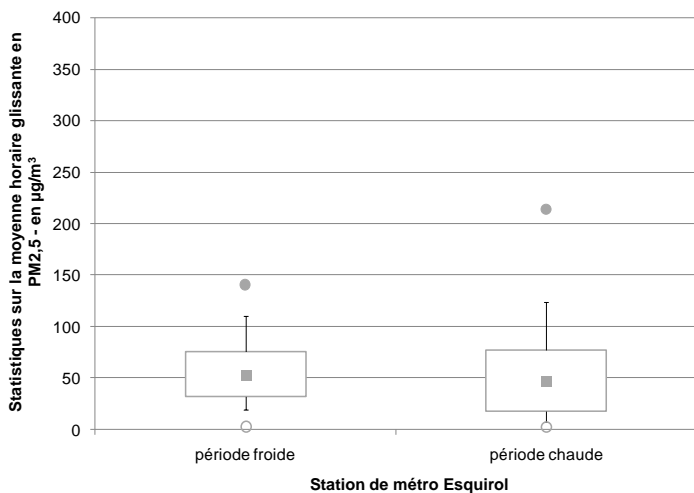
Les graphiques suivants présentent sous forme de boxplot la répartition des concentrations en PM10 mesurées dans les deux stations de métro Esquirol et Mirail Université - Ligne A. Pour les deux stations de mesures, l'écart des concentrations rencontrées entre la période froide et la période chaude est assez faible.



Station de métro Esquirol
 Graphe 3 : Répartition des concentrations en PARTICULES PM10 mesurées dans la station de métro ESQUIROL.

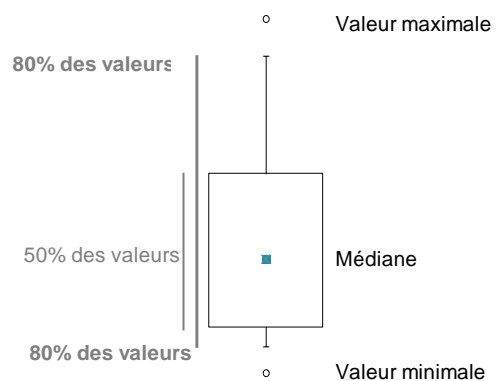


Station de métro Mirail Université
 Graphe 5 : Répartition des concentrations en PARTICULES PM10 mesurées dans la station de métro MIRAIL UNIVERSITE.



Station de métro Esquirol
 Graphe 4 : Répartition des concentrations en PARTICULES PM2,5 mesurées dans la station de métro ESQUIROL.

Lecture du boxplot



Des concentrations en légère baisse en 2015

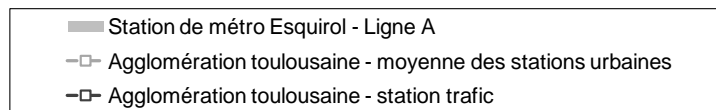
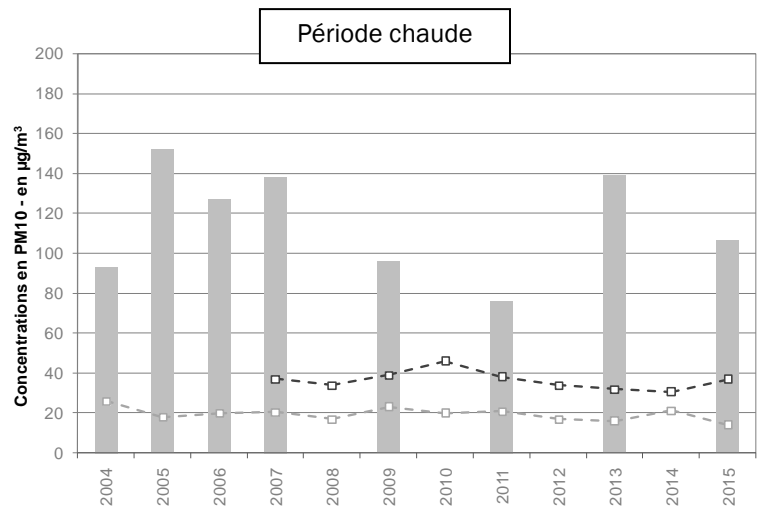
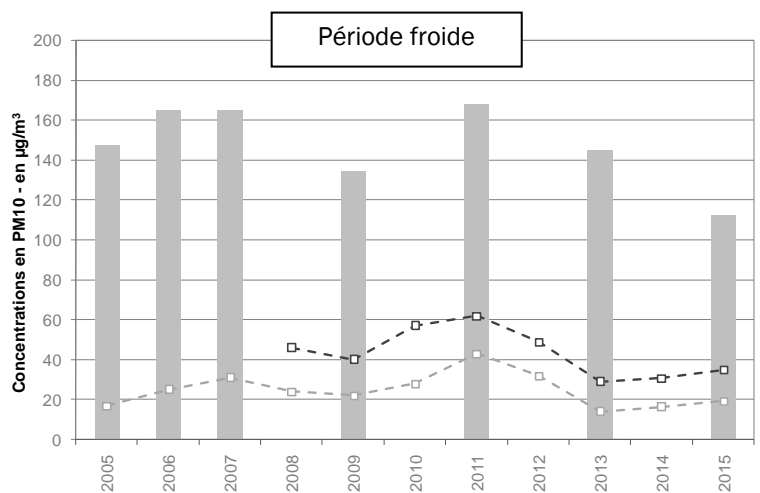
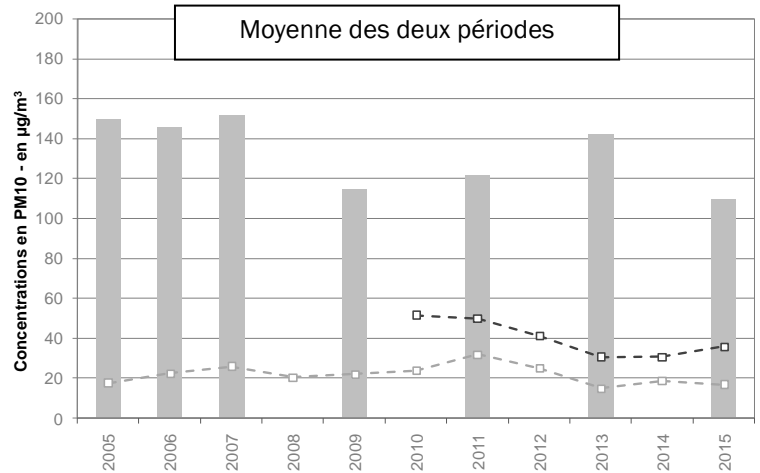
Les concentrations moyennées en particules des deux périodes de mesures de l'année 2015 sont plus faibles en comparaison des années précédentes. Cette baisse est de :

- 20% pour les PM10 par rapport aux niveaux moyens mesurés sur les années précédentes. Elle est essentiellement due à la baisse des niveaux de concentration rencontrés en période froide, période pendant laquelle les ventilateurs fonctionnent peu.
- 29% pour les PM2,5 par rapport à 2013 avec une diminution relativement homogène des concentrations sur les deux périodes de mesures.

Les concentrations en particules mesurées sur les quais de la station de métro Esquirol, pendant la période froide, sont les plus faibles relevées depuis le début de la surveillance de la ligne A (en 2004 pour les PM10 et en 2013 pour les PM2,5). La baisse des niveaux de particules est de l'ordre de 25% pour les PM10 et les PM2,5.

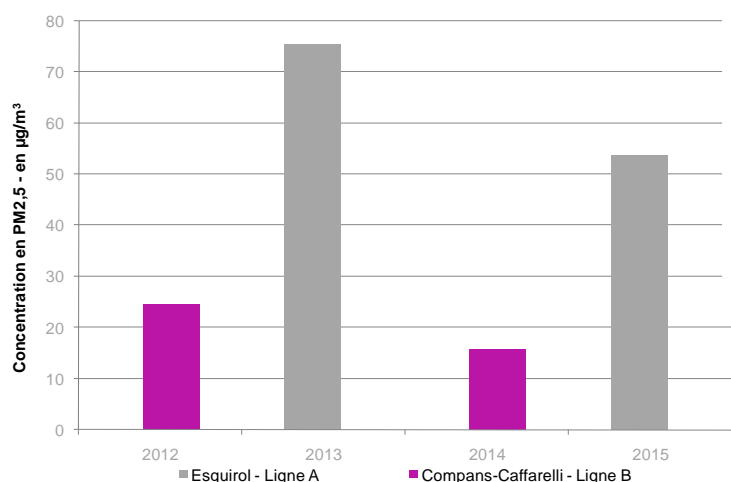
Les concentrations en PM10 mesurées dans les deux stations de métro au cours du mois de septembre 2015 sont du même ordre de grandeur que celles mesurées lors des précédentes campagnes de mesures. En comparaison des niveaux moyens mesurés sur les précédentes campagnes de mesures en période chaude, les niveaux de particules ont diminué de 13%.

