

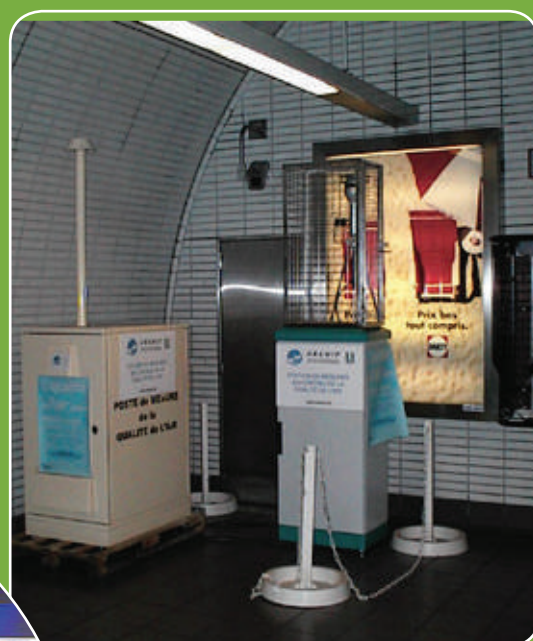
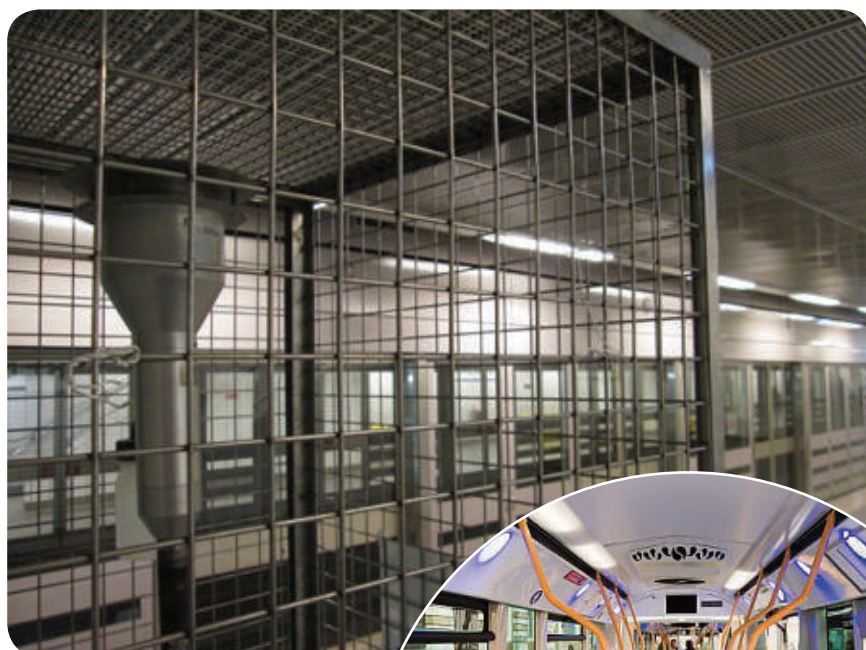


**ORAMIP**  
OBSERVATOIRE RÉGIONAL  
DE L'AIR EN MIDI-PYRÉNÉES  
Atmo Midi-Pyrénées

**RAPPORT ANNUEL  
2014**

**ÉDITION SEPTEMBRE 2015**

# Plan de surveillance de la qualité de l'air Ligne B du métro toulousain - 2014 -



**ORAMIP**

19 avenue Clément Ader

31770 COLOMIERS

Tél : 05 61 15 42 46

[contact@oramip.org](mailto:contact@oramip.org) - [www.oramip.org](http://www.oramip.org)

## CONDITIONS DE DIFFUSION

**ORAMIP Atmo - Midi-Pyrénées**, est une association de type loi 1901 agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable des Transports et du Logement (décret 98-361 du 6 mai 1998) pour assurer la surveillance de la qualité de l'air sur le territoire de 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'Etat français et de l'article L.220-1 du Code de l'environnement. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement.

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 <http://oramip.atmo-midipyrenees.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](mailto:contact@oramip.org)
- par téléphone : 05.61.15.42.46

## SOMMAIRE

SYNTHÈSE DE LA CAMPAGNE DE MESURES ANNÉE 2014	3
ANNEXE I : RÉSULTATS DES MESURES DE PARTICULES SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN	6
ANNEXE II : RÉSULTATS DES MESURES DE DIOXYDE D'AZOTE SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN	21
ANNEXE III : RÉSULTATS DES MESURES DE BENZÈNE SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN	28
ANNEXE IV : RÉSULTATS DES MESURES DE CONFINEMENT SUR LA LIGNE B DU MÉTRO TOULOUSAIN	34
ANNEXE V : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU MÉTRO TOULOUSAIN	37
ANNEXE VI : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES STATIONS DE MÉTRO PARISIEN	38
ANNEXE VII : ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ZONES ACCESSIBLES AU PUBLIC	40
ANNEXE IX : ÉVOLUTION DES TENEURS EN PM10 SUR LE QUAI DE STATIONS DE MÉTRO DEPUIS 2004	43
ANNEXE X : ASPECTS DE LA RÉGLEMENTATION EN AMBIANCE DE TRAVAIL	44

## SYNTHÈSE DE LA CAMPAGNE DE MESURES ANNÉE 2014

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, des mesures d'évaluation de la qualité de l'air intérieur sur l'ensemble de l'infrastructure du réseau métro. Ces années de mesures ont ainsi permis d'acquérir une base de données sur les niveaux de concentrations en particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM10), dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et benzène rencontrés dans le métro toulousain.

Il est ainsi apparu que les concentrations en particules PM10 relevées dans l'enceinte du métro sont supérieures à celles rencontrées en air extérieur. Ces niveaux dépassent ponctuellement la valeur guide fixée sur 1 heure.

En outre, les concentrations en benzène mesurées dans l'enceinte du métro sont du même ordre de grandeur ou légèrement supérieures à celles mesurées à l'extérieur.

Lors du Grenelle de l'environnement, le principe de surveillance de la qualité de l'air dans les lieux clos ouverts au public a été décidé, les écoles/crèches ainsi que les gares et métros ont été retenus comme lieux prioritaires à instrumenter. Ces deux types de sites sont bien particuliers tant en termes de polluants à surveiller qu'en termes d'occupation et de gestion, ce qui implique une surveillance adaptée.

### Les particules de diamètre inférieur à 10 µm

#### Respect de la valeur guide préconisée dans les environnements clos

Suivant les recommandations du CSHPF, une valeur limite approximative à ne pas dépasser dans le métro a été estimée à 533 µg/m<sup>3</sup> pour une heure d'exposition en 2014. **Les stations de métro Compans Caffarelli et Jean Jaurès n'ont pas enregistré de concentrations horaires glissantes supérieures à la valeur guide pendant les deux périodes de mesures.**

#### Les particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM10) émises l'activité du métro

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

Aux particules en provenance de l'extérieur et amenées dans le métro par la ventilation s'ajoutent celles, plus nombreuses, émises par l'activité du métro. Elles 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.

L'étude des niveaux de particules PM10 dans les stations de métro les plus fréquentées de la ligne B

Un protocole pour la surveillance dans les enceintes ferroviaires souterraines est ainsi en cours de rédaction par le Laboratoire Central de la Surveillance de la Qualité de l'Air dans le but de mettre en place une stratégie de surveillance harmonisée au niveau national.

Ce protocole préconise notamment la mesure des particules PM<sub>2,5</sub> en plus de celles des PM<sub>10</sub>. Il recommande également la mesure du benzo(a)pyrène si cela s'avère nécessaire.

Suite à ces évolutions, les mesures de qualité de l'air réalisées dans l'enceinte de la ligne B du métro toulousain en 2014 ont pour objectifs :

- La poursuite du programme de surveillance de la qualité de l'air dans le métro toulousain,

Dans le cadre de cette nouvelle campagne de mesures sur la Ligne B du métro, les mesures sont réalisées :

- sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli
- sur le quai de la station de métro Jean Jaurès,
- dans les rames de métro.

Des mesures de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), de Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes (BTEX), de particules fines en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 10 microns (PM10) et inférieur à 2,5 microns (PM<sub>2,5</sub>) et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ont ainsi menées pendant une période de 15 jours en période froide et en période chaude.

faite pendant l'hiver 2013 - 2014 a montré une grande hétérogénéité des concentrations en fonction des stations de métro. On note ainsi un facteur 4 entre la station de métro Canal du Midi station pour laquelle les niveaux moyens de particules sont les plus faibles et la station de métro Les Carmes pour laquelle les niveaux moyens de particules sont les plus élevés.

**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 pourraient également avoir un impact variable selon les stations de métro, sur les niveaux de particules mesurés.**

## Une connaissance des jours et heures pour lesquels des niveaux élevés en particules sont les plus susceptibles d'être rencontrés

Les concentrations les plus élevées en particules PM10 ont été mesurées aux heures de pointe et plus particulièrement le soir.

**La connaissance des heures pour lesquels des niveaux élevés de particules sont susceptibles d'être rencontrés pourrait permettre de régler la ventilation au mieux afin d'éviter des niveaux de particules trop importants.**

## Les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm

Les concentrations en particules PM2,5 mesurées dans les stations de métro et dans les rames sont légèrement plus élevées que celles mesurées dans l'air ambiant extérieur.

L'activité du métro est ainsi source de particules de diamètre inférieur à 2,5 µm.

## Le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

### Respect de la valeur guide applicable en air intérieur

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. C'est donc la valeur guide de 200 µg/m<sup>3</sup> fixée sur une heure qui est utilisée.

Sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli, la concentration maximale horaire de 137 µg/m<sup>3</sup> en moyenne glissante mesurée pendant la période chaude, est nettement inférieure à cette valeur guide. De même, dans les rames de métro : la concentration maximale sur 55 minutes en NO<sub>2</sub> (39 µg/m<sup>3</sup>) est très inférieure à la valeur guide.

### Origine extérieure du dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote présent dans le métro aux heures d'ouverture du 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 NO<sub>2</sub> 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 automobile dans l'environnement de la station de métro ; les

## Le benzène

### Respect de la valeur guide applicable en air intérieur

En moyenne sur les deux périodes de mesures, pour les deux stations de métro étudiées, la concentration en

## Respect de la réglementation applicable aux ambiances de travail

Dans les stations de métro Compans Caffarelli et Jean Jaurès, la concentration maximale sur 8 heures respectivement de 73 µg/m<sup>3</sup> et de 77 µg/m<sup>3</sup> est nettement inférieure à la Valeur Moyenne d'Exposition (VME) fixée.

