

Surveillance de la qualité de l'air dans le métro de Toulouse – ligne B

Année 2021

ETU-2022-127 Edition Mars 2023



CONDITIONS DE DIFFUSION

Atmo Occitanie, est une association de type loi 1901 agréée (décret 98-361 du 6 mai 1998) pour assurer la surveillance de la qualité de l'air sur le territoire de la région Occitanie. Atmo Occitanie est adhérent de la Fédération Atmo France.

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

Atmo Occitanie met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux. À ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur le site :

www.atmo-occitanie.org

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

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

Les données ne sont pas systématiquement rediffusées lors d'actualisations ultérieures à la date initiale de diffusion.

Par ailleurs, **Atmo Occitanie** n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec **Atmo Occitanie** par mail :

contact@atmo-occitanie.org

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	1
1 INTRODUCTION	3
2 MÉTHODE	4
2.1 Dispositif d'évaluation	4
2.2 Réglementations prises en compte	5
2.2.1 Valeurs applicables aux usagers du métro	5
2.2.2 Valeurs réglementaires pour les ambiances de travail	6
3 RÉSULTATS DES MESURES	7
3.1 Situation des concentrations en particules dans les deux lignes de métro vis-à-vis des indicateurs de gestion de l'Anses	7
3.1.1 Des concentrations inférieures à la valeur de gestion fixée à partir des valeurs réglementaires (C_{sout_lim})	7
3.1.2 Des concentrations ponctuellement supérieures aux valeurs de gestion fixées à partir des valeurs guides OMS (C_{sout_OMS})	7
3.1.3 Étude de la répartition des dépassements	9
3.2 Bilan de la qualité de l'air dans l'enceinte de la ligne B du métro	11
3.2.1 Les particules	11
3.2.2 Le dioxyde d'azote	17
3.2.3 Le benzène	21
3.2.4 Le dioxyde de carbone (CO_2)	23
4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES	25
TABLE DES ANNEXES	27

RÉSUMÉ

Depuis 2004, en partenariat avec TISSEO Collectivités, Atmo Occitanie étudie la qualité de l'air du métro toulousain. Des mesures de plusieurs polluants sont ainsi réalisées deux fois par an, en ciblant généralement en alternance la ligne A et la ligne B dans l'objectif de collecter des mesures sur l'ensemble du réseau.

Afin de situer la qualité de l'air dans le métro toulousain et en l'absence de seuils réglementaires, Atmo Occitanie compare les concentrations mesurées avec des valeurs de gestion ou des valeurs guides selon les polluants. Avec l'amélioration des connaissances, de nouvelles valeurs de gestion peuvent être proposées. Ainsi, en 2022, l'Anses a fixé des indicateurs de gestion pour les particules. Ces indicateurs ont vocation à être utilisés comme des repères pour situer les niveaux de pollution en particules PM₁₀ et PM_{2,5} dans les métros.

Ce rapport présente donc dans un premier temps la situation des concentrations en particules dans les deux lignes de métro vis-à-vis des indicateurs de gestion de l'Anses¹. Dans une seconde partie, il rend compte de l'état de la qualité de l'air dans l'enceinte de la ligne B du métro toulousain en 2021.

Situation des niveaux de particules vis-à-vis des nouveaux indicateurs de gestion de l'Anses

Le temps moyen passé par un usager dans le métro toulousain est de 30 min².

Sur ce pas de temps, **les concentrations de particules PM₁₀ mesurées dans l'enceinte du métro respectent l'indicateur de gestion de 940 µg/m³ de l'Anses.**

En revanche, **les concentrations de PM₁₀ et PM_{2,5} ne respectent pas les indicateurs de gestion plus ambitieux de l'Anses de 250 µg/m³ pour les particules PM₁₀ et 140 µg/m³ pour les particules PM_{2,5}.**

Etat de la qualité de l'air en 2021 dans la ligne B du métro

Les particules PM₁₀ et PM_{2,5}

En 2021, les **concentrations sur 30 minutes en particules PM₁₀ et PM_{2,5} mesurées sur les quais de la ligne B dépassent les valeurs de gestion de l'Anses les plus contraignantes, jusqu'à 4% du temps de mesure.** Les concentrations mesurées sont très inférieures au seuil réglementaire fixé pour la santé des travailleurs.

Les particules sont produites par l'activité du métro : le roulement et le freinage des rames en circulation, ainsi que par la remise en suspension dans l'air des particules déjà présentes.

Les **concentrations mesurées dans le métro toulousain sont nettement plus élevées que le fond urbain** (particules PM₁₀ dans la station Carmes 6 fois plus élevées – particules PM_{2,5} dans la station Compans-Caffarelli 4 fois plus élevées).

¹ <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2019SA0148Ra.pdf>

² Source : TISSEO Collectivités

Elles sont mesurées en période froide en raison de la baisse de ventilation et du manque du renouvellement d'air dans l'enceinte du métro. **Lors de la période froide 2021, nous avons observé une forte augmentation des concentrations de particules dans les deux stations de métro en comparaison des années précédentes (Concentrations en $PM_{2,5}$ 3 fois plus élevées et concentrations en PM_{10} 1,5 fois plus élevées qu'en 2018).**

L'utilisateur du métro est cependant exposé à ces niveaux de concentration sur un pas de temps court.

Le dioxyde d'azote (NO_2) et le benzène

Les concentrations de NO_2 et de benzène mesurées sur les quais et dans les rames de métro respectent les valeurs guides pour l'air intérieur ainsi que l'ensemble des valeurs moyennes d'exposition pour les ambiances de travail.

Les concentrations en les plus élevées sont mesurées en période chaude car ces polluants sont **introduits par la ventilation** qui fonctionne plus lors de la période estivale afin de maintenir une température de confort pour les usagers.

Le dioxyde de carbone

En outre, le niveau maximal mesuré en CO_2 , est inférieur à la réglementation sanitaire départemental, ce qui indique un renouvellement de l'air correct.

Les usagers du métro toulousain apparaissent relativement peu exposés dans le cadre de leurs trajets quotidiens. Cependant, il est important de poursuivre les efforts afin de tendre vers des niveaux de concentration plus faibles en particules.

1 INTRODUCTION

L'Autorité Organisatrice des Transports de l'agglomération toulousaine Tisséo Collectivités a été, en 2004, l'une des premières gestionnaires de 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. Dans ce cadre, Atmo Occitanie réalise tous les ans, depuis 2004, des mesures d'évaluation de la qualité de l'air sur l'ensemble du réseau métro.

En 2021, Atmo Occitanie a évalué la qualité de l'air sur deux quais et dans des rames de la ligne B. Pour ce faire, nous avons installé différents dispositifs de mesure sur les quais des stations Compans-Caffarelli et les Carmes. Nous avons également réalisé des prélèvements en heures de pointe et en heures creuses dans des rames de métro sur une journée.