Pour les PM2,5 les niveaux de concentration sont en baisse plus nette en comparaison de 2013 (-32%).

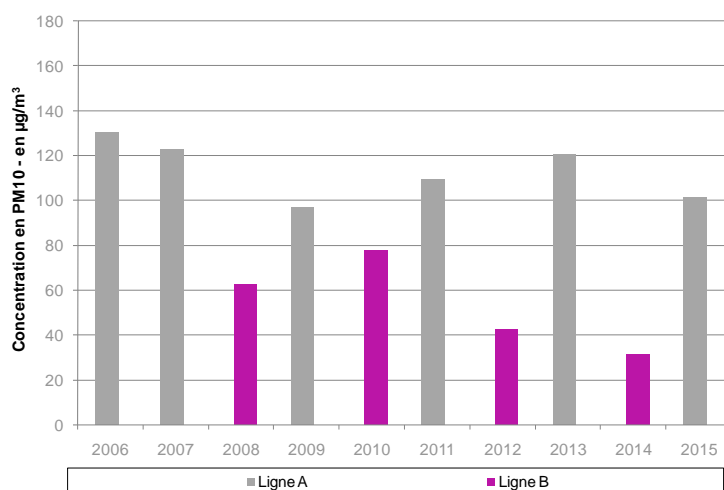


Graphes 6 : Évolution des concentrations en **PM10** mesurées dans les stations de métro de la ligne A depuis 2005 et comparaison avec les concentrations rencontrées dans l'air ambiant.

Malgré la diminution des concentrations en particules dans le métro ligne A, les niveaux mesurés restent nettement supérieurs à ceux rencontrés sur la ligne B.



Graph 7 : Evolution des concentrations en **PM2,5** mesurées dans les stations de métro depuis 2012.



Graph 8 : Evolution des niveaux en **PM10** mesurées dans les deux lignes de métro depuis 2005.

Ces différents résultats ne mettent pas en évidence une augmentation nette du renouvellement de l'air dans les stations de métro de la ligne A et ce malgré le changement des ventilateurs tunnels en 2014. Des informations sur les débits de ventilation des

ventilateurs stations de métro et tunnels (avant et après leur changement) ainsi que sur les plages de fonctionnement réelles des ventilateurs permettraient une meilleure compréhension des observations faites.

Pas de diminution significative des concentrations grâce au fonctionnement de la ventilation aux heures de pointe en période froide

Le protocole technique d'évaluation de l'impact de la ventilation sur les niveaux de particules dans le métro est décrit dans l'annexe VI.

En moyenne sur les trois phases étudiées, les niveaux de concentration sont du même ordre de grandeur que ceux rencontrés pour la station de métro Mirail Université. La modification des plages horaires de fonctionnement de la ventilation tunnel de la station de métro Esquirol n'induit pas de baisse significative des niveaux moyens en particules sur le quai.

		Moyenne des concentrations en particules PM10 mesurées sur les quais des stations de métro Esquirol et Mirail Université pour chaque phase de test de ventilation		
		Phase 1 Fonctionnement normal de la ventilation	Phase 2 Fonctionnement ventilation 1 heure le matin / 1 heure le soir	Phase 3 Fonctionnement ventilation 2 heures le soir
Moyenne	Station de métro Esquirol	101	122	113
	Station de métro Mirail Université	106	120	109

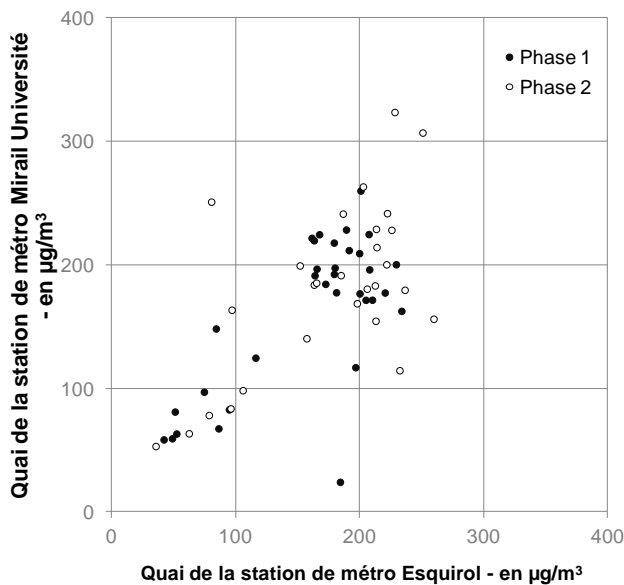
Les concentrations quart-horaires qui auraient été mesurées sur le quai de la station de métro Esquirol si la ventilation tunnel n'avait pas été modifiée pour les phases 2 et 3 ont été calculées à l'aide d'un modèle de régression linéaire multiple.

La comparaison des concentrations mesurées pendant ces deux phases avec les concentrations modélisées ne met pas en évidence de variation significative des niveaux de particules sur le quai de la station de métro Esquirol par le réglage de la ventilation tunnel (voir graphes en annexe VI).

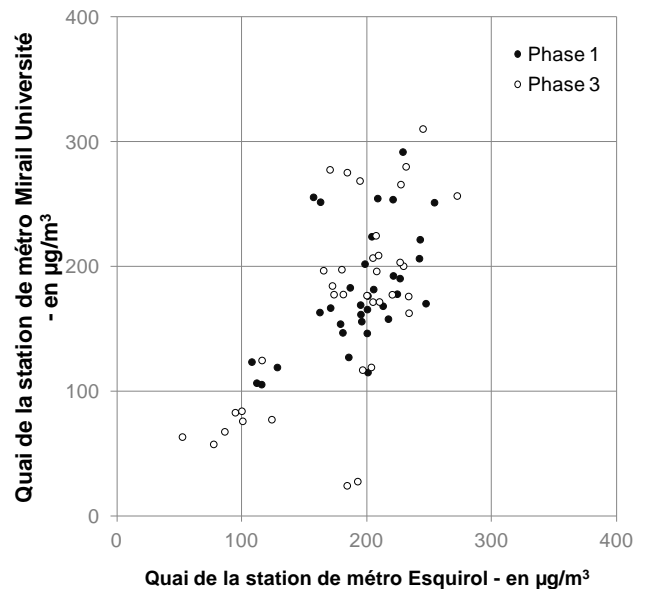
Pendant la période de mesures, la ventilation tunnel a fonctionné deux heures pendant les phases 2 et 3. Ce fonctionnement n'a pas induit de diminution significative des niveaux moyens de particules mesurées sur le quai de la station de métro Esquirol.

Il a cependant pu réduire ponctuellement les concentrations en particules relevées sur le quai de la station de métro aux heures de fonctionnement de la ventilation.

Les maxima horaires relevés pendant les phases 2 et 3 apparaissent similaires à ceux mesurés pendant la phase 1. **Le fonctionnement de la ventilation tunnel pendant 2 x 1 heure ou pendant 2 heures simultanées aux heures de pointe n'induit pas de diminution significative des concentrations moyennes horaires mesurées sur le quai de la station de métro Esquirol**



Graph 9 : Comparaison des concentrations horaires en PM10 relevées sur les quais de la station de métro Esquirol et de Mirail Université à 9h00 - 10h00 et 18h00 - 19h00



Graph 10 : Comparaison des concentrations horaires en PM10 relevées sur les quais de la station de métro Esquirol et de Mirail Université entre 18h00 et 20h00

Pas d'impact visible de la ventilation tunnel sur l'extraction des particules

Le protocole technique d'évaluation de l'impact du fonctionnement de la ventilation du tunnel adjacent à la station de métro Mirail Université en mode extraction grande vitesse pendant 4 heures tous les jours pendant les travaux sur les niveaux de particules dans cette station de métro est décrit dans l'annexe VII.