Les concentrations en PM2,5 rencontrées sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli et dans les rames de métro sont fortement corrélées aux concentrations en PM10. Environ 60% des particules rencontrées dans le métro sont des particules fines dans la station de métro Compans Caffarelli et dans les rames de métro.

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

Le dioxyde d'azote étant issu de l'environnement extérieur (aux heures d'ouverture du métro), nous pouvons considérer que les teneurs maximales rencontrées dans les locaux techniques sont du même ordre de grandeur (voire inférieures) à celles rencontrées sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli.

Sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli, la concentration maximale quart-horaire de 193 µg/m<sup>3</sup> mesurée, est nettement inférieure à la Valeur Limite d'Exposition (VLE) fixée pour les ambiances de travail (6000 µg/m<sup>3</sup> sur 15 minutes).

Dans les rames de métro, la concentration maximale en NO<sub>2</sub> (45 µg/m<sup>3</sup> sur 25 minutes) est très inférieure à la VLE fixée.

benzène relevée de 1,5 µg/m<sup>3</sup> est inférieure à la valeur cible sur un an (2 µg/m<sup>3</sup>).

## 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 nettoyants utilisés dans le métro. L'étude de la composition chimique de ces produits d'entretien par le biais de leurs Fiches de Données Sécurité n'a pas permis de conclure quant à la présence de benzène dans ces produits. (cf Rapport ORAMIP :Evaluation de l'impact des produits d'entretien

sur la qualité de l'air dans le métro toulousain, référence ETU-2013-06).

## Respect de la réglementation applicable aux ambiances de travail

Compte tenu des teneurs maximales en benzène rencontrées ( $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne sur 1h20mn dans une rame de métro,  $8,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne sur 1h20mn sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli, nous pouvons considérer, en dehors de toute activité spécifiquement source de benzène, que les teneurs maximales dans les locaux techniques, auraient été nettement inférieures à la Valeur de Moyenne d'Exposition par le code du travail ( $3 \text{ 250 } \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 8 heures).

## Le confinement

### Recommandation du règlement sanitaire départemental respectée

Sur les deux périodes de mesures, les niveaux de  $\text{CO}_2$  ont culminé à environ 632 ppm pour la station de métro Compans Caffarelli et à 839 ppm pour la station de métro Jean Jaures. Ils sont inférieurs au seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1300 ppm pour les locaux non fumeurs.

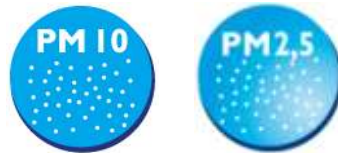
### Un niveau de confinement faible dans les stations de métro

Les niveaux de dioxyde de carbone rencontrés dans les stations de métro de la ligne B suggèrent un niveau de confinement faible. Le premier constat est donc que le

système de ventilation dont sont équipées les stations de métro permet de maintenir le  $\text{CO}_2$  à des niveaux satisfaisants.

### Un niveau de confinement plus élevé dans les rames de métro

Dans les rames de métro, les niveaux de  $\text{CO}_2$  rencontrés ont généralement été plus élevés que sur les quais. La concentration maximale atteinte a été de 1494 ppm. Les niveaux de  $\text{CO}_2$  dans les rames de métro peuvent donc dépasser le seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1300 ppm pour les locaux non fumeurs.



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

### LES FAITS MARQUANTS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

#### Les particules PM10

- Respect des valeurs guides sur une heure
- Hétérogénéité des concentrations en PM10 en fonction des stations de métro
- Le poids de la relation nombre de rames en circulation / concentration en particules variables selon les stations de métro. D'autres paramètres sont donc susceptibles d'avoir une influence non négligeable sur les concentrations en particules.
- Une connaissance des jours et heures pour lesquels des niveaux élevés en particules sont les plus susceptibles d'être rencontrés
- Respect de la Valeur Limite de Moyenne Exposition fixée par les ambiances de travail

#### Les particules PM2,5

- Respect de la valeur limite applicable à l'air ambiant extérieur
- Dépassement de l'objectif de qualité applicable à l'air ambiant extérieur
- 60% des particules rencontrées dans le métro (quai de station et rame de métro) sont des particules fines.

## 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 – respect des valeurs guides sur une demi-heure et une heure

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 a réévalué les valeurs de référence préconisées pour le métro parisien afin de les adapter au métro toulousain pour l'année 2014.

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.

Compte tenu du temps moyen passé par les usagers dans le métro, nous avons retenu la valeur guide sur une heure. 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	1037 µg/m <sup>3</sup>	<b>Maximum sur une demi-heure :</b> <b>Période froide :</b> Compans Caffarelli : 191 µg/m <sup>3</sup> Jean Jaurès : 113 µg/m <sup>3</sup>  <b>Période chaude :</b> Compans Caffarelli : 80 µg/m <sup>3</sup> Jean Jaurès : 93 µg/m <sup>3</sup>
		OUI	1 heure	533 µg/m <sup>3</sup>	<b>Maximum sur une heure glissante :</b> <b>Période froide :</b> Compans Caffarelli : 165 µg/m <sup>3</sup> Jean Jaurès : 97 µg/m <sup>3</sup>  <b>Période chaude :</b> Compans Caffarelli : 79 µg/m <sup>3</sup> Jean Jaurès : 91 µg/m <sup>3</sup>

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

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 au minimum 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).

## Particules PM10 – Des concentrations annuelles en baisse entre 2012 et 2014

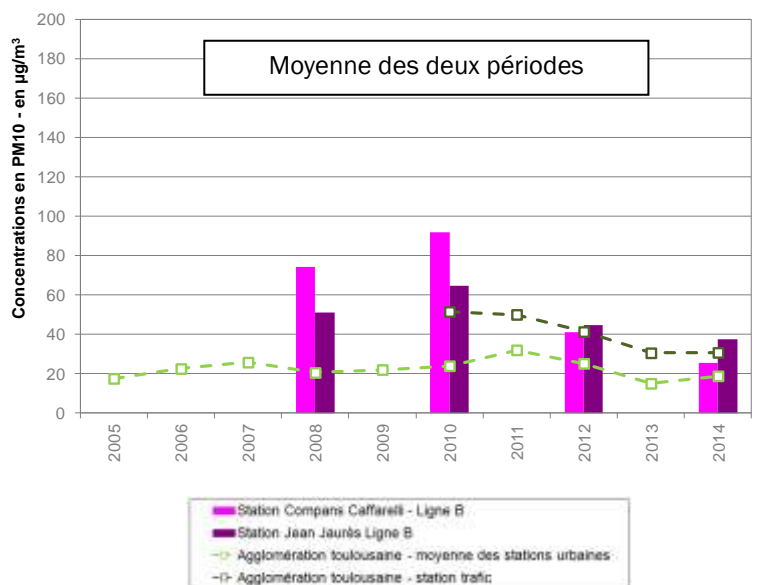
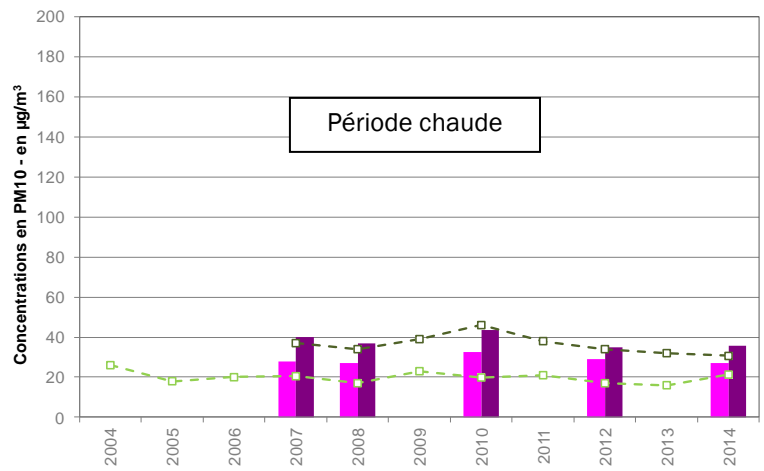
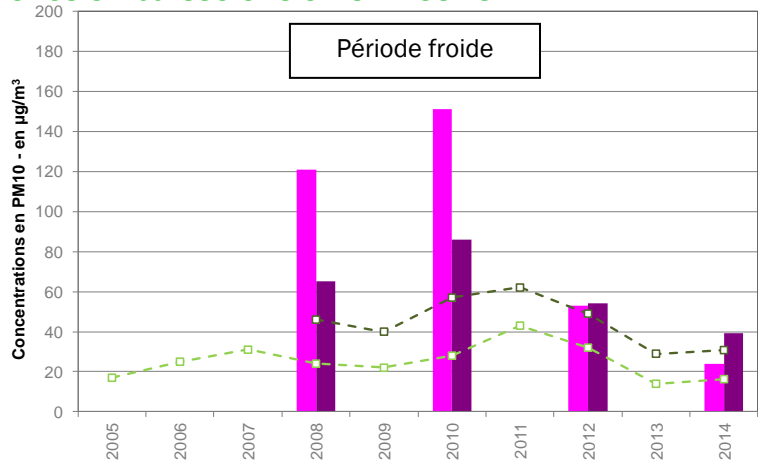
Les concentrations en PM10 mesurées dans les deux stations de métro de la ligne B pendant la période froide 2014 sont inférieures à celles mesurées lors de la dernière campagne de mesures en période froide (2012).

Les niveaux rencontrés sont ainsi les plus faibles mesurés depuis le début de la surveillance de la ligne B en 2008. En outre, pour la 1ère fois, les niveaux relevés dans la station de métro Jean Jaurès - ligne B sont plus élevés que ceux relevés dans la station de métro Compans Caffarelli.

Les concentrations en PM10 mesurées dans les deux stations de métro pendant la période chaude 2014 sont similaires à celles mesurées lors des précédentes campagnes de mesures.

Les concentrations moyennées des deux périodes de mesures de l'année 2014 sont ainsi en diminution dans les deux stations de métro de la ligne B en comparaison des années précédentes essentiellement du fait des niveaux de concentration rencontrés en période froide. Avec -38% entre 2012 et 2014, cette baisse est plus importante pour la station de métro Compans Caffarelli. La station de métro Jean Jaurès enregistre, quant à elle, une diminution de -16%.

Bien que l'air extérieur contribue peu aux niveaux de concentration de l'air du métro, on constate que cette baisse suit également la tendance observée en air extérieur entre 2012 et 2014.



Graphes 1 : Evolution des concentrations en particules PM10 mesurées dans les stations de métro de la ligne B depuis 2008 et comparaison avec les concentrations rencontrées dans l'air ambiant.