Afin de situer la qualité de l'air dans le métro toulousain et en l'absence de seuils réglementaires, Atmo Occitanie compare les concentrations mesurées à des valeurs de gestion ou des valeurs guides selon les polluants.

Pour les particules, principaux polluants issus de l'activité du métro, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) a recommandé, en 2001, des valeurs guides en PM_{10} ³. Pour construire ces valeurs, le CSHPF s'est basé sur la notion d'exposition cumulée des usagers qui pondère les concentrations dans différents environnements fréquentés, par le temps passé dans ces environnements au cours d'une journée. En 2019, l'Etat a saisi l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) afin d'évaluer la pertinence et la faisabilité d'établir une ou des valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) pour les particules, spécifique(s) à l'exposition des usagers dans les enceintes ferroviaires souterraines EFS, et d'élaborer de telles valeurs le cas échéant. Dans son avis rendu en 2022⁴, l'Anses conclut qu'il n'est pas pertinent d'élaborer une VGAI mais propose des indicateurs de gestion. Ces indicateurs ont vocation à être utilisés comme des repères pour situer les niveaux de pollution en particules PM_{10} et $PM_{2.5}$ dans les métros. Atmo Occitanie a donc comparé les concentrations mesurées en particules sur la ligne A en 2020 et sur la ligne B en 2021 à ces valeurs de gestion.

Le présent rapport présente donc dans un premier temps la situation des concentrations en particules dans les deux lignes de métro vis-à-vis des indicateurs de gestion de l'Anses. Dans une seconde partie, il rend compte de l'état de la qualité de l'air dans l'enceinte de la ligne B du métro toulousain en 2021. Ainsi, il présente les niveaux de polluants mesurés, leur situation en comparaison des valeurs guides et des valeurs réglementaires fixées pour les ambiances de travail ainsi qu'un parallèle avec les niveaux enregistrés dans le métro parisien. En outre, ce rapport présente une analyse des niveaux en PM_{10} , $PM_{2.5}$, dioxyde d'azote (NO_2), Benzène et dioxyde de carbone (CO_2) dans une rame de la ligne B ainsi que sur le quai des stations Compans-Caffarelli et Carmes.

Ce rapport est diffusé à Tisséo Collectivités et mis à la disposition de tous sous la forme d'un rapport accessible sur le site www.atmo-occitanie.org. Cette action est menée dans le cadre d'une convention de partenariat entre Atmo Occitanie et Tisséo Collectivités. Elle s'inscrit dans le cadre de l'axe 3 du projet associatif d'Atmo Occitanie : « Évaluer et suivre l'impact des activités humaines et de l'aménagement du territoire sur la qualité de l'air ».

³ https://solidaritesante.gouv.fr/IMG/pdf/Dossier_de_presse_de_la_DGS_Qualite_de_l_air_dans_les_enceintes_ferroviaires_souterraines_Ile-de-France_juillet_2003-2.pdf

⁴ <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2019SA0148Ra.pdf>

2 MÉTHODE

2.1 Dispositif d'évaluation

Pour évaluer la qualité de l'air dans l'enceinte de la ligne B du métro toulousain, Atmo Occitanie a réalisé deux campagnes de mesures et s'est appuyé sur l'installation de différents dispositifs de mesure sur les quais des stations Compans-Caffarelli et les Carmes et sur la réalisation de prélèvements en heures de pointe et en heures creuses dans des rames de métro pendant une journée. Le protocole d'évaluation est disponible en *annexe 1*. Les polluants mesurés sont présentés en *annexe 2*.

Suite aux restrictions imposées par la crise sanitaire, et contrairement aux années précédentes, Atmo Occitanie n'a pas été en mesure d'effectuer des mesures de particules dans les rames lors de la période hivernale.

Les polluants mesurés et les périodes de mesure sont présentés dans l'encadré ci-après.

PRÉSENTATION DES CAMPAGNES DE MESURE

DATES

PERIODE CHAUDE : Du 20/01 au 24/03/2021

PERIODE FROIDE : Du 15/09 au 08/11/2021

POLLUANTS MESURÉS

Particules en suspension PM_{10} : sur le quai des stations de métro Compans-Caffarelli et les Carmes, dans les rames

Dioxyde d'azote (NO_2) : sur le quai de la station de métro Compans-Caffarelli, dans les rames

Particules fines $PM_{2,5}$: sur le quai de la station de métro Compans-Caffarelli

Benzène : sur le quai des stations de métro Compans-Caffarelli et les Carmes, dans les rames

Particules fines PM_1 : sur le quai de la station de métro Compans-Caffarelli

Dioxyde de carbone (CO_2) : sur le quai des stations de métro Compans-Caffarelli et les Carmes, dans les rames

Au total, les deux campagnes dans les enceintes de la ligne B ont couvert près d'un tiers de l'année.

2.2 Réglementations prises en compte

En l'absence de seuils réglementaires à ne pas dépasser dans les métros pour la santé des usagers, Atmo Occitanie s'appuie sur des valeurs guides applicables aux usagers du métro afin de situer les concentrations mesurées dans le métro toulousain.

Atmo Occitanie évalue également les concentrations mesurées dans le métro au regard des valeurs réglementaires fixées pour les ambiances de travail.

2.2.1 Valeurs applicables aux usagers du métro

Les valeurs applicables aux usagers du métro sont issues de plusieurs organismes :

- Les valeurs de gestion de la qualité de l'air des enceintes ferroviaires souterraines (EFS) fixées par l'Anses⁵. Elles correspondent à des concentrations en particules en suspension PM₁₀ et PM_{2,5} à viser dans les enceintes ferroviaires souterraines. Ainsi, elle recommande à minima :
 - De ne pas dépasser les concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5} dans l'air des EFS calculées à partir des valeurs guides de qualité de l'air ambiant fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (C_{sout_OMS}),
 - Et à plus forte raison de ne pas dépasser les concentrations en PM₁₀ dans l'air des EFS calculées à partir de la valeur limite journalière en vigueur pour les PM₁₀ de l'air ambiant (C_{sout_Lim}).
- La « valeur guide de qualité d'air intérieur » (VGAI) du dioxyde d'azote fixée par l'Anses⁶,
- La valeur guide pour l'air intérieur définie réglementairement pour le benzène⁷,
- Le seuil fixé par le titre III des Règlements sanitaires départementaux (RSD) pour le CO₂.

Ces différentes valeurs sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	Valeurs applicables aux usagers du métro	Période
PM ₁₀	$C_{sout_OMS} = 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $C_{sout_lim} = 940 \mu\text{g}/\text{m}^3$	30 min ⁸
PM _{2,5}	$C_{sout_OMS} = 140 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
NO ₂	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Horaire
Benzène	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Année civile
CO ₂	1300 ppm	-

Les indicateurs de gestion de l'Anses sont présentés en *annexe 3*.