En moyenne sur les deux phases étudiées, les niveaux de concentration mesurés dans la station de métro Esquirol sont 25% plus élevés que ceux rencontrés pour la station de métro Mirail Université. **Le fonctionnement de la ventilation n'induit pas de baisse significative des niveaux moyens en particules sur le quai.**

Moyenne des concentrations en particules PM10 mesurées sur les quais des stations de métro Esquirol et Mirail Université lors de la phase 1 et de la phase 3					
		Phase 1 Avant travaux	Phase 2 Travaux	Phase 3 Après travaux	Comparaison Phase 3 / phase 1
Moyenne	Station de métro Esquirol	75	Fonctionnement ventilation tunnel Mirail Université	109	25%
	Station de métro Mirail Université	56		83	

Les concentrations qui auraient été mesurées sur le quai de la station de métro Mirail Université s'il n'y avait pas eu de travaux ont été calculées à l'aide d'un modèle de régression linéaire multiple.

La comparaison des concentrations mesurées pendant ces deux phases avec les concentrations modélisées ne met pas en évidence de variation significative des niveaux de particules sur le quai de la station de métro Mirail Universités après le fonctionnement de la ventilation pendant toute la durée des travaux.

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 et PM2,5 rencontrés sur les quais des stations du réseau francilien pour les campagnes de mesures hivernale et estivale dans le métro toulousain.

Du 19 janvier au 04 mars 2015		Concentrations en PM10 - en µg/m ³		Concentrations en PM2,5 - en µg/m ³	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire	Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	180	1288		
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	42	337		
	Auber (RER ligne A)	144	605	71	337
Toulouse	Esquirol - métro ligne A	113	377	55	197
	Mirail Université - métro ligne A	112	324		
µg/m ³ : microgramme par mètre cube					
Du 30 aout au 21 septembre 2015		Concentrations en PM10 - en µg/m ³		Concentrations en PM2,5 - en µg/m ³	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire	Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	167	1394		
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	31	71		
	Auber (RER ligne A)	98	577	53	232
Toulouse	Esquirol - métro ligne A	106	355	53	206
	Mirail Université - métro ligne A	76	339		
µg/m ³ : microgramme par mètre cube					

En comparaison de 2014, le niveau d'empoussièrément dans les stations de métro et de RER parisiennes, sur l'année 2015, a varié en fonction de la station considérée.

Le niveau de particules PM10 a augmenté de 16% dans la station de métro Châtelet. Cette hausse résulte d'un vaste chantier à proximité et dans la gare de Châtelet-Halles.

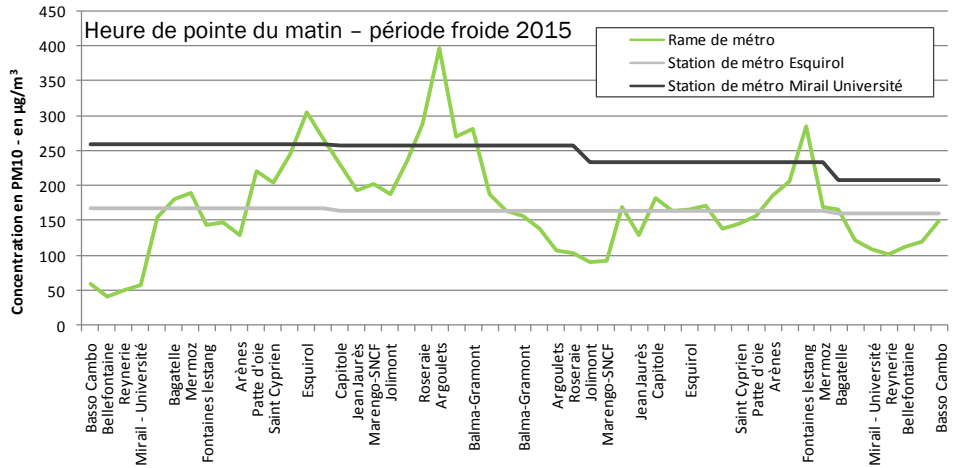
Le niveau de particules PM10 a diminué de 35% à Auber sur le RER A. Sur cette ligne, l'arrivée progressive d'un nouveau matériel roulant équipé d'un meilleur freinage électrique permettant de réduire les émissions de particules dues aux phénomènes d'abrasion a un impact positif.

Les niveaux observés dans la station de métro Franklin D. Roosevelt sont faibles et restent stables. Ils sont proches de ceux de l'environnement extérieur en proximité trafic (Source : "SQUALES" Surveillance de la Qualité de l'Air de l'Environnement Souterrain - Bilan 2015).

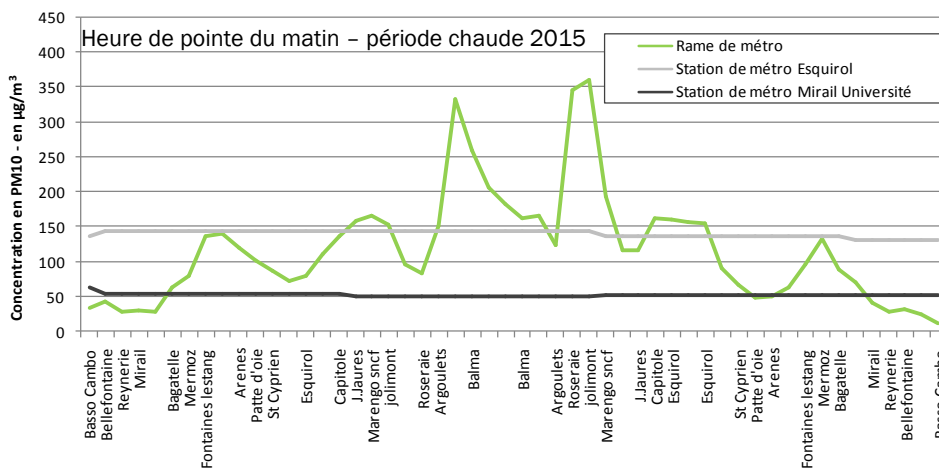
Dans l'enceinte de la ligne A du métro toulousain, les teneurs moyennes en particules rencontrées sur les deux périodes de mesures sont du même ordre de grandeur que celles relevées dans les stations de métro parisiennes.

Des concentrations fluctuantes dans les rames de métro

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 PM10 et PM2,5 dans les rames de métro sont généralement du même ordre de grandeur ou plus faibles que ceux mesurés sur les quais des stations de métro Compans Caffarelli et Jean Jaurès.



Graph 11 : Évolution des concentrations en **PM10** dans une rame de métro à l'heure de pointe du matin - **PÉRIODE FROIDE**



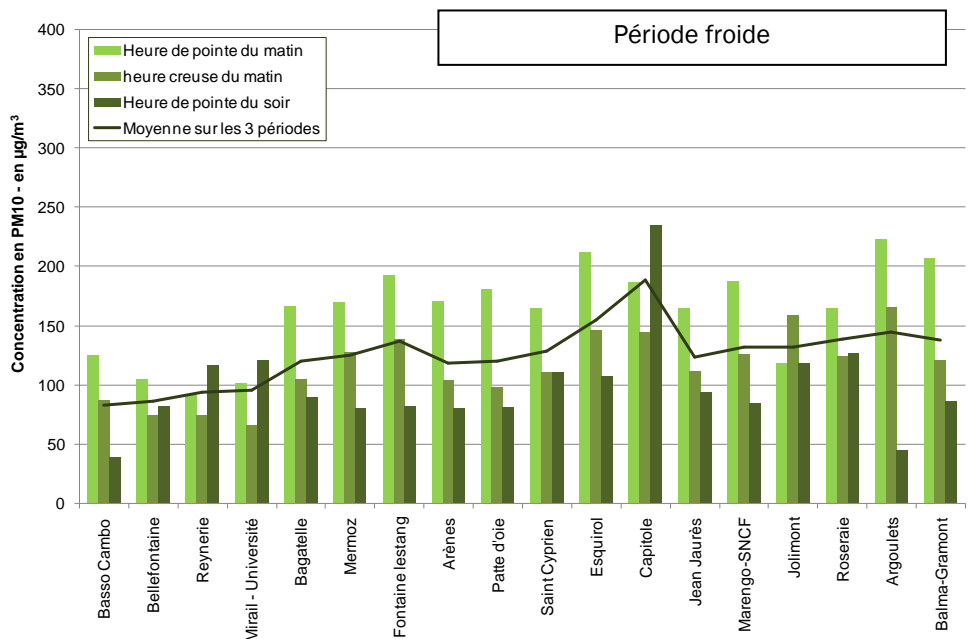
Graph 12 : Évolution des concentrations en **PM10** dans une rame de métro à l'heure de pointe du matin - **PÉRIODE CHAUDE**.