## Particules PM10 - 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.

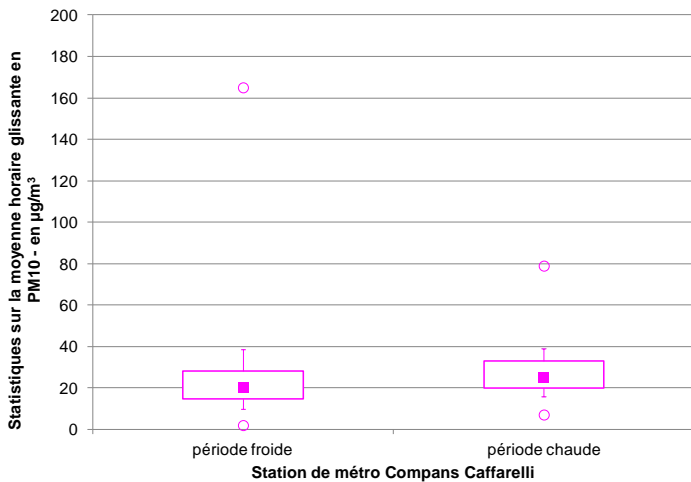
Pendant la période froide, les températures mesurées dans la station de métro n'induisent pas le déclenchement de la ventilation. En 2012, nous avons ainsi constaté sur la ligne B que la ventilation, en période froide, fonctionne deux heures par jour. Les niveaux de particules émises par l'activité métro 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 moins chargé. Les niveaux de particules sont ainsi plus faibles.

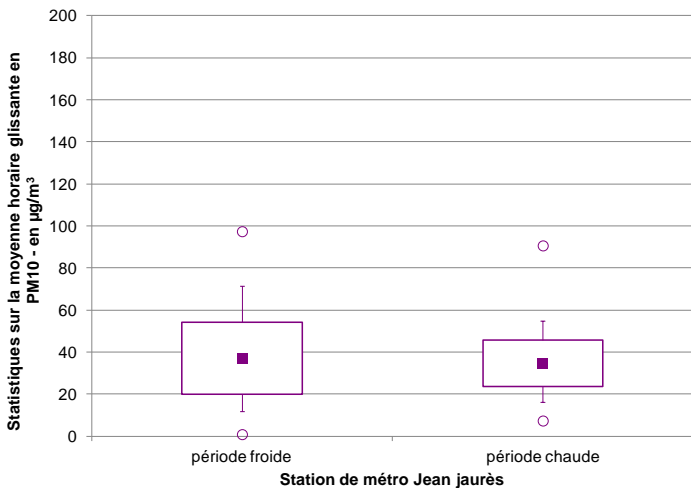
En 2014, les niveaux mesurés sur la ligne B restent stables entre la période froide et la période chaude. Ainsi, les niveaux rencontrés en période froide ont fortement diminué entre 2012 et 2014.

Les graphiques suivants présentent sous forme de boxplot la répartition des concentrations en PM10 mesurées dans les deux stations de métro Compans Caffarelli et Jean Jaurès - Ligne B.

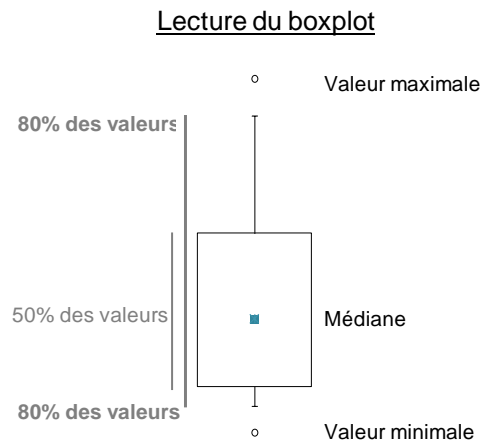
Pour les deux stations de mesures, l'écart des concentrations rencontrées entre la période froide et la période chaude est assez faible. Pour la station Compans Caffarelli, les concentrations rencontrées en période froide sont plus faibles que celle rencontrées en période chaude. Cela semble mettre en évidence un fonctionnement plus important de la ventilation pendant la période froide en 2014 en comparaison de 2012.



Graph 2 : Répartition des concentrations en particules PM10 mesurées dans la station de métro Compans Caffarelli.



Graph 3 : Répartition des concentrations en particules PM10 mesurées dans la station de métro Jean Jaurès.



## Particules PM10 – une pollution particulière issue de l'activité du métro

Dans le métro, les particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM10) sont issues de l'activité du métro. Elles sont essentiellement produites par le roulement et le freinage des rames en circulation, ainsi que par la remise en suspension dans l'air des particules déjà présentes (cf rapport "Mesures de qualité de l'air dans le métro toulousain en 2012").

Cependant, l'étude des niveaux de particules PM10 dans les stations de métro les plus fréquentées de la ligne B faite pendant l'hiver 2013 - 2014 a montré une grande hétérogénéité des concentrations en fonction des stations de métro. On note ainsi un facteur 4 entre la station de métro Canal du Midi station pour laquelle les niveaux moyens de particules sont les plus faibles et la station de métro Les Carmes pour laquelle les niveaux moyens de particules sont les plus élevés.

Ainsi, les concentrations moyennes en PM10 mesurées dans les stations de métro Jeanne d'Arc, Compans Caffarelli et Canal du Midi sont proches. On note, en outre, que plus on se rapproche de la station des Carmes, plus les niveaux de PM10 augmentent.

**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 considérée. 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 pourraient également avoir un impact variable sur les niveaux de particules selon les stations de métro.**

Stations de métro - Ligne B	Palais de Justice	Les Carmes	François Verdier	Jean Jaurès	Jeanne d'Arc	Compans Caffarelli	Canal du Midi
Concentration moyenne modélisée du 16 janvier au 26 février 2014 (µg/m <sup>3</sup> )	32	72	50	38	22	22	18

Les concentrations en PM10 mesurées dans les stations de métro de la ligne B sont plus élevées que celles mesurées en fond urbain extérieur sur la même période.

En comparaison des niveaux relevés en bordure du périphérique, les résultats apparaissent contrastés en fonction des stations de métro.

Pour les stations Jeanne d'Arc, Compans Caffarelli et Canal du Midi, les niveaux de particules mesurés sont inférieurs à ceux observés en bordure du périphérique toulousain.

En revanche, pour les autres stations de métro, les concentrations sont supérieures à celles observées en bordure du périphérique toulousain.

	Stations toulousaines		
	urbaines	Trafic centre Toulouse	Trafic périphérique
Concentration moyenne du 16 janvier au 26 février 2014 (µg/m <sup>3</sup> )	14	22	28

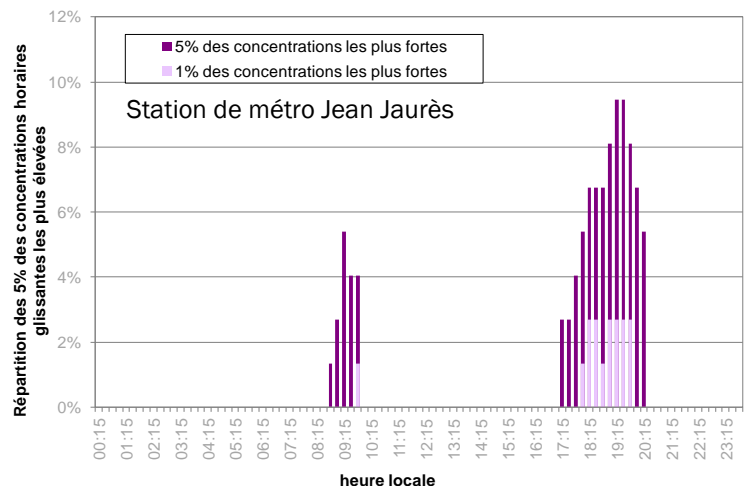
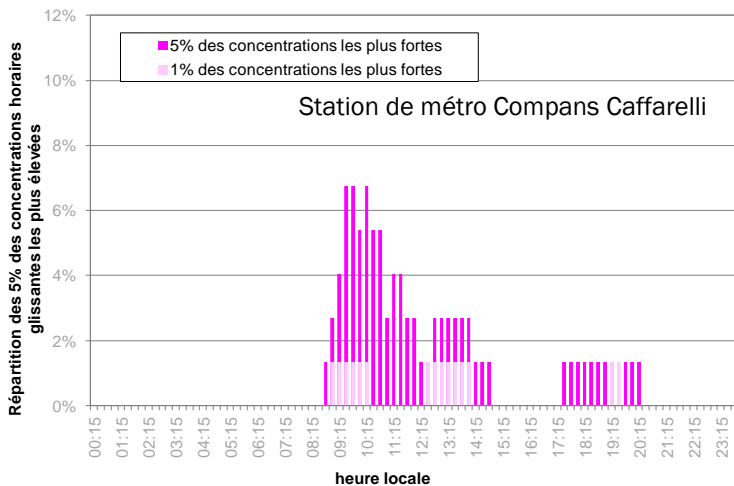
Une analyse des concentrations horaires a été réalisée afin d'identifier les périodes pour lesquelles les niveaux de particules dans les stations de métro sont les plus élevés. Nous avons ainsi pris en compte les 5% et les 1% des concentrations horaires glissantes les plus élevées rencontrés sur la période de mesures.

**Pour la période froide**, les deux stations de métro présentent une répartition des concentrations différentes avec :

- Pour la station de métro Compans Caffarelli, 84% des niveaux les plus élevés sont mesurés sur une large période comprise entre 8h45 et 14h45 (heures locales). En fin d'après midi,

quelques concentrations élevées sont mesurées entre 17h15 et 20h15.