⁵ <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2019SA0148Ra.pdf>

⁶ <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2011sa0021Ra.pdf>

⁷ <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2004etVG004Ra.pdf>

⁸ Temps de présence maximal d'un usager dans le métro toulousain – Source Tisséo Collectivités

2.2.2 Valeurs réglementaires pour les ambiances de travail

La valeur limite moyenne d'exposition au poste de travail (VME) est définie comme la concentration moyenne autorisée dans l'air des postes de travail pour 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 dans le tableau ci-dessous la VME fixée pour les particules alvéolaires c'est-à-dire de diamètre inférieur à 4 µm.**

	Valeurs réglementaires pour les ambiances de travail	Période
PM _{<4µm}	5000 µg/m ³ ⁹	8h
NO ₂	6000 µg/m ³ ¹⁰	15 min
Benzène	3250 µg/m ³ ⁸	8h
CO ₂	1300 ppm ⁸	-

⁹ Valeur moyenne d'exposition (VME)

¹⁰ Valeur limite d'exposition à court terme (V.L.C.T.)

3 RÉSULTATS DES MESURES

Dans les chapitres ci-dessous, nous présentons les concentrations des cinq polluants énoncés ci-avant, mesurées dans l'enceinte de la ligne B du métro de Toulouse. Nous proposons une évaluation de leur situation vis-à-vis de la réglementation, des valeurs guides ainsi qu'une comparaison avec les mesures des stations urbaines de fond et trafic de l'agglomération toulousaine, dont leurs caractéristiques sont présentées en *annexe 4*. Nous analysons aussi le positionnement des niveaux de concentration en particules, dans le métro toulousain, par rapport aux nouvelles recommandations Anses, en fonction de la variabilité saisonnière et de fréquentation. En outre, nous avons mené une analyse de la variation des concentrations de ces cinq polluants prélevées dans les rames et sur le quai des stations Compans-Caffarelli et Carmes. Enfin, une comparaison de la situation des niveaux en particules et du NO₂ dans le métro toulousain et parisien est disponible.

3.1 Situation des concentrations en particules dans les deux lignes de métro vis-à-vis des indicateurs de gestion de l'Anses

Le temps moyen passé par un usager dans le métro toulousain est de 30 min¹¹. Atmo Occitanie a comparé les concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5} mesurées sur ce pas de temps en 2020 et 2021 sur deux quais des lignes A et B, aux valeurs de gestion de l'Anses. Les quais investigués sont :

- Les stations Esquirol et Mirail Université pour la ligne A.
- Les stations Carmes et Compans-Caffarelli pour la ligne B

3.1.1 Des concentrations inférieures à la valeur de gestion fixée à partir des valeurs réglementaires (C_{sout_lim})

Aucune concentration en particules PM₁₀ moyennée sur une demi-heure mesurée dans l'enceinte du métro toulousain ne dépasse la valeur de gestion de 940 µg/m³ fixée à partir de la valeur limite réglementaire (C_{sout_lim}) recommandée par l'Anses.

3.1.2 Des concentrations ponctuellement supérieures aux valeurs de gestion fixées à partir des valeurs guides OMS (C_{sout_OMS})

Ci-dessous, les tableaux répertorient, pour les deux lignes de métro :

- Le nombre de jours durant lesquels **au moins un dépassement de la valeur C_{sout_OMS}** a été enregistré,
- Le pourcentage de temps durant lequel les concentrations de particules étaient supérieures à la valeur C_{sout_OMS}.
- La durée d'échantillonnage de chaque polluant
- Le maximum horaire mesuré.

¹¹ Source : TISSEO Collectivités

La durée d'échantillonnage varie selon le polluant et la station car la méthode utilisée pour la mesure des PM₁₀ et PM_{2,5} ne permet pas leur enregistrement simultané.

Seules les mesures effectuées durant les horaires d'ouverture du métro aux usagers ont été considérées.

Les concentrations maximales en **particules PM₁₀ et PM_{2,5} mesurées dans l'enceinte du métro toulousain dépassent les valeurs de gestion de l'Anses (250 µg/m³ pour les particules PM₁₀ et 140 µg/m³ pour les particules PM_{2,5}) fixées à partir des valeurs guides OMS (C_{sout,OMS})**. La fréquence de dépassement est plus importante sur la ligne A du métro toulousain (de 3% à 19% de la période) et les deux tailles de particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) sont concernées. Cette ligne est, en effet, plus exposée à des concentrations élevées en particules, avec des pourcentages de dépassement et des maximums horaires plus élevés.

Néanmoins, des dépassements sont également mis en évidence sur les quais de la ligne B, jusqu'à 4% du temps de mesure au-dessus de l'indicateur de gestion C_{sout,OMS} (station de métro Les Carmes).

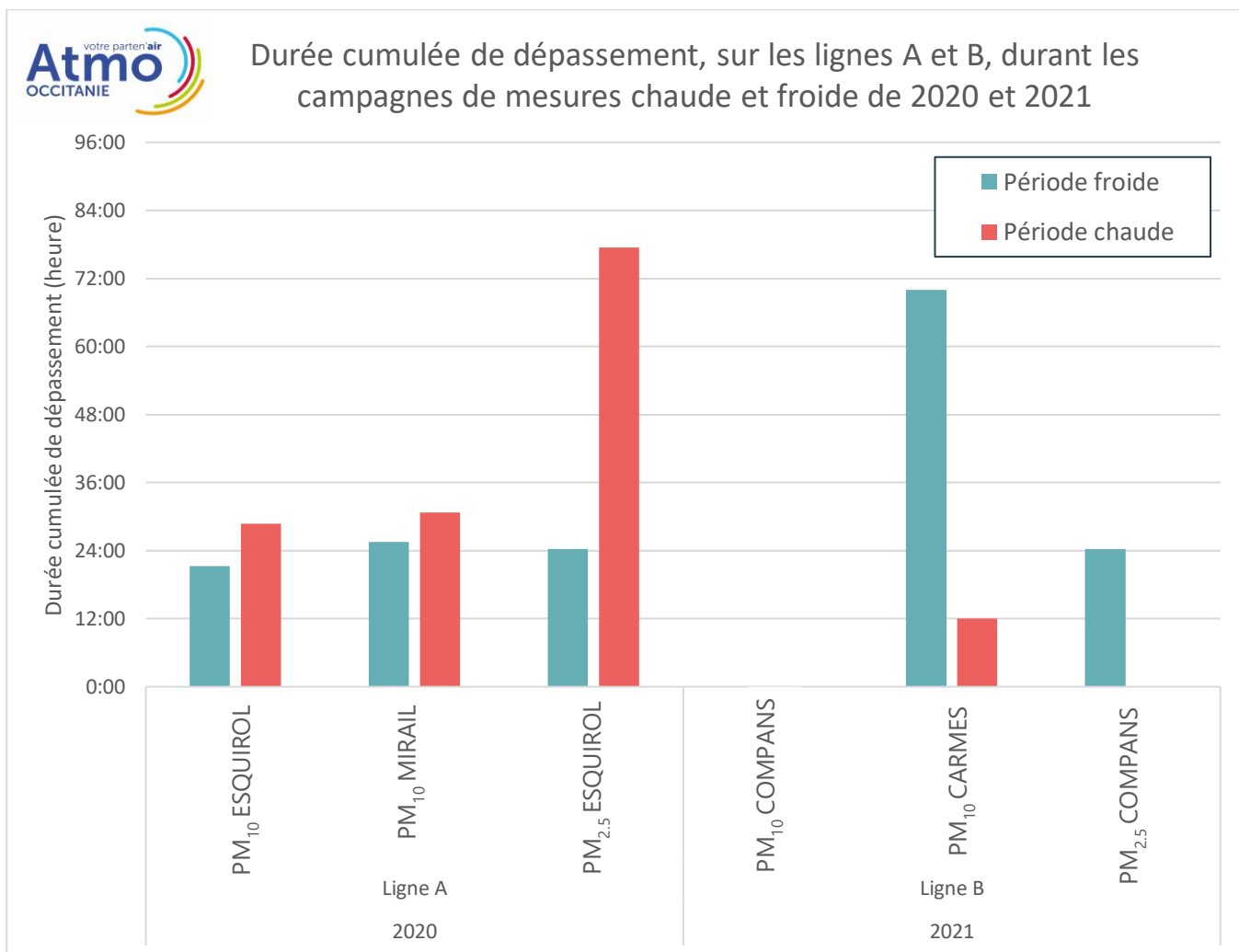
Ligne de métro A						
		Nombre de jours où un dépassement a été enregistré		Durée cumulée des deux campagnes de mesures (jours)	Pourcentage de dépassement sur la période de mesure	Maximum horaire (µg/m ³)
		Semaine	Week-end			
2020	PM ₁₀ ESQUIROL	15	4	54	7%	310
	PM ₁₀ MIRAIL	25	9	102	3%	541
	PM _{2,5} ESQUIROL	16	5	28	19%	248