Moins de particules PM2,5 dans les rames que sur les quais

Les niveaux de particules les plus élevés ont majoritairement été mesurés pendant l'heure de pointe :

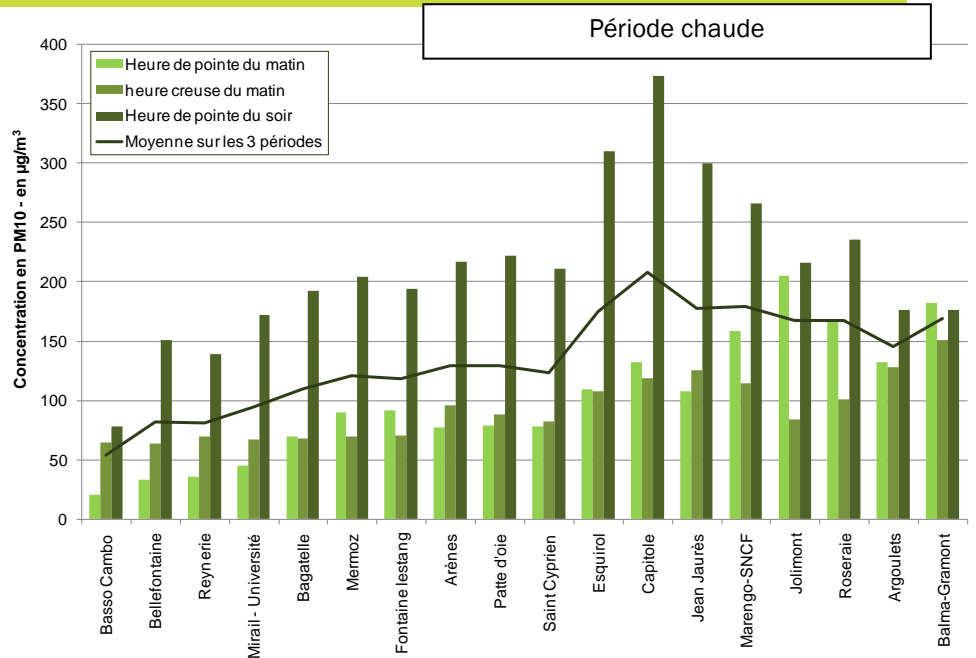
- du matin lors de la période froide (graphique ci-contre)
- du soir lors de la période chaude (graphique ci-après).

Pour les deux périodes étudiées, les concentrations moyennes en particules PM10 dans les rames augmentent progressivement entre Basso Cambo et Balma-Gramont. Les concentrations les plus élevées sont mesurées au niveau de la station de métro Capitole.



Graph 13 : Évolution des concentrations en **PM10** dans les rames de métro pendant la **PÉRIODE FROIDE**.

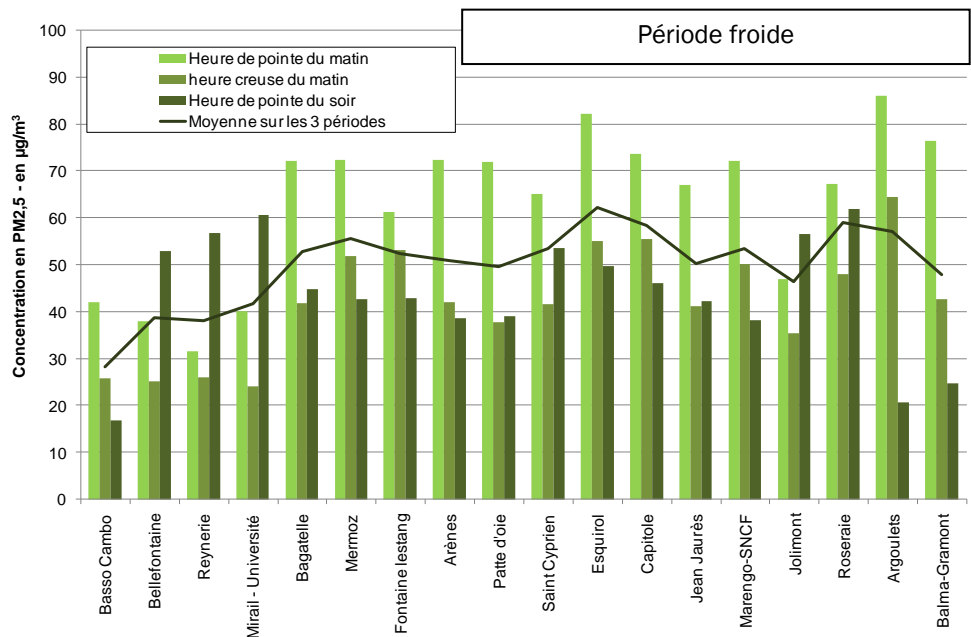
L'ouverture des portes des rames de métro n'induit pas de diminution des particules PM10 lors du passage de la rame dans la station de métro aérienne Jolimont, station dans laquelle les niveaux de concentration en PM10 sont similaires à ceux relevés en air intérieur.



Graph 14 : Évolution des concentrations en PARTICULES PM10 dans les rames de métro pendant la PÉRIODE CHAUDE.

Les niveaux de PM2,5 en période chaude n'ont pas été mesurés en raison d'un changement d'appareil de mesures.

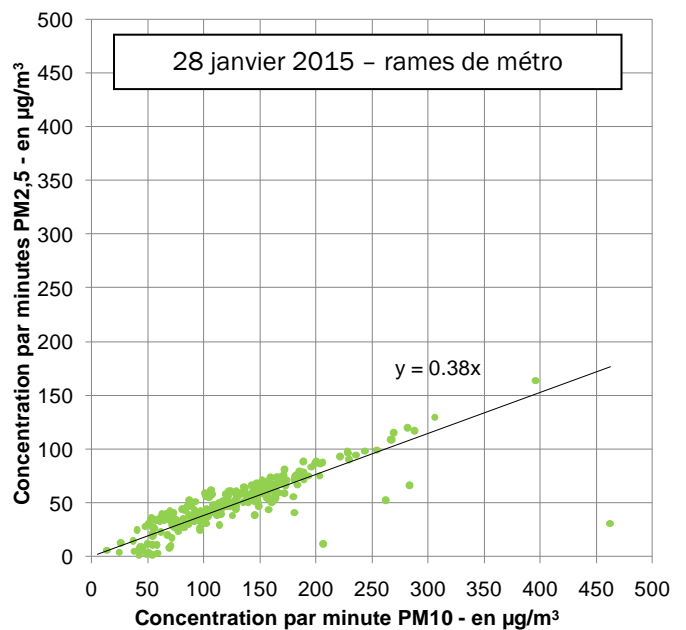
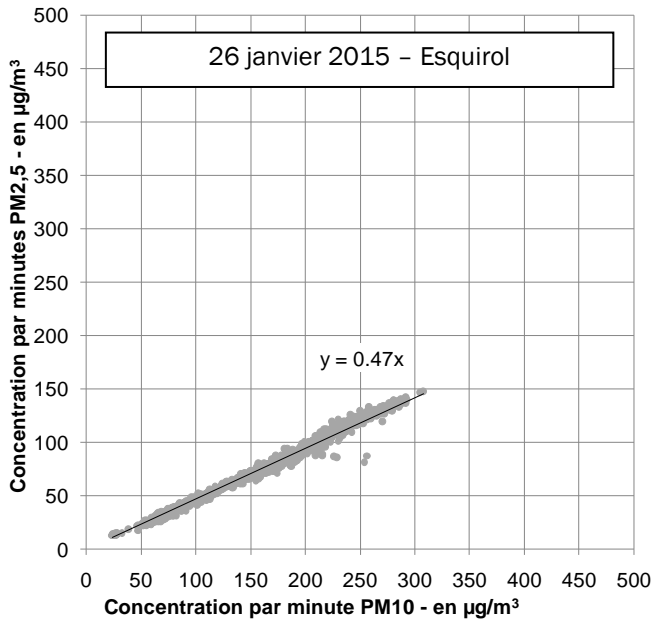
Les concentrations moyennes en particules PM2,5 dans les rames de métro aériennes en début et fin de ligne et à Jolimont. Pour les stations souterraines, les concentrations sont relativement stables.