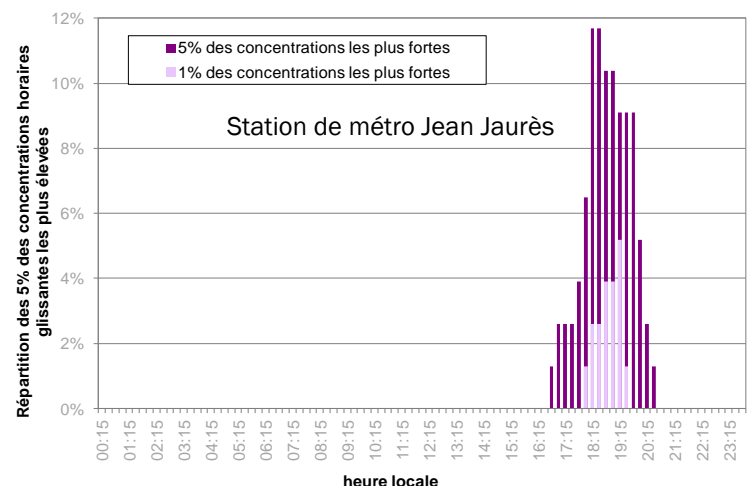
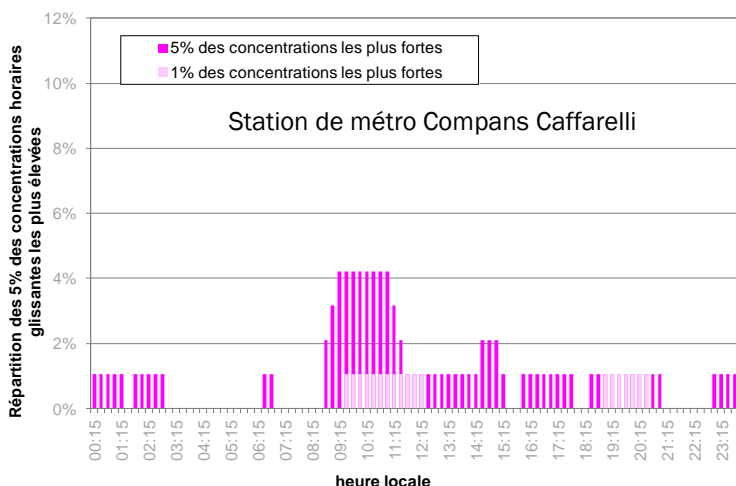
- Pour la station de métro Jean Jaurès, 82% des concentrations les plus élevées sont rencontrées sur la période 17h15 à 20h15 (heures locales). Des concentrations de PM10 élevées sont également rencontrées, mais dans une moindre proportion, pendant l'heure de pointe du matin entre 8h45 et 9h45. Ce profil est similaire à celui rencontré pour les deux stations de métro ligne A en 2013.



Graph 4 : Répartition des 5% et des 1% des concentrations en particules les plus élevées sur la journée pour la période froide.

**Pour la période chaude**, l'heure de pointe du matin est toujours marquée pour la station de métro Compans Caffarelli. Cependant, les concentrations horaires glissantes les plus élevées peuvent être relevées toute la journée.

Pour la station de métro Jean Jaurès, on constate que les 5% concentrations les plus élevées sont uniquement mesurées pendant l'heure de pointe du soir entre 16h30 et 20h30.



Graph 5 : Répartition des 5% et des 1% des concentrations en particules les plus élevées sur la journée pour la période chaude.

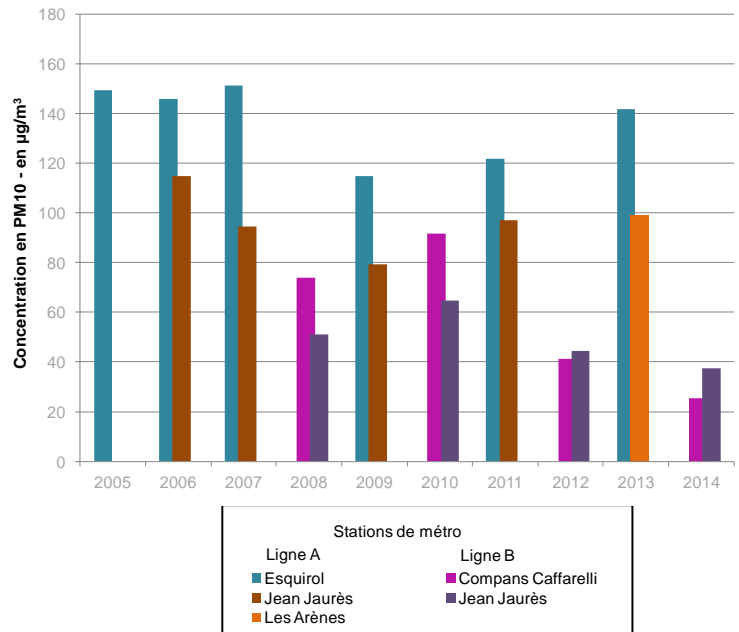
Le fonctionnement de la ventilation pendant les périodes pour lesquelles des niveaux élevés de particules sont susceptibles d'être rencontrés pourrait permettre d'éviter des niveaux de particules trop

importants. Cette étude sera menée sur la ligne A pendant l'hiver 2014 - 2015.

## Particules PM10 – Des concentrations inférieures à celles rencontrées sur la ligne A

Les concentrations annuelles en PM10 relevées sur les quais des stations de métro ligne B sont, comme lors de chaque période de mesures, plus élevées que celles rencontrées sur les quais des stations de métro ligne A.

Les niveaux mesurés sur les quais des stations de métro de la ligne B sont les plus faibles mesurés depuis le début de la surveillance de la qualité de l'air à l'intérieur de cette ligne de métro.



Graph 6 : Evolution des concentrations moyennes en particules PM10 mesurées dans les stations de métro.

## Particules PM10 – Des concentrations moyennes inférieures à celles relevées dans le métro parisien

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

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

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

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

		Concentrations en PM10 -en µg/m³	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	132	302
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	31	101
	Auber (RER ligne A)	92	355
Toulouse	Compans Caffarelli - métro ligne B	24	193
	Jean Jaurès - métro ligne B	39	125

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Du 03 au 24 septembre 2014

		Concentrations en PM10 en µg/m³	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	145	547
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	59	276
	Auber (RER ligne A)	187	686
Toulouse	Compans Caffarelli - métro ligne B	27	80
	Jean Jaurès - métro ligne B	36	94

µg/m³ : microgramme par mètre cube

En comparaison de 2013, le niveau d'empoussièrément dans les stations de métro et de RER parisiennes, sur l'année 2014, a varié en fonction de la station considérée.

Le niveau de particules PM10 a augmenté dans la station de métro Châtelet. Cette hausse résulte du vaste chantier en cours dans le secteur de Châtelet-les-Halles.

Le niveau de particules PM10 a diminué de -37% à Auber sur le RER A. Sur cette ligne, le matériel roulant a été renouvelé en 2014. Il est maintenant équipé d'un meilleur freinage électrique permettant de réduire les émissions de particules dues aux phénomènes d'abrasion.

Les niveaux observés dans la station de métro Franklin D. Roosevelt 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 2014).

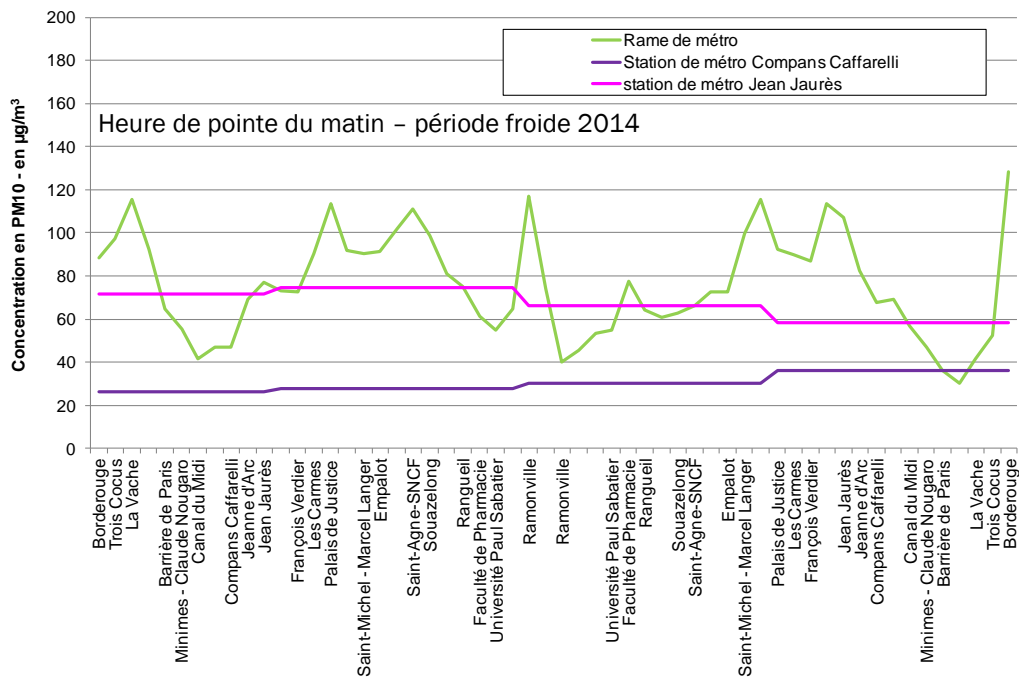
**Les teneurs moyennes en PM10 rencontrées sur les deux périodes de mesures sur les quais des stations de métro Compans Caffarelli et Jean Jaurès apparaissent donc inférieures à celles relevées dans les stations de métro parisiennes.**

## Particules PM10 – Des concentrations fluctuantes dans les rames de métro

Les teneurs en PM10 mesurées dans les rames de métro sont variables le long de la ligne.

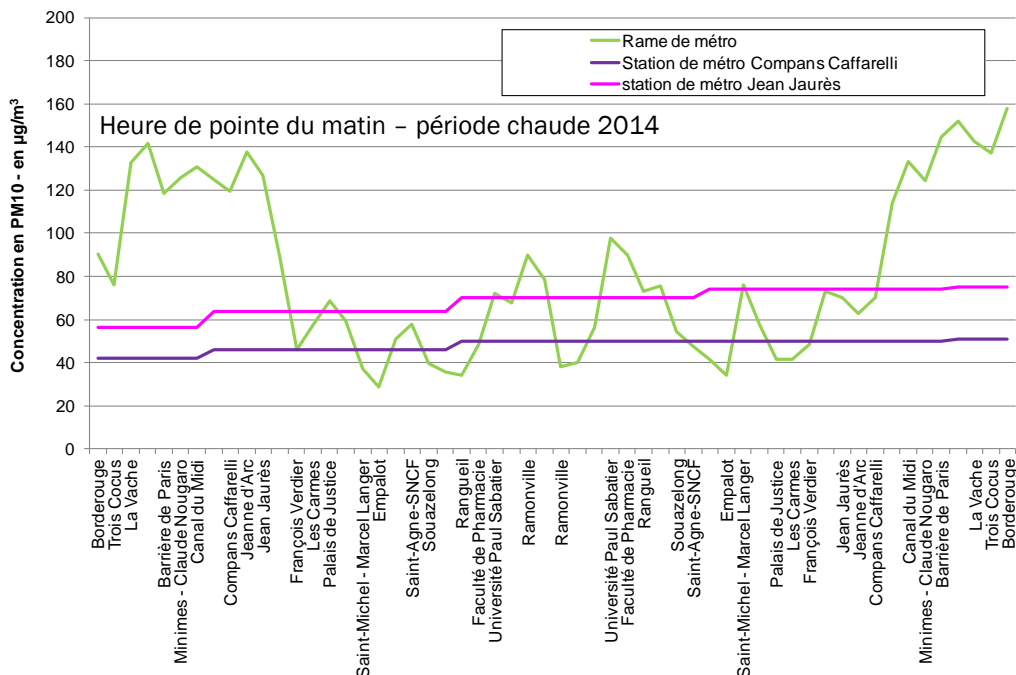
En période hivernale, les niveaux de PM10 rencontrés dans les rames de métro sont en moyenne sur les

différents créneaux horaires étudiés plus élevées que ceux mesurés sur les quais des stations de métro Compans Caffarelli et Jean Jaurès.