Ligne de métro B						
		Nombre de jours où un dépassement a été enregistré		Durée cumulée des deux campagnes de mesures (jours)	Pourcentage de dépassement sur la période de mesure	Maximum horaire (µg/m ³)
		Semaine	Week-end			
2021	PM ₁₀ COMPANS	0	0	97	0%	223
	PM ₁₀ CARMES	26	4	113	4%	356
	PM _{2,5} COMPANS	7	0	60	3%	180

3.1.3 Étude de la répartition des dépassements

3.1.3.1 Sur l'année

Les dépassements de la valeur C_{sout_OMS} sont marqués par une saisonnalité différente selon les lignes de métro. En effet, tandis que les deux stations de **la ligne A enregistrent un nombre équivalent (pour les PM_{10}) ou plus élevé (pour les $PM_{2,5}$) de dépassements en période chaude, la ligne B met en évidence, quant à elle, un nombre plus grand de dépassements lors de la période froide.**

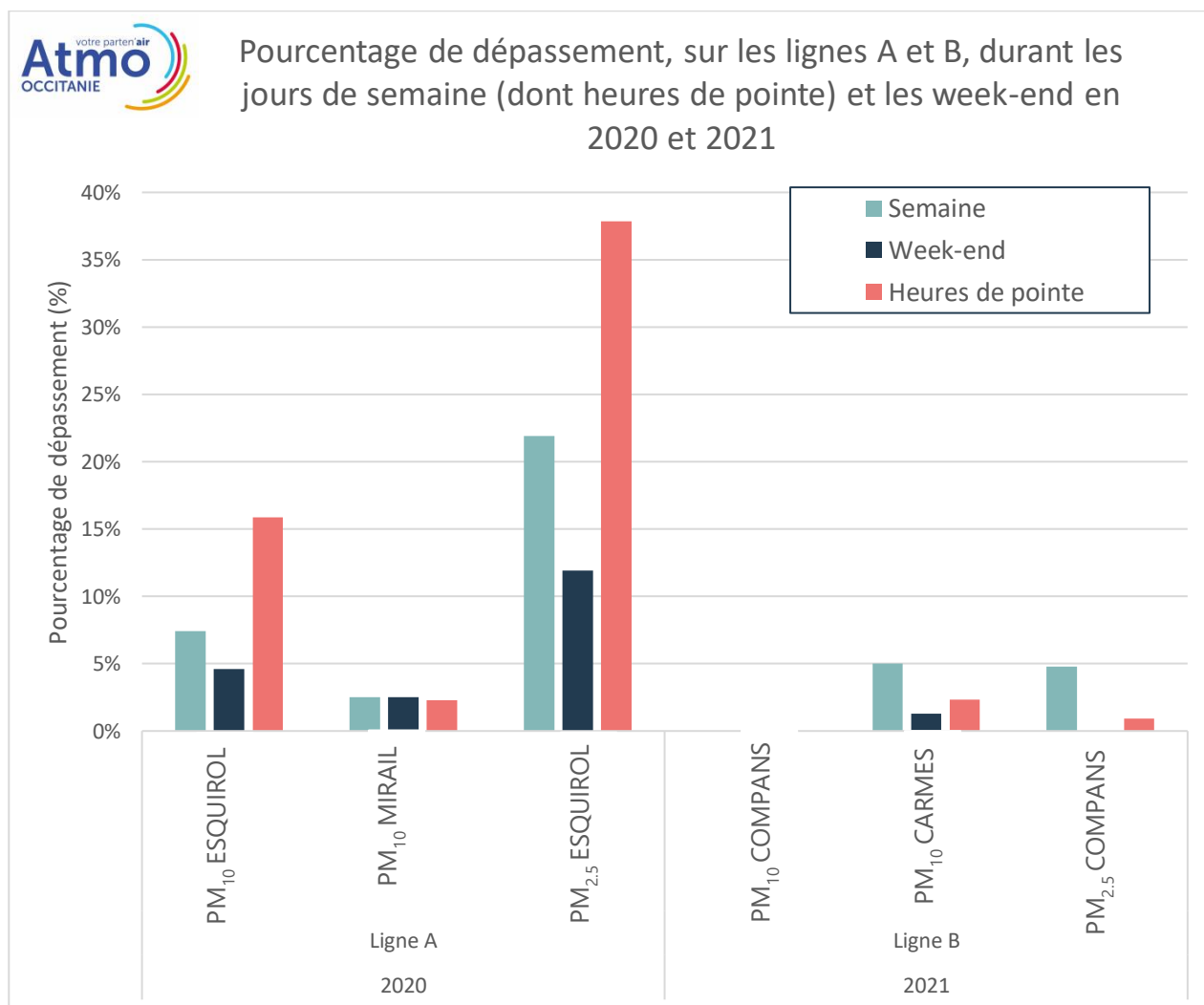


3.1.3.1 Sur la semaine

Nous avons étudié la part des dépassements des valeurs C_{sout_OMS} pour les PM_{10} et $PM_{2.5}$ les jours de semaine, de week-end et en heures de pointe.