Graph 15 : Évolution des concentrations en PARTICULES PM2,5 dans les rames de métro pendant la PÉRIODE FROIDE.

Sur l'ensemble de la période hivernale, près de 50% des particules PM10 sont des particules fines PM2,5 sur les quais de la station de métro Esquirol.

Dans les rames, la proportion de particules PM2,5 est 10% plus faible. Il semble donc que les particules PM2,5 pénètrent moins dans les rames que les particules PM10.



Graphe 16 : Relation entre les concentrations en PM2,5 et les concentrations en PM10

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 Jean Jaurès sont 20 fois inférieures à la Valeur Limite de Moyenne Exposition.

		PARTICULES DE DIAMETRE INFERIEUR 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: Esquirol : 250 µg/m ³ (période chaude) Mirail Université : 251 µg/m ³ (période froide)

µg/m³ : microgramme par mètre cube



ANNEXE II : RÉSULTATS DES MESURES DE DIOXYDE D'AZOTE SUR LA LIGNE A 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.

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

		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	OUI	200 µg/m ³ en maximum horaire	Maximum horaire : Station de métro Esquirol : 59 µg/m ³ (période froide) Maximum sur 55 minutes : Rames de métro : 21 µg/m ³ (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 sur les stations de métro situées dans le centre ville de Toulouse, où la densité du trafic automobile est plus importante.

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

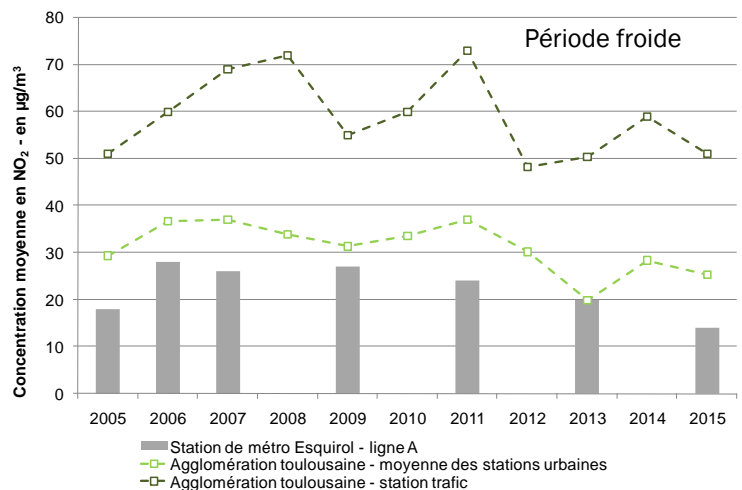
stations de métro sont du même ordre de grandeur que celles mesurées par les stations extérieures urbaines de l'agglomération toulousaine,

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 particulièrement faibles sur la ligne A

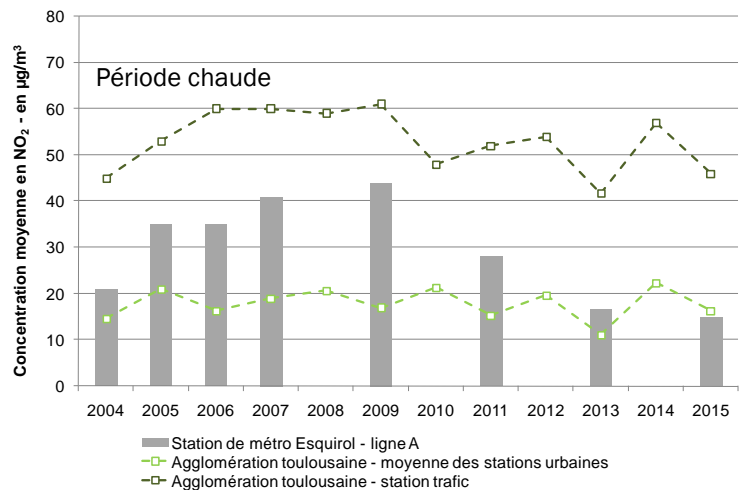
Les concentrations moyennes en NO₂ relevées sur le quai de la station de métro Esquirol pendant les périodes froides et chaudes 2015 sont les plus faibles mesurées depuis le début des mesures.

En comparaison des niveaux rencontrés dans le fond urbain de l'agglomération toulousaine, les concentrations en NO₂ sur le quai de la station de métro Esquirol sont 48% plus faibles pendant la période froide. Elles sont également 75% inférieures aux niveaux rencontrés en proximité du trafic routier dans Toulouse.



Graph 17 : Évolution des concentrations moyennes en DIOXYDE D'AZOTE sur la période froide mesurées dans la station de métro Esquirol depuis 2005 et comparaison avec les concentrations rencontrées dans l'air ambiant extérieur.

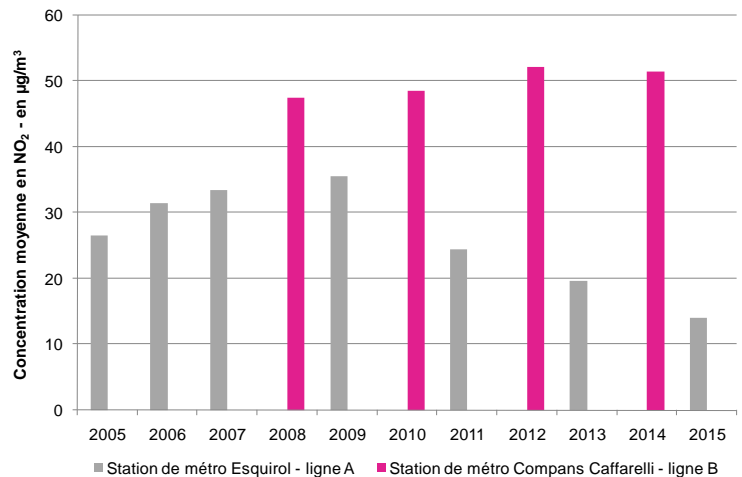
En comparaison des niveaux rencontrés dans le fond urbain de l'agglomération toulousaine, les concentrations en NO₂ sur le quai de la station de métro Esquirol sont 8% plus faibles pendant la période chaude. Elles sont également 67% inférieures aux niveaux rencontrés en proximité du trafic routier dans Toulouse.



Graph 18 : Évolution des concentrations moyennes en DIOXYDE D'AZOTE sur la période chaude mesurées dans la station de métro Esquirol depuis 2005 et comparaison avec les concentrations rencontrées dans l'air ambiant extérieur.

En comparaison des niveaux mesurés sur le quai de la station de métro Compans Cafarelli, les concentrations sur les quais de la station de métro Esquirol sont très inférieures.

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. Des informations sur les débits de ventilation des ventilateurs stations de métro et tunnels ainsi que sur les plages de fonctionnement réelles des ventilateurs permettraient une meilleure compréhension de ces résultats.



Graph 19 : 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 moyennes plus faibles que 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.

		Concentrations en NO ₂ (en µg/m ³)	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	40	92
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	61	131
	Auber (RER ligne A)	55	110
Toulouse	Esquirol - métro ligne A	13	54

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Du 30 aout au 21 septembre 2015

		Concentrations en NO ₂ (en µg/m ³)	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	31	79
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	57	112
	Auber (RER ligne A)	62	142
Toulouse	Esquirol - métro ligne A	14	51

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Pour les deux périodes de mesures, les teneurs moyennes et maximales en NO₂ rencontrées sur les quais de la station de métro toulousaine Esquirol sont inférieures à celles relevées dans les stations du métro parisien Chatelet et Franklin D. Roosevelt et dans la station du RER A.