Graph 7 : Evolution des concentrations en particules PM10 dans une rame de métro à l'heure de pointe du matin pendant la période froide.

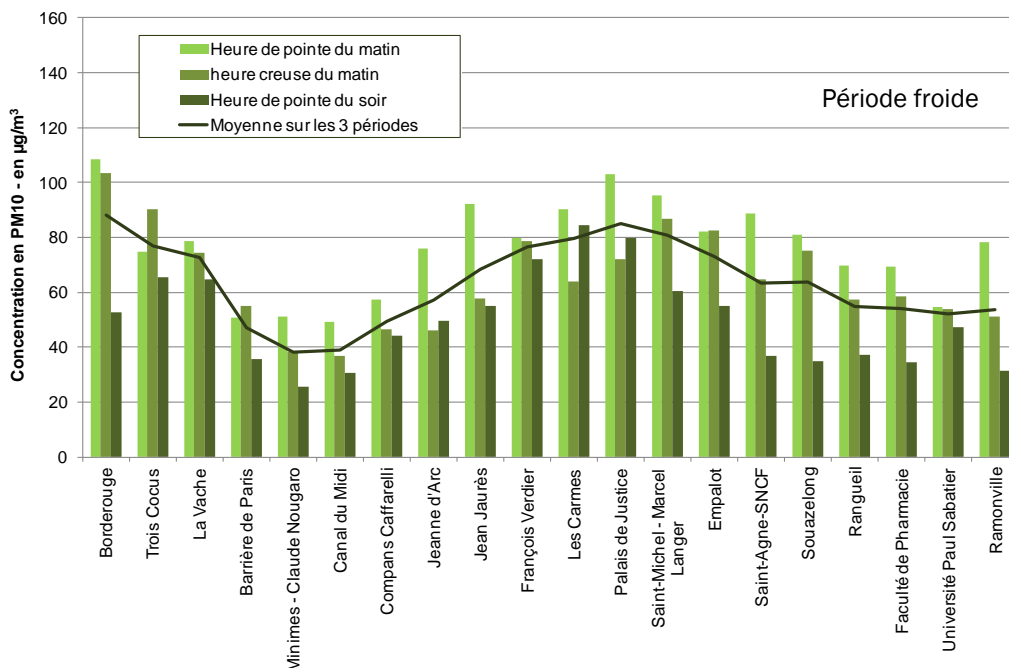
Pendant la période chaude, les niveaux mesurés dans les rames de métro sont également plus élevés que ceux rencontrés sur les quais des deux stations de métro.



Graph 8 : Evolution des concentrations en particules PM10 dans une rame de métro à l'heure de pointe du matin pendant la période chaude.

Lors de la **période froide**, les niveaux de particules les plus élevés ont été mesurés pendant l'heure de pointe du matin, les plus faibles ont été enregistrées pendant selon les stations de métro pendant l'heure de pointe du soir ou l'heure creuse. Sur le trajet du métro, les concentrations en particules PM10 dans les rames sont les plus faibles sur la portion entre Barrière de Paris et Jean Jaurès.

En moyenne sur l'ensemble de la ligne, les concentrations en PM10 sont de l'ordre de  $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la période froide. Elles sont 2 fois supérieures à celles relevées dans la station de métro Compans Caffarelli. Elles sont, en revanche, du même ordre de grandeur que celles relevées dans la station de métro Jean Jaurès.



Graph 9 : Evolution des concentrations en particules PM10 dans les rames de métro pendant la période froide.

Les concentrations en PM10 en heure de pointe du soir n'ont pu être exploitées pour la **période chaude**, en raison du dysfonctionnement de l'analyseur.

Sur les deux mesures faites le matin (en heure de pointe et en heure creuse), les écarts de concentration

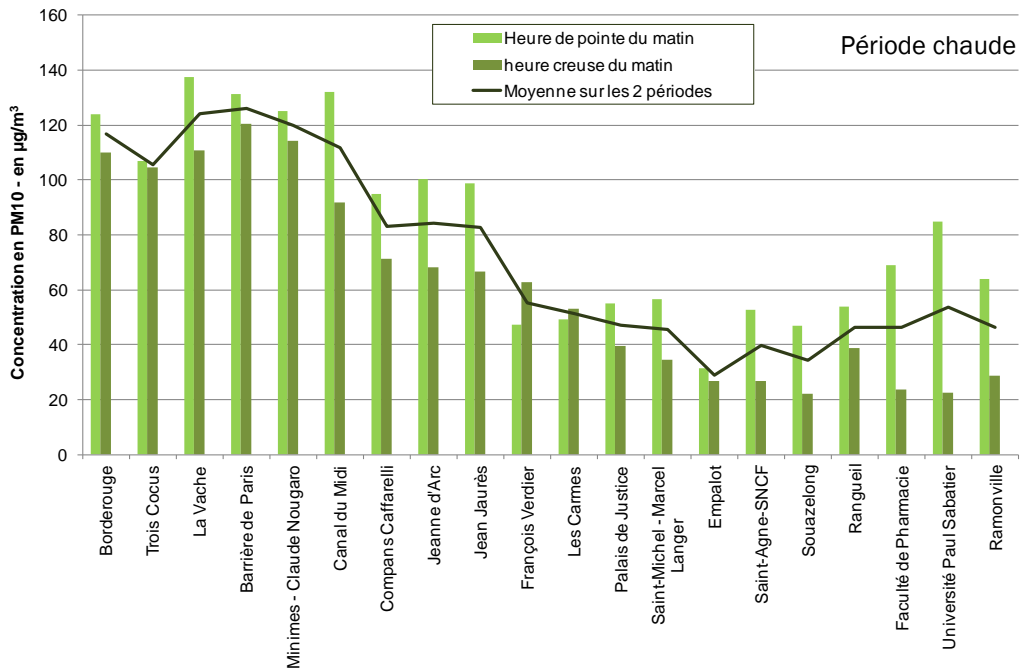


en particules sont importants. Les niveaux de particules PM10 les plus élevés sont mesurés en heure de pointe.

Comme lors de la période froide, l'ouverture des portes des rames de métro ne permet sans doute pas le renouvellement de l'air dans les rames puisque les concentrations en particules PM10 ne chutent pas lors du passage des métro dans les stations aériennes.

En moyenne sur l'ensemble de la ligne, les concentrations en PM10 sont de l'ordre de 72 µg/m<sup>3</sup>

pour cette période. Elles sont ainsi du même ordre de grandeur que celles rencontrées à Compans Caffarelli et supérieures à celles relevées à Jean Jaurès. **Les niveaux de particules dans les rames, supérieurs ou égaux à ceux relevés sur les quais des stations de métro tendent à montrer que l'ouverture des portes des rames de métro ne permet pas un important renouvellement de l'air dans les rames.**



Graph 10 : Evolution des concentrations en particules PM10 dans les rames de métro pendant la période chaude.

En période froide ou chaude, une station qui enregistre la concentration la plus élevée sur un trajet peut enregistrer la concentration la plus faible quelques heures plus tard.

On note cependant que les variations selon l'heure des mesures peuvent être très importantes avec des niveaux de concentration pouvant être multipliés par 4.

## PM10 – des concentrations 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 70 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 <sup>3</sup> sur 8 heures	<b>Maximum sur huit heures:</b> Compans Caffarelli : 73 µg/m <sup>3</sup> (période froide) Jean Jaurès : 77 µg/m <sup>3</sup> (période froide)

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

## PARTICULES DE DIAMETRE INFERIEUR A 2,5 µM

### PM2.5 – 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 la période chaude respectent la valeur limite fixée pour

l'air ambiant extérieur. Elles sont en revanche supérieures à la valeur limite.

Les particules PM2,5 n'ont pu être mesurées pendant la période froide, l'appareil de mesures étant utilisé pour la cartographie des niveaux de particules PM10 dans les principales stations de métro de la ligne B.

		PARTICULES DE DIAMETRE INFERIEUR A 2,5 µm		
		Respect de la valeur fixée pour l'air extérieur	Valeur fixée pour l'air extérieur	Période
Exposition de longue durée	Valeur limite	OUI	26 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	<b>Moyenne sur la période chaude :</b> Compans Caffarelli : 15 µg/m <sup>3</sup>
	Objectif de qualité	NON	10 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	<b>Moyenne sur la période chaude :</b> Compans Caffarelli : 15 µg/m <sup>3</sup>

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

### PM2,5 – l'activité du métro émettrice de fines particules

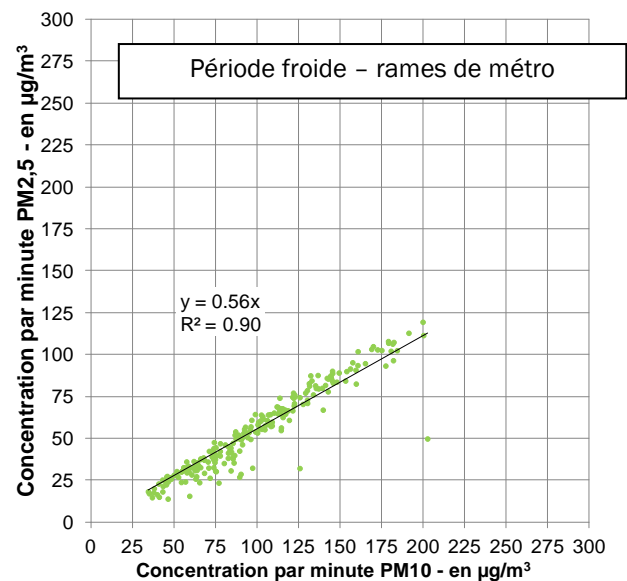
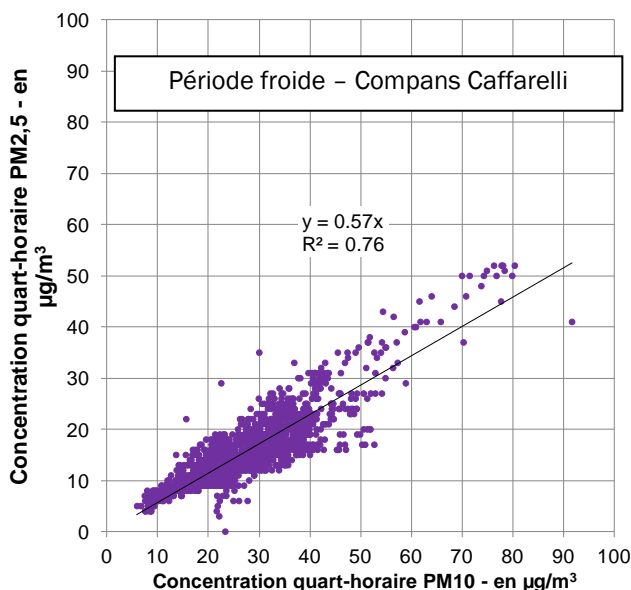
L'activité métro est source de particules, de diamètre inférieur à 10 µm mais également de diamètre inférieur à 2,5 µm. Avec 15 µg/m<sup>3</sup> en moyenne pendant la période chaude, les concentrations en PM2,5 mesurées dans la station de métro Compans Caffarelli sont légèrement supérieures à celles mesurées dans l'air ambiant urbain extérieur (11 µg/m<sup>3</sup> en moyenne sur la période).