Sur la ligne A, Une forte part des dépassements est mesurée pendant les périodes de forte affluence (heures de pointe) sur le quai de la station Esquirol.

Sur la ligne B, les dépassements sont moins nombreux, la majorité des dépassements s'est déroulée hors périodes de forte affluence.



Il s'agit ici d'une première évaluation de la situation du métro toulousain au regard de ces seuils. Les bilans d'évaluation réalisés par Atmo Occitanie concernant les concentrations mesurées dans le métro toulousain mettront désormais systématiquement en perspective la situation au regard des indicateurs de gestion proposés par l'Anses.

3.2 Bilan de la qualité de l'air dans l'enceinte de la ligne B du métro

3.2.1 Les particules



3.2.1.1 Des concentrations ponctuellement supérieures à l'indicateur de gestion le plus protecteur de la santé des usagers

Les valeurs de gestion les plus protectrices fixées à partir des valeurs guide OMS (C_{sout_OMS}) sont ponctuellement dépassées :

- Pour les particules PM_{10} sur le quai de la station Les Carmes au cours des deux périodes de mesure
- Pour les particules $PM_{2,5}$ sur le quai de la station Compans-Caffarelli pendant la période froide.

Nous n'avons relevé aucun dépassement de la valeur de gestion minimale à respecter (C_{sout_lim}) dans les deux stations de métro investiguées.

Il est conseillé de poursuivre les efforts engagés afin de tendre vers le respect de la valeur C_{sout_OMS} et limiter au maximum le risque encouru par les usagers.


Particules de diamètre inférieur à 10 μm					
		Conformité à la valeur de gestion	Temps d'exposition des usagers	Valeur de gestion	Maximum sur la période ¹²
Exposition de courte durée	C_{sout_OMS} calculée à partir de la valeur guide de l'OMS	NON	30 min ¹³	250 $\mu g/m^3$	Période froide Carmes : 356 $\mu g/m^3$ Compans-Caffarelli : 223 $\mu g/m^3$
	C_{sout_lim} calculée à partir de la VL de la directive EU	OUI	30 min	940 $\mu g/m^3$	Période chaude Carmes : 307 $\mu g/m^3$ Compans-Caffarelli : 137 $\mu g/m^3$
Particules de diamètre inférieur à 2.5 μm					
		Conformité à la valeur de gestion	Temps d'exposition des usagers par jour	Valeur de gestion	Maximum sur la période
Exposition de courte durée	C_{sout_OMS} calculée à partir de la valeur guide de l'OMS	NON	30 min	140 $\mu g/m^3$	Période froide Compans-Caffarelli : 180 $\mu g/m^3$ Période chaude Compans-Caffarelli : 64 $\mu g/m^3$

¹² Calculé sur 30 minutes glissantes

¹³ Source TISSEO Collectivités.

3.2.1.2 Des concentrations très inférieures au seuil réglementaire pour la santé des travailleurs

Les concentrations en particules moyennes sur 8 heures mesurées sur les quais des deux stations de métro sont près de 17 fois inférieures à la Valeur Limite de Moyenne Exposition. La VME est donc respectée dans l'enceinte du métro.

Particules de diamètre inférieur à 10 µm				
		Respect de la VME	Valeur en ambiance de travail	Période
Exposition de courte durée	Valeur Limite de Moyenne Exposition (VME)	Oui	5 000 µg/m ³ sur huit heures	Maximum sur huit heures : Carmes : 303 µg/m ³ (période froide) Compans-Caffarelli : 197 µg/m ³ (période froide)

3.2.1.3 L'activité du métro source de particules

L'activité du métro est source de particules. En roulant sur les rails et en freinant, les rames produisent des particules et les remettent en suspension. Les concentrations mesurées sur les quais du métro sont liées, entre autres, au type de rames en circulation, à la fréquence de passage des rames, à la configuration des stations de métro et à la performance du système de ventilation.

Les particules fines PM_{2.5} sont investiguées uniquement sur la station Compans-Caffarelli, en alternance avec les mesures de PM₁₀ et PM₁, lors de la période hivernale ainsi qu'estivale.

Le tableau page suivante répertorie le ratio des niveaux de particules dans le métro par rapport aux concentrations mesurées dans l'air ambiant, en fond urbain ainsi qu'en proximité du trafic, lors des périodes froides, chaudes et en totalité de la campagne de mesure.

Les niveaux de concentration de particules PM₁₀ mesurés en 2021 sur le quai de la station Carmes sont 6 fois plus élevés que le fond urbain et 4 fois plus qu'en proximité trafic. La station Compans-Caffarelli admet des niveaux proches des stations trafic de Toulouse (1,5 fois plus élevés). Les particules PM_{2.5}, plus fines et plus nocives, constituent la majeure partie (en masse) des particules observées dans l'air du métro. Leurs concentrations mesurées en 2022 sont en moyennes 3 fois plus élevées que celle relevées en proximité trafic. Globalement, les particules PM₁₀ et PM_{2.5} sont plus concentrées dans l'enceinte du métro qu'en proximité trafic. L'usager du métro est cependant exposé à ces niveaux de concentration durant un court laps de temps.

Les concentrations en PM₁₀ et PM_{2.5} sur les quais des deux stations sont globalement plus élevées lors des périodes froides. Les particules mesurées sur la station Compans-Caffarelli lors de la période chaude sont du même ordre de grandeur que les concentrations obtenues sur les stations toulousaines de type trafic.

La différence de niveaux de concentration entre la période froide et la période chaude peut s'expliquer par le régime de ventilation différent d'une saison à l'autre. En effet, lors de la saison estivale, les hautes températures ambiantes obligent l'activation soutenue de la ventilation afin d'inciter le maintien d'une température de confort dans l'enceinte ferroviaire. Ce régime facilite la dispersion des particules.

En revanche, les faibles températures extérieures de la saison froide limitent le fonctionnement de la ventilation et favoriseraient l'accumulation des particules et des concentrations plus élevées.

	Ratio des niveaux de particules entre les stations de métro et l'air ambiant					
	Stations fixes urbaines de fond			Stations fixes trafic		
	Période froide	Période chaude	Période totale de mesure	Période froide	Période chaude	Période totale de mesure
PM ₁₀ Compans-Caffarelli	2,4	1,7	2,1	1,8	1,1	1,5
PM ₁₀ Carmes	6,5	5,5	6,1	4,8	3,5	4,2
PM _{2,5} Compans-Caffarelli	4,7	2,2	3,7	4,2	1,7	3,1

Les figures ci-après représentent l'évolution des niveaux de particules relevés lors de la période chaude et froide, sur le quai des stations de métro de la ligne B (PM₁₀ Compans-Caffarelli et Carmes – PM_{2,5} Compans-Caffarelli), ainsi que sur les stations fixes urbaines de fond et trafic de l'agglomération toulousaine¹⁴, en 2014, 2016, 2018 et 2021¹⁵.