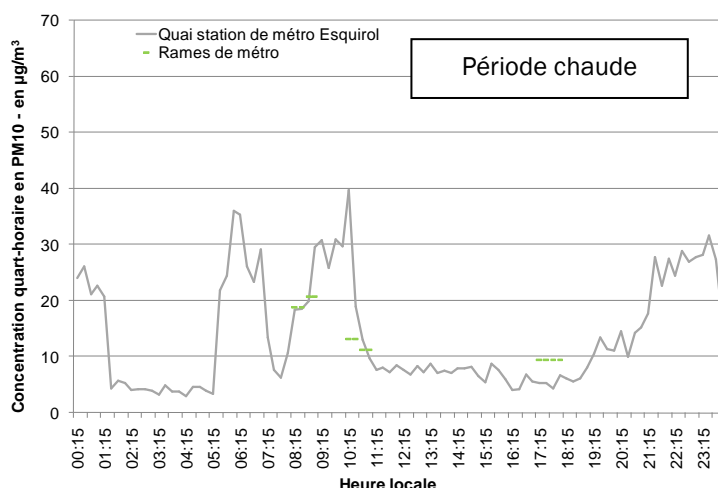
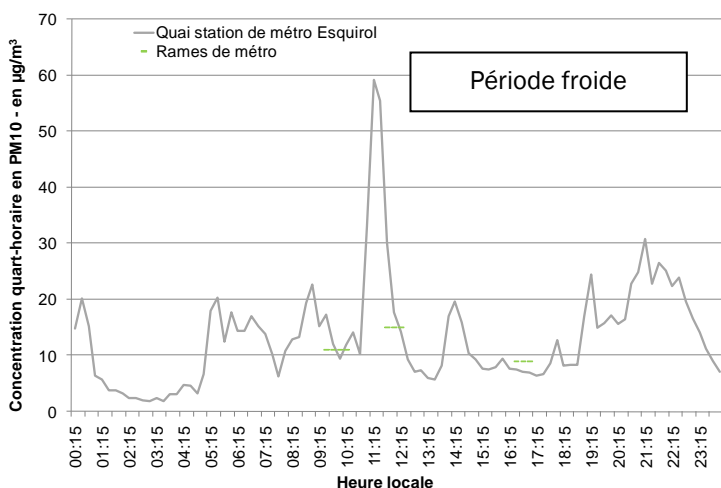
Dans les environnements souterrains parisiens et toulousains, pendant le service voyageur, aucune

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.

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 très faibles et du même ordre que celles relevées dans la station de métro Esquirol.



Graphie 20 : 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 Esquirol : 77 µg/m ³ (période froide)
				Maximum sur 25 minutes : Rames de métro : 21 µg/m ³ (période froide)

µg/m³ : microgramme par mètre cube



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

LES FAITS MARQUANTS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

- Respect de la valeur guide en vigueur en 2015.
- Dépassement de la valeur guide applicable au 1^{er} janvier 2016 sur le quai de la station de métro Mirail Université
- 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 en 2015.

Pour la station de métro Esquirol, les niveaux respectent également la valeur guide de la qualité de l'air intérieur applicable au 1^{er} janvier 2016.

En revanche, pour la station de métro Mirail Université, ils dépassent cette valeur guide ceci en raison d'un niveau de benzène de 3 µg/m³ sur la période chaude

(contre 1,6 µg/m³ pour la période froide). Des concentrations supérieures à la valeur guide annuelle de 2 µg/m³ peuvent donc ponctuellement être observées dans l'enceinte du métro.

Toutefois, rappelons que 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	5 µg/m ³ en moyenne annuelle	Moyenne sur les deux périodes de mesures : Esquirol : 1.9 µg/m ³ Mirail Université : 2.3 µg/m ³
	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur (applicable au 1 ^{er} janvier 2016)	NON	2 µg/m ³ en moyenne annuelle	Moyenne sur les deux périodes de mesures : Esquirol : 1.9 µg/m ³ Mirail Université : 2.3 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.

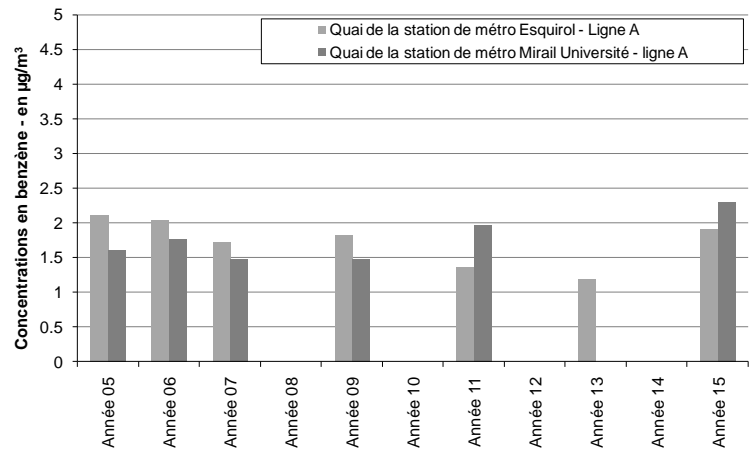
Les concentrations mesurées à l'intérieur de stations de métro sont du même ordre de grandeur (station de métro Esquirol) ou supérieures (station de métro Mirail Université) à celles rencontrées à l'extérieur. Il y a donc dans l'enceinte du métro des sources internes de benzène sans doute dues aux produits utilisés (entretien et/ou maintenance) qui s'ajoutent au benzène en provenance de l'extérieur. L'hypothèse qui a été 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 Esquirol		Station de métro Mirail Université	
	Quai	extérieur	Quai	extérieur
Moyenne des deux périodes de mesures	1.9	2.0	2.3	1.4

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Des niveaux stables

Les niveaux moyennés des deux périodes de mesures chaude et froide en 2015 sont du même ordre de grandeur que ceux rencontrés lors des précédentes campagnes de mesures.



Graph 21 : 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 Esquirol pendant la même période de prélèvement. On notera que ponctuellement des niveaux

relativement élevés peuvent être rencontrés dans les rames de métro (13.9 µg/m³ lors de l'heure creuse du matin en période chaude pour un prélèvement de 1h20 mn) et sur le quai (3.6 µg/m³ lors de l'heure de pointe du matin en période chaude).

Période froide 2015: Mercredi 28 janvier 2015- Teneurs en benzène (en µg/m ³)					
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
2.8	0.8	2.8	2.8	1.9	2.1
Période chaude 2015: Mercredi 28 janvier 2015- Teneurs en benzène (en µg/m ³)					
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
2.9	13.9	5.5	3.6	2.9	3.5

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	OUI	3 250 µg/m ³ sur 8 heures	Maximum sur 1 heure et 20 minutes: Rames de métro : 13.9 µg/m ³ Quai de la station de métro Esquirol: 3.6 µg/m ³
			Maximum sur 15 jours : Quai de la station de métro Esquirol : 2.0 µg/m ³ Quai de la station de métro Mirail Université : 3.0 µg/m ³

µg/m³ : microgramme par mètre cube

ANNEXE IV : RÉSULTATS DES MESURES DE CONFINEMENT SUR LA LIGNE A 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 que :

- 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

		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: Esquirol : 1 148 ppm (période froide) Mirail Université : 1 037 ppm (période froide)

ppm : partie par million.

Un niveau de confinement satisfaisant dans le métro

Sur l'ensemble des mesures réalisées en 2015, les niveaux de CO₂ ont culminé à des moins de 1 200 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 1051 ppm pendant la période froide et de 1239 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

1802 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

Mesures automatiques

Sur le quai de la station de métro Esquirol, des analyseurs d'oxydes d'azote et de particules (particules en suspension PM10 et particules fines PM2,5) sont installés.

Sur le quai de la station de métro Mirail Université, un analyseur de particules en suspension PM10 est implanté.

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 reposent 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

Mesures par échantillonneurs passifs



Photo n°2 : Tubes à diffusion passive

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.

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 Esquirol.

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 VI : METHODOLOGIE D'EVALUATION DE L'IMPACT DE LA VENTILATION SUR LES NIVEAUX DE PARTICULES DANS LE METRO

En 2013, une analyse des concentrations horaires a été réalisée afin d'identifier les périodes pour lesquelles les niveaux de particules sont les plus élevés dans les stations de métro Esquirol et Les Arènes.