Les niveaux de particules PM10 ayant peu évolué entre les deux périodes de mesures, nous pouvons penser que les niveaux en PM2,5 mesurés pendant la période chaude sont assez représentatifs de ceux qui auraient été mesurés pendant la période froide.

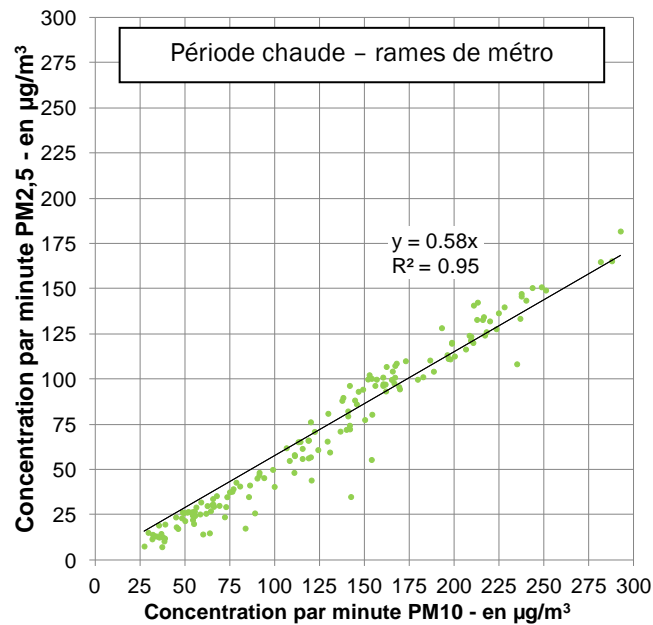
### PM2,5 – Forte proportion de PM2,5 dans les PM10

Les corrélations PM2,5 / PM10 rencontrées sur le quai de la station de Compans Caffarelli et dans les rames de métro sont identiques : environ 55% des PM10 mesurées sont des PM2,5. Ce taux est

similaire à ceux relevés sur le quai de la station de métro Esquirol en 2013 mais plus faible que celui rencontré sur le quai de la station Compans Caffarelli pendant la période froide 2012 (74%).



Graph 11 : Concentration PM2,5 = f(concentration PM10)



Graphe 12 : Concentration PM2,5 = f(concentration PM10) en moyenne sur une minute dans les rames de métro

## PM2,5 – des concentrations plus faibles que sur les quais du RER A

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 PM2,5 rencontrés sur les quais du RER A pour la campagne de mesures période chaude dans le métro toulousain.

Du 03 au 24 septembre 2014		Concentrations en PM2,5(en µg/m³)	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Auber (RER ligne A)	83	447
Toulouse	Compans Caffarelli - métro ligne B	15	51

Les niveaux mesurés sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli sont très inférieurs à ceux relevés dans le RER A.

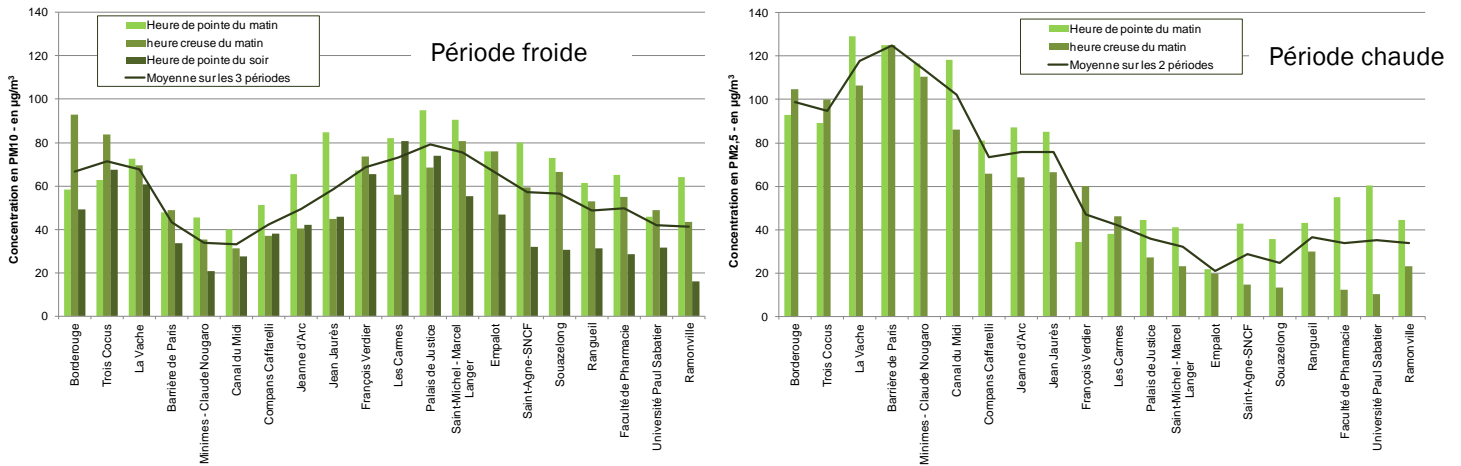
Comme pour les résultats obtenus sur les quais des métros toulousains, il existe une forte corrélation entre les concentrations en PM10 et celles en PM2,5 mesurés sur le quai du RER A. En revanche, on note

que, sur le quai du RER A, les PM2,5 représente 45% des PM10 pour la période chaude. La proportion de PM2,5 dans les PM10 est donc plus importante dans le métro toulousain en comparaison du RER parisien.

## PM2,5 – Des concentrations fluctuantes dans les rames de métro

Comme pour les particules PM10, les teneurs en particules PM2,5 mesurées dans les rames de métro varient le long du trajet. Les stations enregistrant les concentrations en PM2,5 les plus fortes sont les mêmes que celles enregistrant les concentrations en PM10 les plus élevées.

En moyenne, les niveaux de particules PM2,5 rencontrés lors de la période chaude sont de 62 µg/m<sup>3</sup>. Ils sont identiques à ceux rencontrés lors de la période froide



Graph 13 : Evolution des concentrations en particules PM2,5 dans les rames de métro.



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

### LES FAITS MARQUANTS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

- Respect de la valeur guide fixée sur une heure dans l'enceinte du métro
- Introduction du dioxyde d'azote par la ventilation.
- 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 (NO<sub>2</sub>) 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 souterraine 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/m<sup>3</sup>, 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.

## dioxyde d'azote- respect de la valeur guide fixée sur une heure dans l'enceinte du métro

En mars 2013, l'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.

		DIOXYDE D'AZOTE - NO <sub>2</sub>		
		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 <sup>3</sup> en maximum horaire	<b>Maximum horaire :</b> Station de métro Compans Caffarelli : 137 µg/m <sup>3</sup> (période chaude)  <b>Maximum sur 55 minutes :</b> Rames de métro : 39 µg/m <sup>3</sup> (période chaude)

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

## NO<sub>2</sub> – 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 NO<sub>2</sub> rencontrées dans les

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

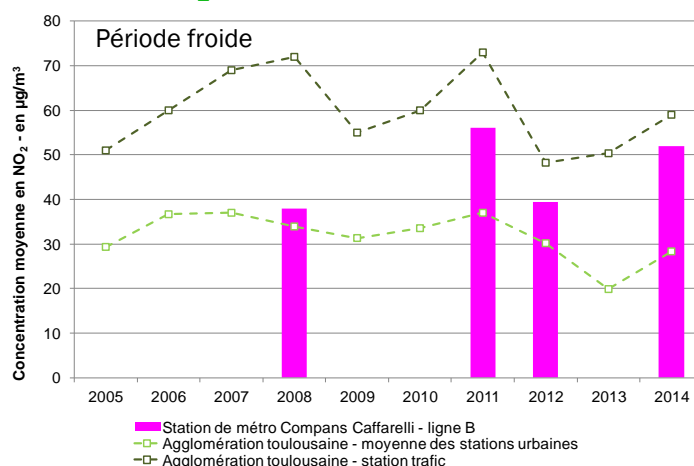
**En période chaude**, la ventilation fonctionne en continu introduisant dans l'enceinte du métro le NO<sub>2</sub> issu du trafic routier. Dans l'air extérieur, des processus de réactions photochimiques entraînent la destruction du NO<sub>2</sub> émis tandis que dans le métro, le NO<sub>2</sub> n'est 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.

## NO<sub>2</sub> – Impact de la météo extérieure sur les niveaux de NO<sub>2</sub> dans le métro

La concentration moyenne en NO<sub>2</sub> relevée sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli pendant la période froide 2014 est du même ordre de grandeur que celles relevées les années précédentes.

En comparaison des niveaux rencontrés en proximité trafic dans le centre de Toulouse, les concentrations en NO<sub>2</sub> sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli sont de 12 à 47% plus faibles. Ce taux est en diminution depuis 2008.

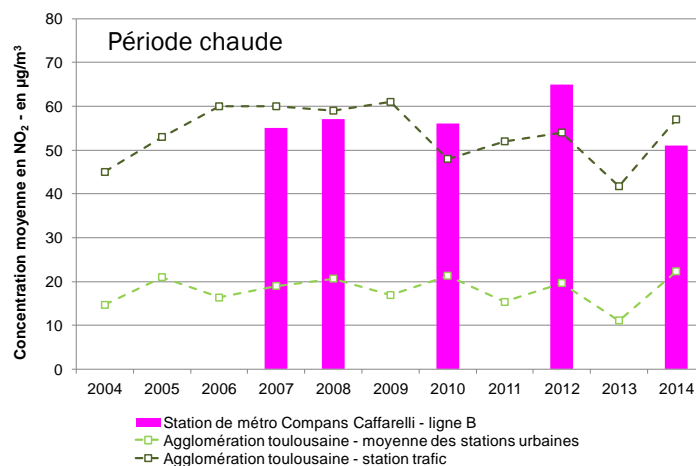
En revanche, l'écart relatif entre les niveaux rencontrés en site urbain et ceux relevés sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli varie fortement d'une période de mesures à une autre sans présenter de tendance.