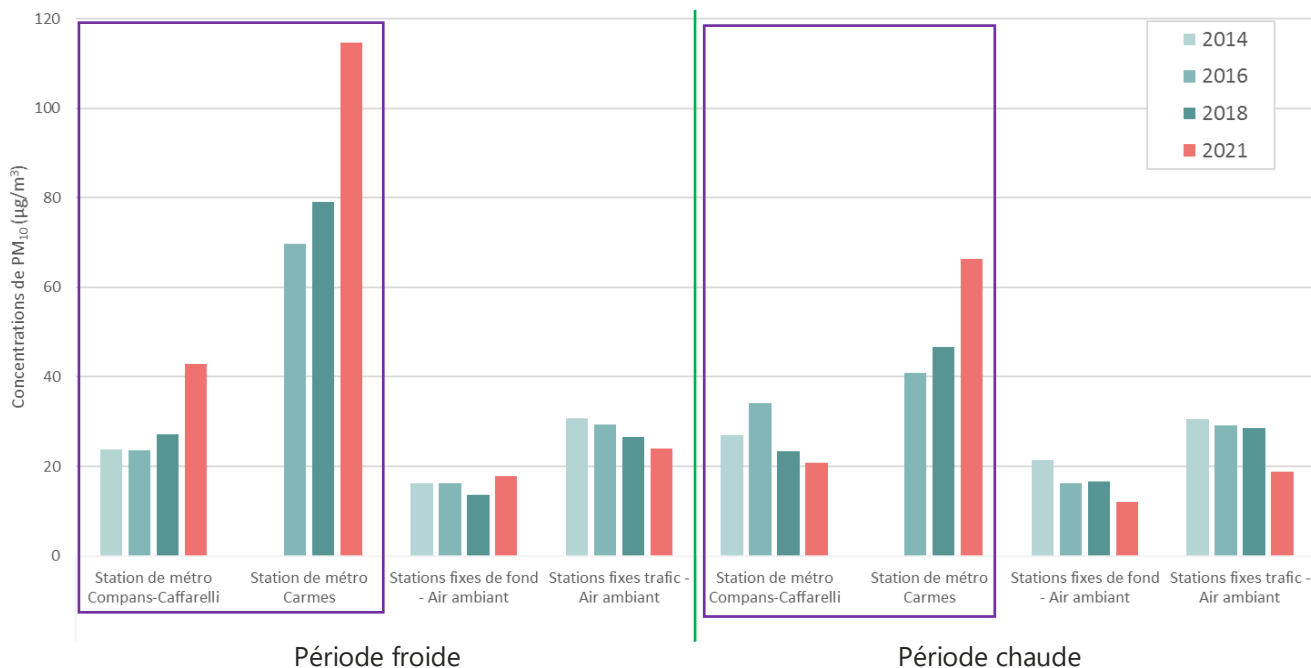
On note une forte augmentation des concentrations de particules dans les deux stations de métro en 2021 en période froide par rapport aux années précédentes. Ainsi, sur cette période, les concentrations en PM_{2,5} sont 3 fois plus élevées qu'en 2018 (hausse de 1,5 fois pour les PM₁₀).

¹⁴ Les stations fixes d'Atmo Occitanie mesurent les concentrations en NO₂ dans l'air ambiant. Les stations de type urbaines mesurent les concentrations de fond et les stations de type trafic sont sous influence direct d'un trafic routier conséquent

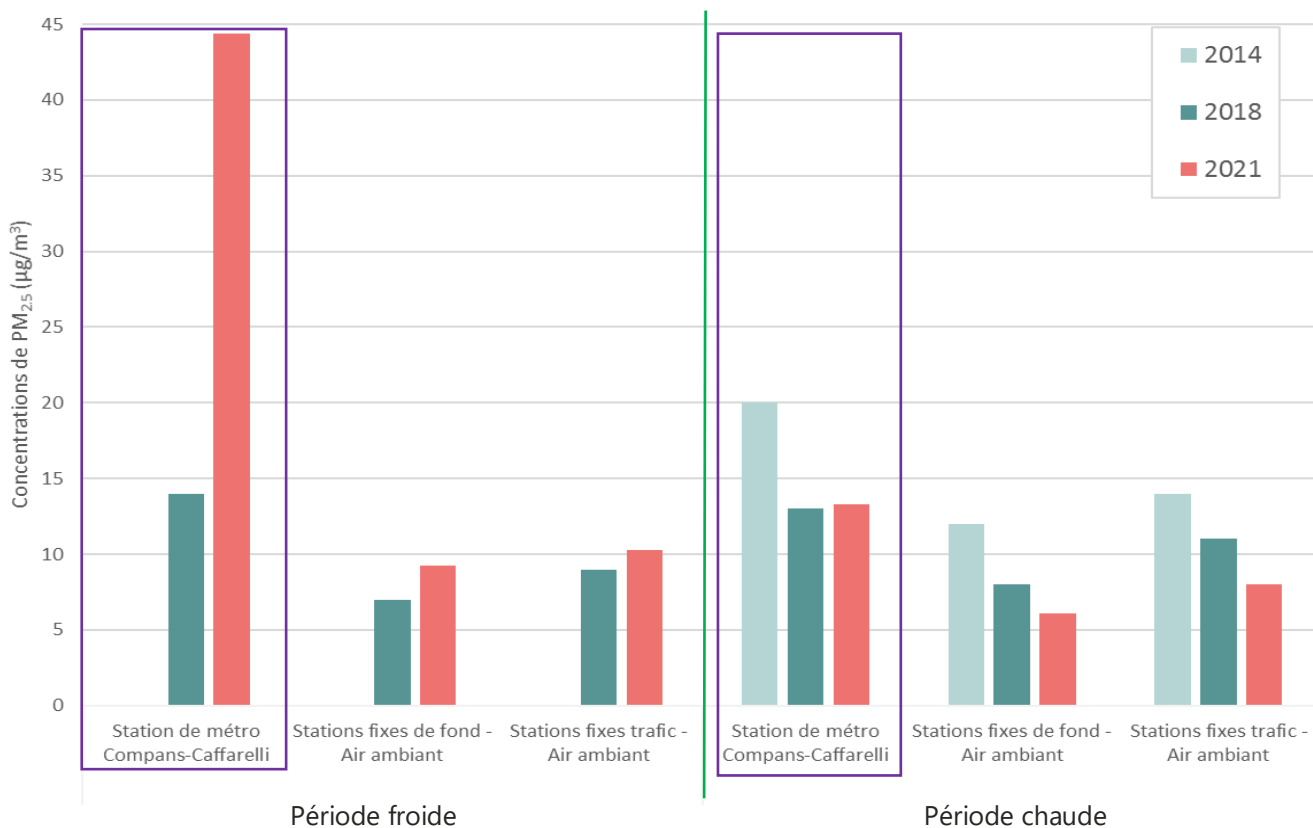
¹⁵ Les périodes chaudes 2014 et 2016 correspondent à une mesure effectuée en septembre. La période chaude 2018 correspond à une mesure effectuée entre septembre et octobre et celle de 2021 a été menée entre septembre et novembre. La période froide 2018 est un peu décalée par rapport aux autres années car elle a été effectuée entre mars et avril tandis que 2014, 2016 et 2021 ont été faites entre janvier et février.