Pour la période froide, les concentrations les plus élevées sont rencontrées :

- principalement pendant le pic du soir dans les deux stations de métro. Ce pic du soir est, dans la durée, relativement long puisqu'il couvre la période allant de 16h30 à 22h30 (heures locales).
- dans une moindre proportion, pendant l'heure de pointe du matin. L'heure de pointe du matin est plus courte dans le temps, elle dure environ 1 heure. Elle couvre la période 9h15 - 10h30 (heures locales) pour la station de métro Esquirol. Elle arrive un peu plus tardivement, entre 10h00 et 11h00 heures locales pour la station de métro Les Arènes.

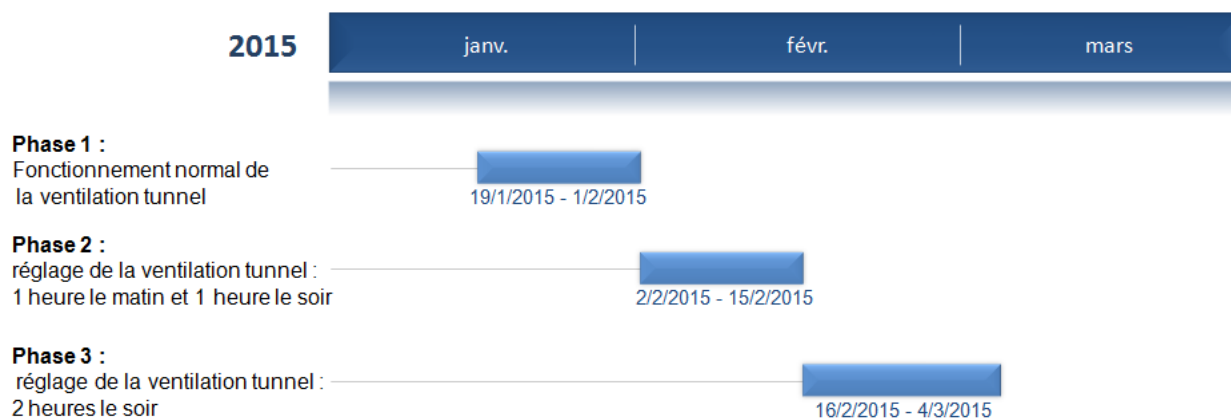
Pour la période chaude, on retrouve :

- l'heure de pointe du soir pendant laquelle sont enregistrés près de 70% des concentrations les plus fortes,
- l'heure de pointe du matin, plus longue que pour la période froide, elle s'étale sur la matinée, entre 9h30 et 11h45 heures locales, pour la station de métro Esquirol.

Le fonctionnement de la ventilation pendant les périodes pour lesquelles des niveaux élevés de particules sont susceptibles d'être rencontrés pourrait permettre d'éviter des niveaux de particules trop importants.

Afin de vérifier cette hypothèse, il a été testé deux protocoles différents de fonctionnement ventilateurs tunnel adjacents à la station Esquirol, axés sur les périodes de pics de particules pendant la période froide.

Pendant la période froide, des analyseurs de particules PM10 ont donc été installés sur les quais des stations de métro Esquirol et Mirail Université pour une période de 6 semaines. Chaque phase de mesures a ainsi duré 2 semaines.



Lors de la phase 1, la ventilation tunnel a peu fonctionné pendant les heures de fonctionnement du métro, de quelques minutes à une demi-heure.

Les plages horaires de la ventilation tunnel fixées pour la phase 2 ont été :

- 9h00 - 10h00 heures locales
- 17h00 - 18h00 heures locales

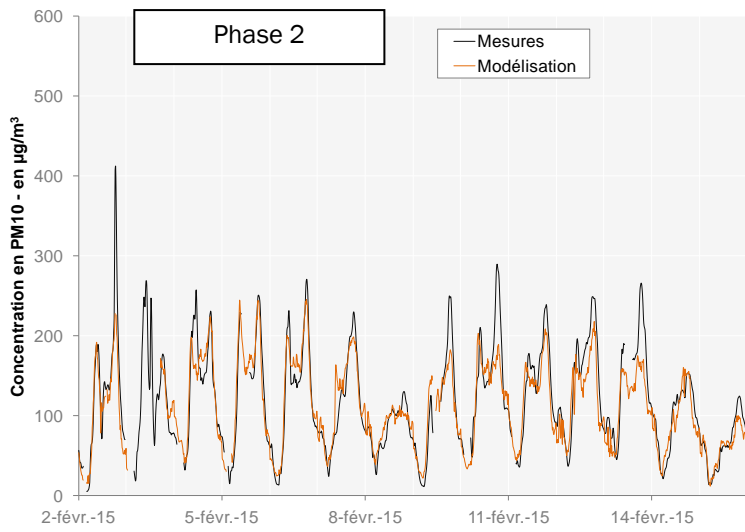
La plage horaire de la ventilation tunnel pour la phase 3 était 17h00 - 19h00 heures locales.

Afin de déterminer si le changement des plages horaires de ventilation tunnel a un impact sur les concentrations quart-horaires de particules mesurés sur le quai de la station de métro Esquirol, nous avons étudié la relation existant entre les concentrations

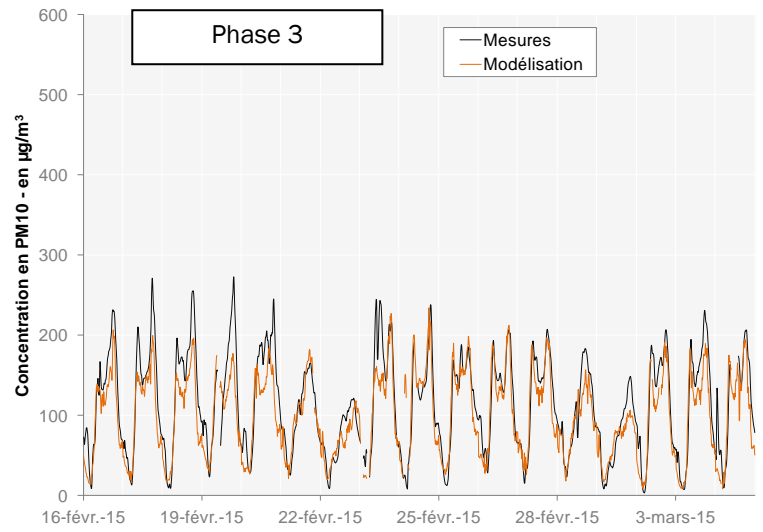
mesurées sur le quai de cette station de métro pendant la phase 1 et d'autres variables telles que :

- les concentrations mesurées sur le quai de la station de métro Mirail-Université prise comme référence
- différents paramètres de fonctionnement du métro (nombre de rames, fréquentation...),
- les niveaux de particules PM10 mesurés par les stations de surveillance de la qualité de l'air urbaines toulousaines,
- les niveaux de particules PM10 mesurés par les stations de surveillance de la qualité de l'air trafic toulousaines,
- les conditions météorologiques relevées dans l'air ambiant toulousain (direction du vent, vitesse du vent, température, pression).

Un modèle de régression linéaire multiple pertinent a été établi. Ce modèle a été appliqué pour calculer les concentrations qui auraient été mesurées sur le quai de la station de métro Esquirol si la ventilation tunnel n'avait pas été modifiée pour les phases 2 et 3.



Graphe 22 : Concentration moyenne modélisée en **PM10** sur le quai de la station de métro Esquirol et comparaison aux concentrations mesurées lors de la phase 2.



Graphe 23 : Concentration moyenne modélisée en **PM10** sur le quai de la station de métro Esquirol et comparaison aux concentrations mesurées lors de la phase 3.