Graphique 14 : Evolution des concentrations moyennes en dioxyde d'azote sur la période froide mesurées dans la station de métro Compans Caffarelli depuis 2008 et comparaison avec les concentrations rencontrées dans l'air ambiant extérieur.



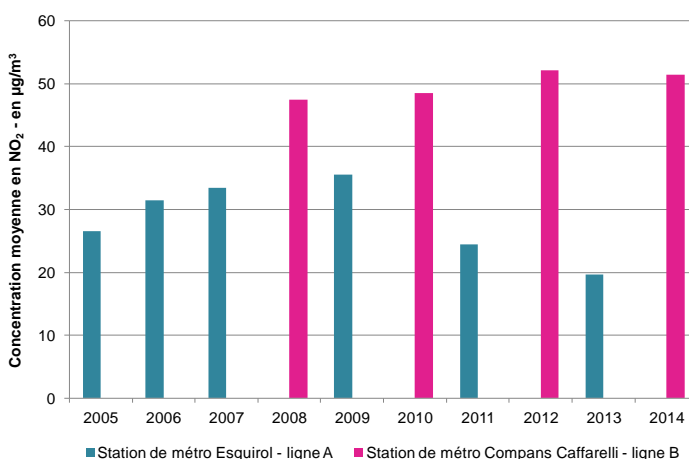
Pour la période chaude, la concentration observée pour la station de métro Compans Caffarelli est la plus faible rencontrée depuis le début des mesures. Elle reste cependant du même ordre de grandeur que les concentrations relevées les années précédentes. Les concentrations sont du même ordre de grandeur ou légèrement supérieures à celles relevées en proximité trafic. Les niveaux sont, en outre, 2 à 3 fois plus élevés que ceux relevés en niveau urbain de fond.



Gratification 15 : Evolution des concentrations moyennes en dioxyde d'azote sur la période chaude mesurées dans la station de métro Compans Caffarelli depuis 2008 et comparaison avec les concentrations rencontrées dans l'air ambiant extérieur.

## NO<sub>2</sub> – Des concentrations plus élevées quai Compans Caffarelli - Ligne B que quai Esquirol - ligne A

Les concentrations de NO<sub>2</sub> sur le quai de la station de métro Compans Cafarelli restent nettement plus élevées que celles rencontrées sur les quais de la station de métro Esquirol. Le tracé de la ligne B suit, sur une large portion, les boulevards toulousains. Le dioxyde d'azote présent dans le métro étant d'origine extérieure, la proximité de voies de circulation fréquentées associées à un débit de ventilation des ventilateurs tunnels plus important sur la ligne B induit des teneurs en NO<sub>2</sub> plus élevées sur cette ligne par rapport à la ligne A.



Gratification 16 : Evolution des concentrations en NO<sub>2</sub> 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.

## NO<sub>2</sub> – 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 NO<sub>2</sub> rencontrés sur les quais des stations du réseau francilien pour les deux campagnes de mesures dans le métro toulousain.

Du 10 au 26 février 2014		Concentrations en NO <sub>2</sub> (en µg/m <sup>3</sup> )	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	45	95
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	64	108
	Auber (RER ligne A)	54	93
Toulouse	Compans Caffarelli - métro ligne B	52	115

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

Du 03 au 24 septembre 2014		Concentrations en NO <sub>2</sub> (en µg/m <sup>3</sup> )	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (métro ligne 4)	42	75
	Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)	58	123
	Auber (RER ligne A)	53	139
Toulouse	Compans Caffarelli - métro ligne B	51	136

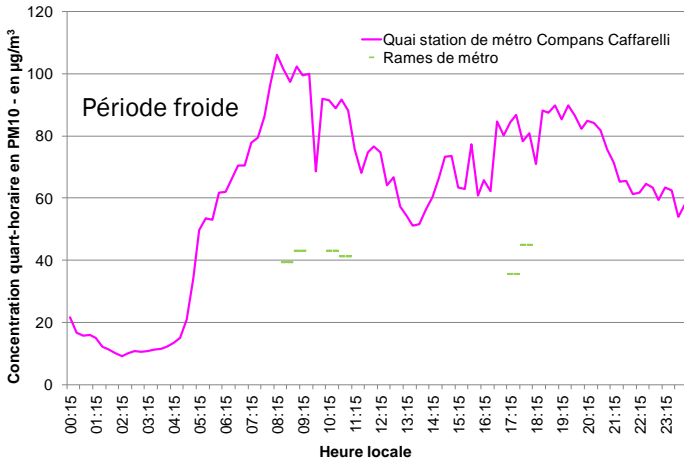
µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

Pour les deux périodes de mesures, les teneurs moyennes en NO<sub>2</sub> rencontrées sur les quais de la station de métro toulousaine Compans Caffarelli sont du même ordre de grandeur que celles relevées dans les stations du métro parisien Chatelet et Franklin D. Roosevelt et dans la station du RER A. De même, la concentration horaire maximale rencontrée sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli est similaire ou légèrement plus élevée que celles mesurées dans le réseau francilien.

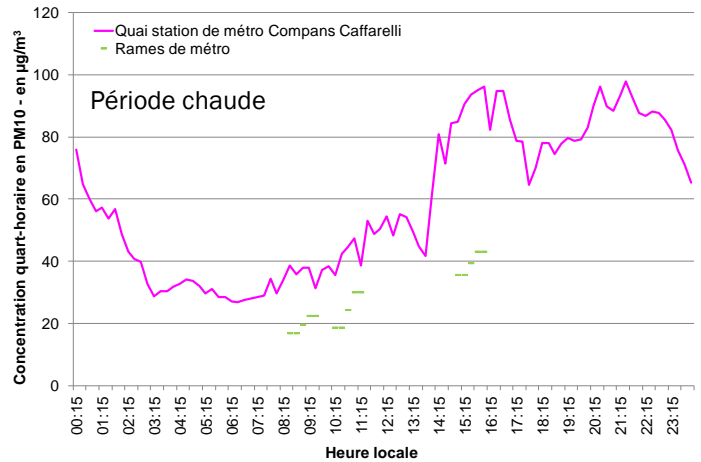
Dans les environnements souterrains parisiens et toulousains, pendant le service voyageur, aucune source de NO<sub>2</sub> n'est imputable à l'activité métro. Le NO<sub>2</sub> présent est issu de l'environnement extérieur. **Les variations de concentration entre les deux réseaux de métro sont sans doute imputables aux niveaux de NO<sub>2</sub> dans l'air ambiant extérieur et à la ventilation des stations de métro.**

## NO<sub>2</sub> – Des concentrations quart-horaires faibles dans les rames de métro

En période froide comme en période chaude, les concentrations en NO<sub>2</sub> rencontrées dans les rames de



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



Graphique 17 : Comparaison des concentrations en NO<sub>2</sub> rencontrées dans les rames de métro avec celles mesurées sur les quais des stations de métro.

## NO<sub>2</sub> –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 <sub>2</sub>		
		Respect de la VLE	Valeur en ambiance de travail	Période
Exposition de courte durée	Valeur Limite d'Exposition (VLE)	OUI	6 000 µg/m <sup>3</sup> sur 15 minutes	<p><b>Maximum sur 15 minutes:</b> Quai de la station de métro Compans Caffarelli : 193 µg/m<sup>3</sup> (période froide)</p> <p><b>Maximum sur 25 minutes :</b> Rames de métro : 45 µg/m<sup>3</sup> (période froide)</p>

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube





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

### LES FAITS MARQUANTS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

- Respect de de la valeur guide et de la valeur cible dans les deux stations de métro étudiées
- Le benzène provient majoritairement de l'extérieur
- 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.

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

Le décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène fixe deux valeurs guides :

- Valeur guide applicable au 1<sup>er</sup> janvier 2013 : 5 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle
- Valeur guide applicable au 1<sup>er</sup> janvier 2016 : 2 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle

Sont concernés par cet arrêté : les gestionnaires des établissements recevant du public.

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 fixée sur une année de mesures. Les niveaux sont également inférieurs à la valeur guide de la qualité de l'air intérieur applicable au 1<sup>er</sup> janvier 2016.

		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 <sup>3</sup> en moyenne annuelle	Moyenne sur les deux périodes de mesures : Compans Caffarelli : 1,5 µg/m <sup>3</sup> Jean Jaurès : 1.5 µg/m <sup>3</sup>
	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur (applicable au 1 <sup>er</sup> janvier 2016)	OUI	2 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	Moyenne sur les deux périodes de mesures : Compans Caffarelli : 1,5 µg/m <sup>3</sup> Jean Jaurès : 1.5 µg/m <sup>3</sup>

µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

Toutefois, rappelons que cette réglementation est fixée pour une année de mesures. Or, la durée des mesures dans les stations du métro toulousain a représenté environ 12% de l'année, elle ne peut donc pas être considérée comme représentative de l'année complète.

En outre, 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 tandis que la valeur guide est fixée pour une année d'exposition.

## Benzène - en provenance majoritairement 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.

Etant 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.

Concentration moyenne en benzène - en µg/m <sup>3</sup>					
		Station de métro Compans Caffarelli		Station de métro Jean Jaurès	
		Quai	extérieur	Quai	extérieur
Moyenne des deux périodes de mesures		1.5	1.5	1.5	1.2

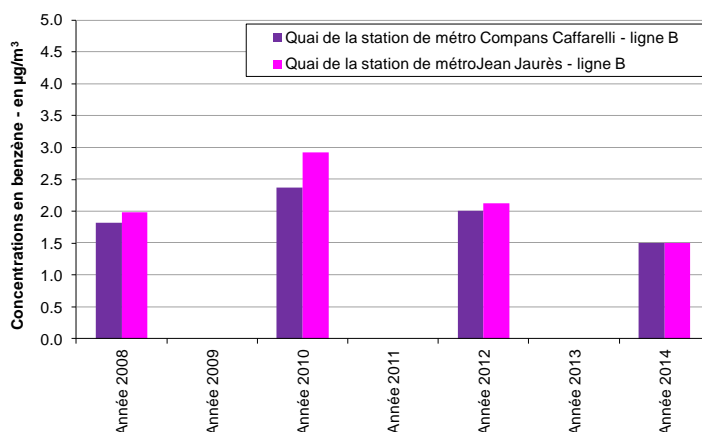
µg/m<sup>3</sup> : microgramme par mètre cube

Les concentrations mesurées à l'intérieur de stations de métro sont du même ordre de grandeur ou légèrement supérieures 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.