Evolution des concentrations moyennes de PM₁₀ sur la période de mesure entre 2014 et 2021 (période chaude et froide)



Evolution des concentrations moyennes de PM_{2.5} sur la période de mesure entre 2014 et 2021 (période chaude et froide)



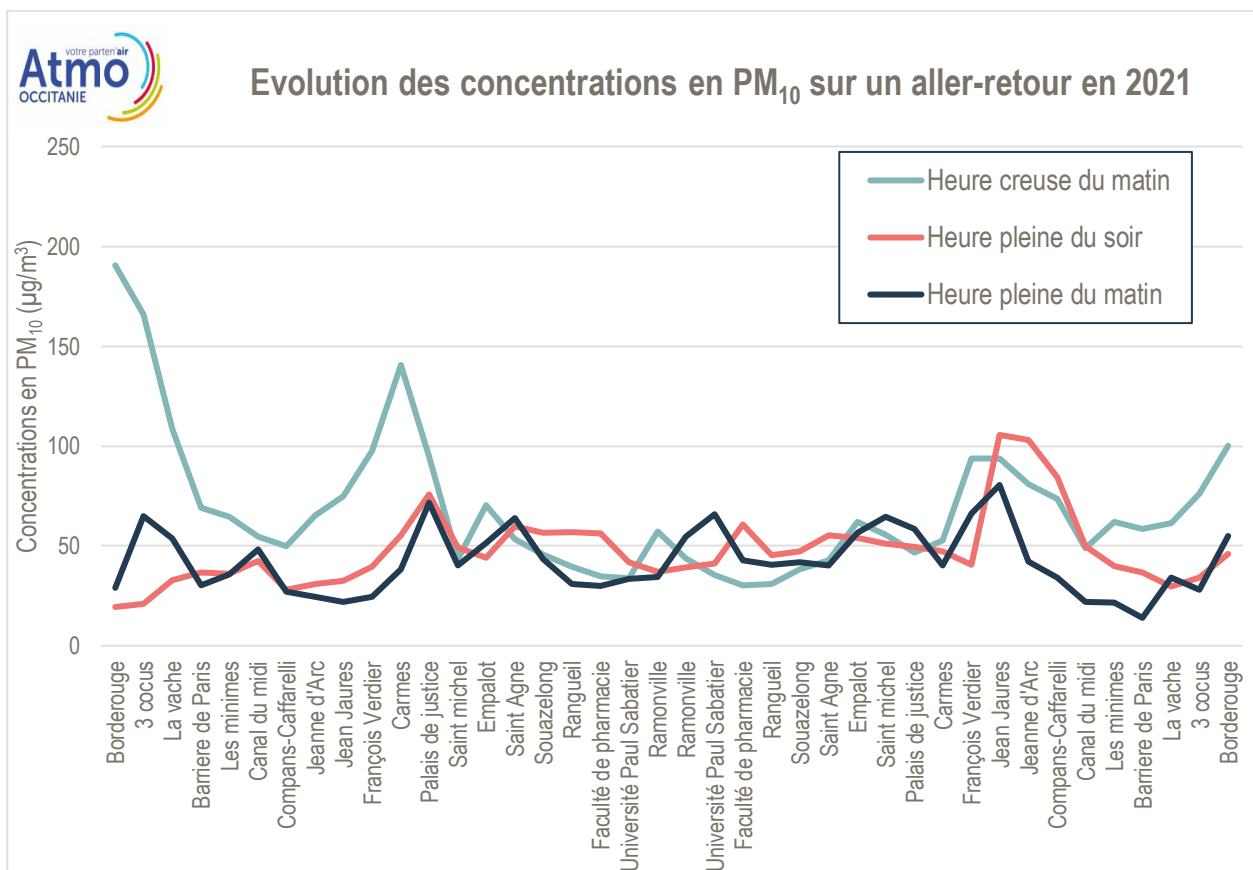
3.2.1.4 Des niveaux de particules du même ordre de grandeur dans les rames et sur les quais des stations de métro

Suite aux restrictions imposées par la crise sanitaire, et contrairement aux années précédentes, Atmo Occitanie n'a pas été en mesure d'effectuer des mesures de particules dans les rames lors de la période froide. Les prélèvements indiqués sur le graphique suivant ont été réalisés le 27 octobre 2021.

Le graphique ci-dessous présente les concentrations en PM₁₀ mesurées dans une rame de métro sur la ligne B lors d'un trajet aller-retour (Borderouge – Ramonville – Borderouge).

Les niveaux de particules dans les rames de métro fluctuent fortement le long du parcours, en fonction de l'heure de la journée. La fréquentation plus élevée aux heures de pointe ne semble pas induire de concentrations de particules plus élevées dans la rame de métro.

Néanmoins, les stations situées entre Borderouge et Saint-Michel montrent des variations de concentrations plus importantes dans la rame entre deux passages que les autres stations.



3.2.1.5 Des concentrations moyennes en PM₁₀ du même ordre de grandeur que dans le métro parisien

Depuis janvier 2008, la RATP rend publique les résultats de qualité de l'air dans les espaces ferroviaires souterrains du réseau francilien (réseau SQUALES). Les données sont mises à disposition en open data¹⁶.

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 lors de la réalisation des deux campagnes de mesures dans le métro toulousain. La RATP ne fournit pas de mesures de PM_{2,5} pour les périodes de mesure étudiées.

Comme sur la ligne B du métro toulousain, nous constatons une forte variabilité des concentrations en particules mesurées dans les deux stations de métro parisiennes. Les concentrations mesurées dans le métro toulousain sont ainsi du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le métro parisien.

Du 20 janvier au 22 mars 2021		Concentrations en PM ₁₀ (en µg/m ³)	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris ¹⁷	Châtelet (ligne 4)	63	740
	Franklin D. Roosevelt (ligne 1)	57	234
Toulouse	Compans-Caffarelli (ligne B)	43	304
	Carmes (ligne B)	115	297

Du 15 septembre au 8 novembre 2021		Moyenne sur la période	Maximum horaire
		Paris	Châtelet (ligne 4)
	Franklin D. Roosevelt (ligne 1)	51	244
Toulouse	Compans-Caffarelli (ligne B)	21	109
	Carmes (ligne B)	66	297


¹⁶ <https://data.R.A.T.P./fr/explore/?sort=modified>

¹⁷ Le réseau SQUALES est équipé d'analyseurs de particules qui prennent en compte la fraction volatile des particules contrairement aux analyseurs de particules mis en œuvre dans le métro toulousain. À ce jour, aucune étude n'a été réalisée dans le métro toulousain pour estimer la part des particules volatiles sur les particules totales pour des raisons de contraintes techniques.