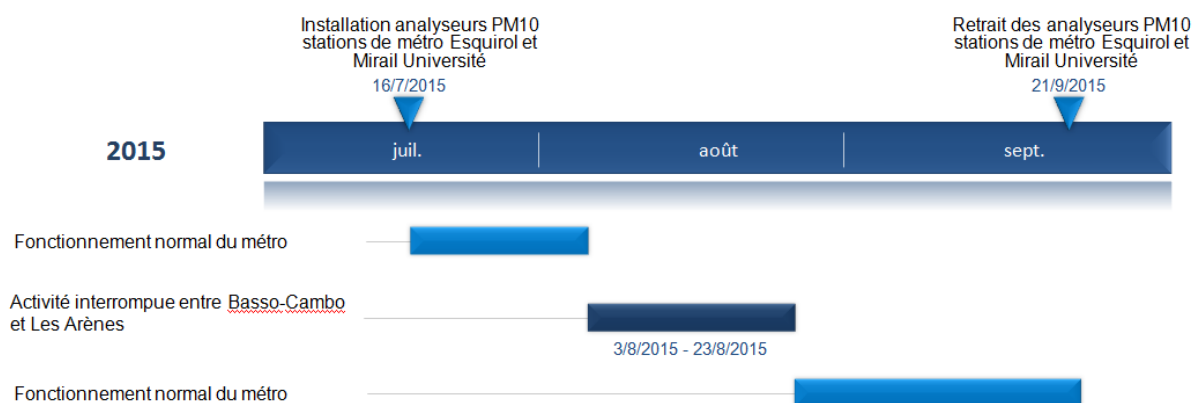
ANNEXE VII : METHODOLOGIE D'EVALUATION DE L'IMPACT DU FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION PENDANT DES TRAVAUX SUR LES NIVEAUX DE PARTICULES DANS LE MÉTRO

Du 3 au 23 août 2015, la ligne A du métro a été interrompue sur la portion Basso-Cambo - Arènes pour des travaux de rénovation des voies.

L'absence de circulation sur cette portion de voies pendant plus de 15 jours a induit des niveaux de particules sur les quais de la station de métro Mirail-Université de l'ordre des niveaux rencontrés pendant la nuit (horaires de fermeture du métro).

La ventilation de tunnel adjacent à la station de métro Mirail Université a été lancée en mode extraction grande vitesse de 06h00 à 10h00 tous les jours.

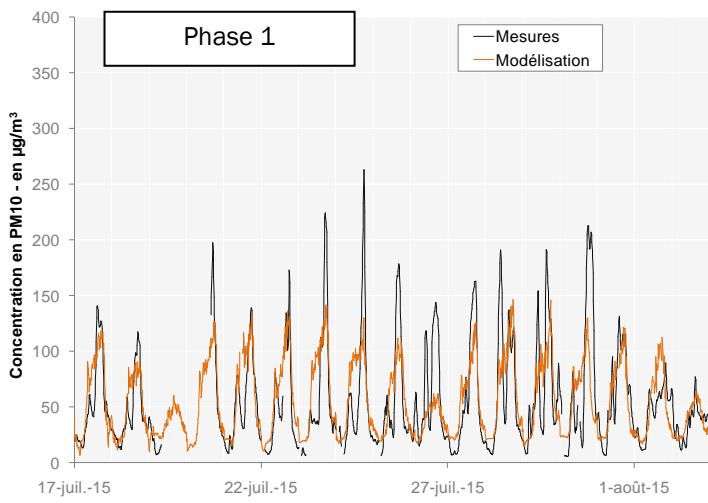
Pendant l'été, les niveaux de particules ont donc été mesurés afin de déterminer si l'arrêt du métro pendant une longue période associée au fonctionnement de la ventilation permet l'extraction des particules déposées dans les tunnels et la diminution des niveaux de particules dans l'enceinte du métro lors de sa remise en fonctionnement.



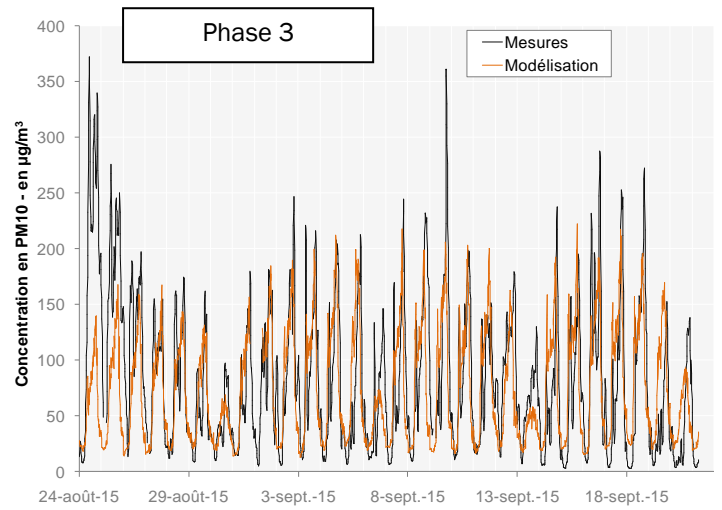
Afin de déterminer si le fonctionnement de la ventilation du tunnel a eu un impact sur les concentrations quart-horaires de particules mesurés sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli, nous avons étudié la relation existant entre les concentrations mesurées sur le quai de cette station de métro pendant la phase 1 et d'autres variables telles que :

- les concentrations mesurées sur le quai de la station de métro Esquirol prise comme référence
- différents paramètres de fonctionnement du métro (nombre de rames, fréquentation...),
- les niveaux de particules PM10 mesurés par les stations de surveillance de la qualité de l'air urbaines toulousaines,
- les niveaux de particules PM10 mesurés par les stations de surveillance de la qualité de l'air trafic toulousaines,
- les conditions météorologiques relevées dans l'air ambiant toulousain (direction du vent, vitesse du vent, température, pression).

Un modèle de régression linéaire multiple pertinent a été établi. Ce modèle a été appliqué pour calculer les concentrations qui auraient été mesurées sur le quai de la station de métro Mirail Universités s'il n'y avait pas eu de travaux.



Graphe 24 : Concentration moyenne modélisée en **PM10** sur le quai de la station de métro Mirail Université et comparaison aux concentrations mesurées lors de la phase 1.



Graphe 25 : Concentration moyenne modélisée en **PM10** sur le quai de la station de métro Mirail Université et comparaison aux concentrations mesurées lors de la phase 3.

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) à ne pas dépasser est fonction du temps passé dans le métro (Tsout)								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	CLim = 50 µg/m³							
	P90.4ext = 39 µg/m³	P90.4ext = 31 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
Tsout = 15 mn	1095 µg/m³	1855 µg/m³	1412 µg/m³	1602 µg/m³	905 µg/m³	1602 µg/m³	1950 µg/m³	2045 µg/m³
Tsout = 30 mn	567 µg/m³	943 µg/m³	724 µg/m³	818 µg/m³	473 µg/m³	818 µg/m³	990 µg/m³	1037 µg/m³
Tsout = 45 mn	391 µg/m³	639 µg/m³	494 µg/m³	556 µg/m³	329 µg/m³	556 µg/m³	670 µg/m³	701 µg/m³
Tsout = 1 h	303 µg/m³	487 µg/m³	380 µg/m³	426 µg/m³	257 µg/m³	426 µg/m³	510 µg/m³	533 µg/m³

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 510 µg/m³ pour 2015.

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

		PARTICULES DE DIAMETRE INFERIEUR 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	990 µg/m ³	Maximum sur une demi-heure : Période froide : Esquirol : 410 µg/m ³ Mirail Uninvestité : 346 µg/m ³ Période chaude : Esquirol : 654 µg/m ³ Mirail Uninvestité : 372 µg/m ³

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 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'environnement et du travail (AFSSET) a proposé plusieurs valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI), 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 ensuite 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 programmée à partir du 1er janvier 2016. De façon intermédiaire, ce décret retient également la valeur de 5 µg/m³ pour le benzène applicable à compter du 1^{er} janvier 2013. Sont concernés par cet arrêté : les gestionnaires des établissements recevant du public.

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⁽¹⁾:

« 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⁽²⁾ et alvéolaires⁽³⁾ 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.»

¹ 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.

² Toutes les poussières mesurées (quel que soit leur diamètre aérodynamique).

³ 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 (crevaisson) 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).



ORAMIP

OBSERVATOIRE RÉGIONAL
DE L'AIR EN MIDI-PYRÉNÉES

Surveillance de la qualité de l'air en Midi-Pyrénées

24 heures/24 • 7 jours/7

•• prévisions ••

•• mesures ••



L'information
sur la qualité de l'air
en Midi-Pyrénées :

www.oramip.org