## Benzène – Des niveaux en baisse

Les niveaux moyennés des deux périodes de mesures chaude et froide de 2014 sont les plus faibles rencontrés depuis 2005 pour les deux stations de métro.



Graphe 18 : Evolution des concentrations en benzène en moyenne sur les deux périodes mesurées dans les stations de métro de la ligne B depuis 2005.

## Benzène – 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 inférieures à celles relevées sur les quais des stations de métro Compans Caffarelli pendant la même période de prélèvement. On notera

que ponctuellement des niveaux relativement élevés peuvent être rencontrés dans le métro (8,7 µg/m³ lors de l'heure de pointe du matin pour un prélèvement de 1h20 mn).

Période froide 2014: Mercredi 12 février 2014- Teneurs en benzène (en µg/ m³)				
Rames			Quai de la station de métro Compans Caffarelli	
Heure pointe matin	Heure creuse matin	Heure pointe soir	Heure pointe matin	Heure creuse matin
2.6	2.5	1.8	8.7	3.1

µg/m³ : microgramme par mètre cube

Période chaude 2013 : Mercredi 10 septembre 2014- Teneurs en benzène (en µg/ m³)			
Rames			Quai de la station de métro Compans Caffarelli
Heure pointe matin	Heure creuse matin	Heure pointe soir	Heure creuse matin
2.6	2.3	1.5	3.7

µg/m³ : microgramme par mètre cube

## Benzène –respect de la Valeur de Moyenne Exposition

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

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

Benzène				
		Respect de la VME	Valeur en ambiance de travail	Période
Exposition de longue durée	Valeur Limite de Moyenne Exposition (VME)	OUI	3 250 µg/m³ sur 8 heures	Maximum sur 1 heure et 20 minutes: Rames de métro : 2,5 µg/m³ Quai de la station de métro Compans Caffarelli: 8.7 µg/m³
				Maximum sur 15 jours :





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

Quai de la station de métro Compans Caffarelli :  
1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
Quai de la station de métro Jean Jaurès : 1,5  
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



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

### LES FAITS MARQUANTS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

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

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

### DEFINITION

Le dioxyde de carbone, est un composé chimique de formule CO<sub>2</sub>. Dans les conditions normales de température et de pression, c'est un gaz incolore, inodore, à la saveur piquante. Le CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>. Le gaz carbonique est donc un indicateur du taux de renouvellement d'air pour l'air intérieur. Ainsi, dans un local mal ventilé, le CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> supérieures à 850 ppm en moyenne sur une journée de travail

Concernant les effets intrinsèques du CO<sub>2</sub>, il est observé que :

- une récente étude expérimentale sur 22 sujets humains adultes suggère un effet propre du CO<sub>2</sub> 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: Compans Caffarelli : 632 ppm (période froide) Jean Jaurès : 839 ppm (période froide)

ppm : partie par million.

## Un niveau de confinement satisfaisant dans le métro

Sur l'ensemble des mesures réalisées en 2014, les niveaux de CO<sub>2</sub> ont culminé à environ 840 ppm pour la station de métro Jean Jaurès et à 630 ppm pour la station de métro Compans Caffarelli. 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 salles instrumentées. Le premier constat est donc que le système de ventilation dont sont équipées les stations de métro et les tunnels permet de maintenir le CO<sub>2</sub> à des niveaux satisfaisants.

On observe que le quai de la station de métro Jean Jaurès enregistre des niveaux légèrement plus élevés en présence des usagers du métro. La fréquentation plus importante de cette station induit une émission plus forte de CO<sub>2</sub>.

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 CO<sub>2</sub> 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 1162 ppm pendant la période froide et de 7274 ppm pendant la période chaude.

Sur un pas de temps d'une minute, les variations des concentrations en CO<sub>2</sub> dans les rames de métro sont très importantes. Le maximum rencontré a été de 1494

ppm pendant la période froide et de 894 ppm pendant la période chaude. Les niveaux de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> dans les rames de métro.

## ANNEXE V : 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).
- journée record : le 6 décembre 2013 : avec près de 246 000 validations

### 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.
- journée record : le 6 décembre 2013 : avec 226 000 voyageurs.

### 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 VI : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES STATIONS DE MÉTRO PARISIEN

### Station de métro Chatelet (metro 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 (metro ligne 1)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Station de RER Auber (RER ligne A)

La gare Auber est une gare ferroviaire du 9<sup>e</sup> 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).



## ANNEXE VII : ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ZONES ACCESSIBLES AU PUBLIC

### Quais de stations de metro : Mesures de polluants gazeux et particulaires

#### Mesures automatiques

Des mesures de polluants gazeux et particulaires par analyseurs automatiques ont été menées sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli. Le choix de ce site de mesures repose sur des critères de fréquentation de la station par les usagers ainsi que sur

des contraintes techniques inhérentes au fonctionnement et à la sécurité des analyseurs.

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



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

Cette station de mesures a été équipée de trois analyseurs permettant chacun la mesure en continu 24h/24 d'un polluant ou d'une famille de polluants. Ces analyseurs 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.

Les paramètres mesurés par analyseurs fixes automatiques sont les suivants :

Polluants atmosphériques	Technique de mesure	Norme
Monoxyde et Dioxyde d'azote	Chimiluminescence	NF X 43-018
Particules de diamètre inférieur à 10 µm	Gravimétrie	NF ISO 7708
Particules de diamètre inférieur à 2,5 µm	Gravimétrie	NF ISO 7708

### Mesures par échantillonneurs passifs



Photo n°2 : Tubes à diffusion passive

Des mesures de benzène, par échantillonneurs passifs ont été réalisées sur les quais des stations de métro Compans Caffarelli et Jean Jaurès-ligne B.

De plus, des tubes échantillonneurs passifs ont été placés à l'entrée des deux stations de métro afin de connaître les niveaux de concentrations à l'extérieur.

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

### Mesures de polluants particulaires



Photo n° 3 : Tubes à diffusion passive

Un analyseur de particules de diamètre inférieur à 10 µm permettant la mesure en continu 24h/24 (technique de mesures : gravimétrie) a également été installé dans la station de métro Jean Jaurès durant la même période que la station de mesures sur le quai de la station de métro Compans Caffarelli.

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

En se basant sur l'avis du CSHPF, l'ORAMIP a réévalué les valeurs de référence préconisées pour le métro parisien afin de les adapter au métro toulousain. Il est à noter que les concentrations obtenues sont très approximatives en terme 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/m<sup>3</sup>.

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/m <sup>3</sup>								
	P90.4ext = 39 µg/m <sup>3</sup>	P90.4ext = 31 µg/m <sup>3</sup>	P90.4ext = 36 µg/m <sup>3</sup>	P90.4ext = 34 µg/m <sup>3</sup>	P90.4ext = 41 µg/m <sup>3</sup>	P90.4ext = 34 µg/m <sup>3</sup>	P90.4ext = 30 µg/m <sup>3</sup>	P90.4ext = 29 µg/m <sup>3</sup>
Tsout = 15 mn	1095 µg/m <sup>3</sup>	1855 µg/m <sup>3</sup>	1412 µg/m <sup>3</sup>	1602 µg/m <sup>3</sup>	905 µg/m <sup>3</sup>	1602 µg/m <sup>3</sup>	1950 µg/m <sup>3</sup>	2045 µg/m <sup>3</sup>
Tsout = 30 mn	567 µg/m <sup>3</sup>	943 µg/m <sup>3</sup>	724 µg/m <sup>3</sup>	818 µg/m <sup>3</sup>	473 µg/m <sup>3</sup>	818 µg/m <sup>3</sup>	990 µg/m <sup>3</sup>	1037 µg/m <sup>3</sup>
Tsout = 45 mn	391 µg/m <sup>3</sup>	639 µg/m <sup>3</sup>	494 µg/m <sup>3</sup>	556 µg/m <sup>3</sup>	329 µg/m <sup>3</sup>	556 µg/m <sup>3</sup>	670 µg/m <sup>3</sup>	701 µg/m <sup>3</sup>
Tsout = 1 h	303 µg/m <sup>3</sup>	487 µg/m <sup>3</sup>	380 µg/m <sup>3</sup>	426 µg/m <sup>3</sup>	257 µg/m <sup>3</sup>	426 µg/m <sup>3</sup>	510 µg/m <sup>3</sup>	533 µg/m <sup>3</sup>

µg/m<sup>3</sup> : 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/m<sup>3</sup> pour 2013.

## ANNEXE IX : ÉVOLUTION DES TENEURS EN PM10 SUR LE QUAI DE STATIONS DE MÉTRO DEPUIS 2004

Nous indiquons ci-dessous les teneurs en PM10 dans les stations de métro ligne A et B et dans l'air ambiant extérieur en stations urbaines et de proximité automobile depuis 2004 date de la première campagne de mesures sur la ligne A.

	Concentrations moyennes en particules PM10 - en $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
	Stations de métro					Station urbaine	Station trafic
	Ligne A			Ligne B			
	Esquirol	Jean Jaurès	Les Arènes	Compans	Jean Jaurès		
Été 2004	93	-	-	-	-	26	27
Hiver 2004-2005	147	-	-	-	-	17	23
Été 2005	152	82	-	-	-	18	23
Hiver 2005-2006	165	105	-	-	-	25	28
Été 2006	127	125	-	-	-	20	21
Hiver 2006-2007	165	102	-	-	-	31	37
Été 2007	138	87	-	28	40	20.5	24
Hiver 2007-2008	-	-	-	121	65	24	27
Été 2008	-	-	-	27	37	17	22
Hiver 2008-2009	134	82	-	-	-	22	40*
Été 2009	96	77	-	-	-	23	25
Hiver 2009-2010	-	-	-	151	86	28	57
Été 2010	-	-	-	32	43	20	46
Hiver 2010-2011	168	121	-	-	-	43	62*
Été 2011	76	73	-	-	-	21	38*
Hiver 2011-2012	-	-	-	53	54	32	49*
Été 2012	-	-	-	29	35	18	34
Hiver 2012-2013	145	-	88	-	-	14	29
Été 2013	139	-	110	-	-	16	32
Hiver 2013-2014							
Été 2014							

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

\* : concentration fournie par la station de mesures implantée à proximité du périphérique sud de Toulouse.

## ANNEXE X : 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<sup>(1)</sup>:

« 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 mesure 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<sup>(2)</sup> et alvéolaires<sup>(3)</sup> de l'atmosphère inhalé par une personne, évaluées sur une période de 8 heures, ne doivent pas dépasser respectivement 10 et 5 mg.m<sup>3</sup> 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.»

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> Toutes les poussières mesurées (quel que soit leur diamètre aérodynamique).

<sup>3</sup> Poussières dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 4 µm (PM4).



# 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](http://www.oramip.org)