3.2.2 Le dioxyde d'azote


3.2.2.1 Respect de la valeur guide pour la santé des usagers

La valeur guide est respectée dans l'enceinte de la ligne B métro toulousain. Depuis le début des mesures, la valeur guide fixée sur 1 heure n'a jamais été atteinte.

Dioxyde d'azote (NO ₂)				
		Respect de la valeur fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Maximum sur la période
Exposition de courte durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur	Oui	200 µg/m ³ en maximum horaire	Sur le quai de la station de métro Compans-Caffarelli 118 µg/m ³ en moyenne horaire glissante (période chaude)
				Dans les rames de métro 17 µg/m ³ sur 55 minutes (période froide)

3.2.2.2 Respect de la valeur limite d'exposition pour la santé des travailleurs

La VLE est respectée dans l'enceinte du métro.

Dioxyde d'azote (NO ₂)				
		Respect de la VLE	Valeur en ambiance de travail	Période
Exposition de courte durée	Valeur Limite d'Exposition (VLE) ¹⁸	Oui	6 000 µg/m ³ sur 15 minutes	Maximum sur 15 minutes Quai de la station de métro Compans-Caffarelli : 143 µg/m ³ (période chaude) Maximum sur 55 minutes Rames de métro : 17 µg/m ³ (période froide)

3.2.2.3 Des niveaux de concentration inférieurs au fond urbain extérieur

Le dioxyde d'azote présent dans le métro provient de l'environnement extérieur. Sa source principale étant le trafic routier, son introduction dans le métro toulousain est dû à la ventilation présente dans les stations.

¹⁸ Le détail de la méthodologie d'élaboration de la VLE pour les travailleurs est présenté en *annexe 5*.

Les niveaux de NO₂ rencontrés dans les différents environnements du métro s'expliquent par plusieurs facteurs :

- La densité du trafic routier dans l'environnement de la station de métro ; les teneurs maximales sont rencontrées sur les stations de métro situées en périphérie proche du 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.

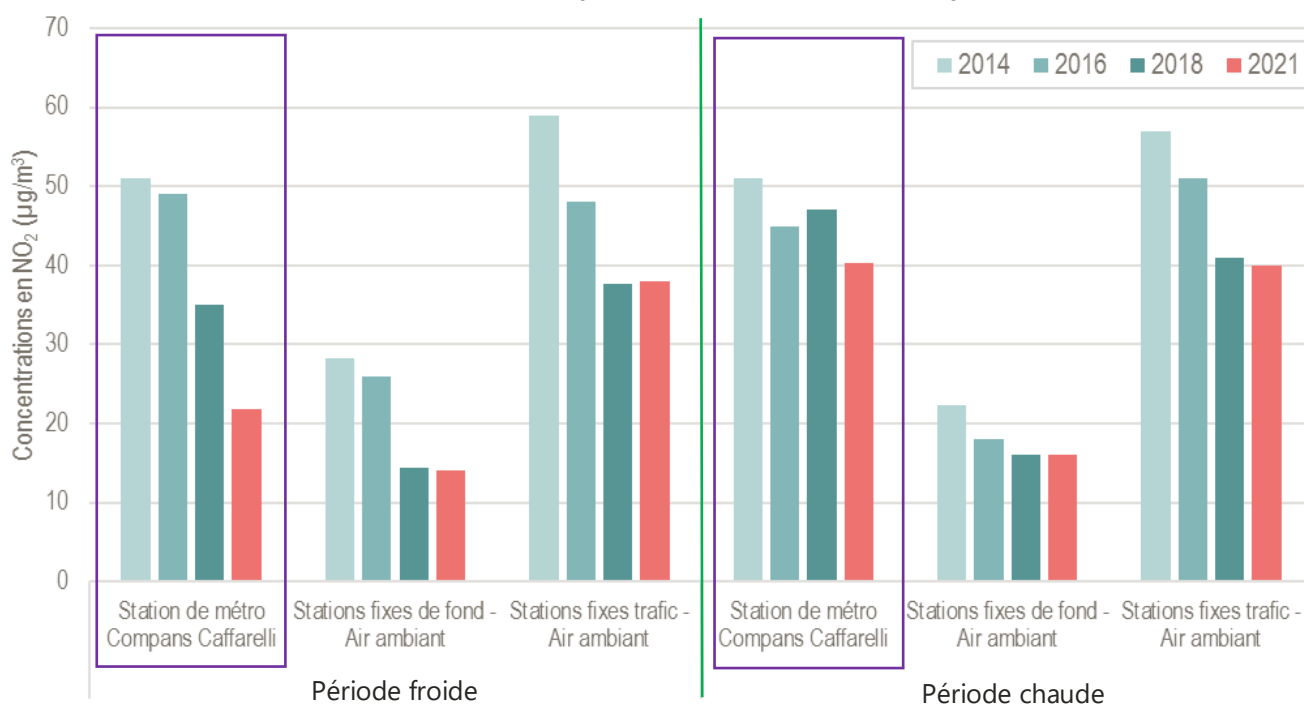
Le graphique ci-dessous représente l'évolution des niveaux de dioxyde d'azote (NO₂) relevés lors de la période chaude et froide, sur le quai de la station de la ligne B Compans-Caffarelli, ainsi que sur les stations fixes urbaines de fond et trafic de l'agglomération toulousaine, en 2014, 2016, 2018 et 2021.

La concentration moyenne de NO₂ dans le métro est supérieure à la concentration de fond urbain lors des deux périodes de mesures de l'année 2021. Lors de la période chaude, les niveaux de concentration de NO₂ atteignent ceux des stations trafics de l'agglomération Toulousaine, tandis que la période froide enregistre des niveaux nettement plus bas. Une tendance inverse à celle relevée sur les concentrations de particules est observée. En effet, les niveaux de NO₂ sont plus élevés lors de la période chaude. Cela s'explique par une ventilation accrue en été qui introduit plus de NO₂ émis dans l'environnement extérieur couplé au caractère confiné de l'environnement du métro empêchant une dispersion de ce polluant.

En outre, on remarque en 2021 une diminution des concentrations mesurées, comparées aux années précédentes. Cette diminution est plus marquée lors de la période froide, où une baisse de 37% est observée par rapport à 2018 (contre 14% en période chaude).



Evolution des concentrations moyennes annuelles en NO₂ entre 2014 et 2021 (Période chaude et froide)

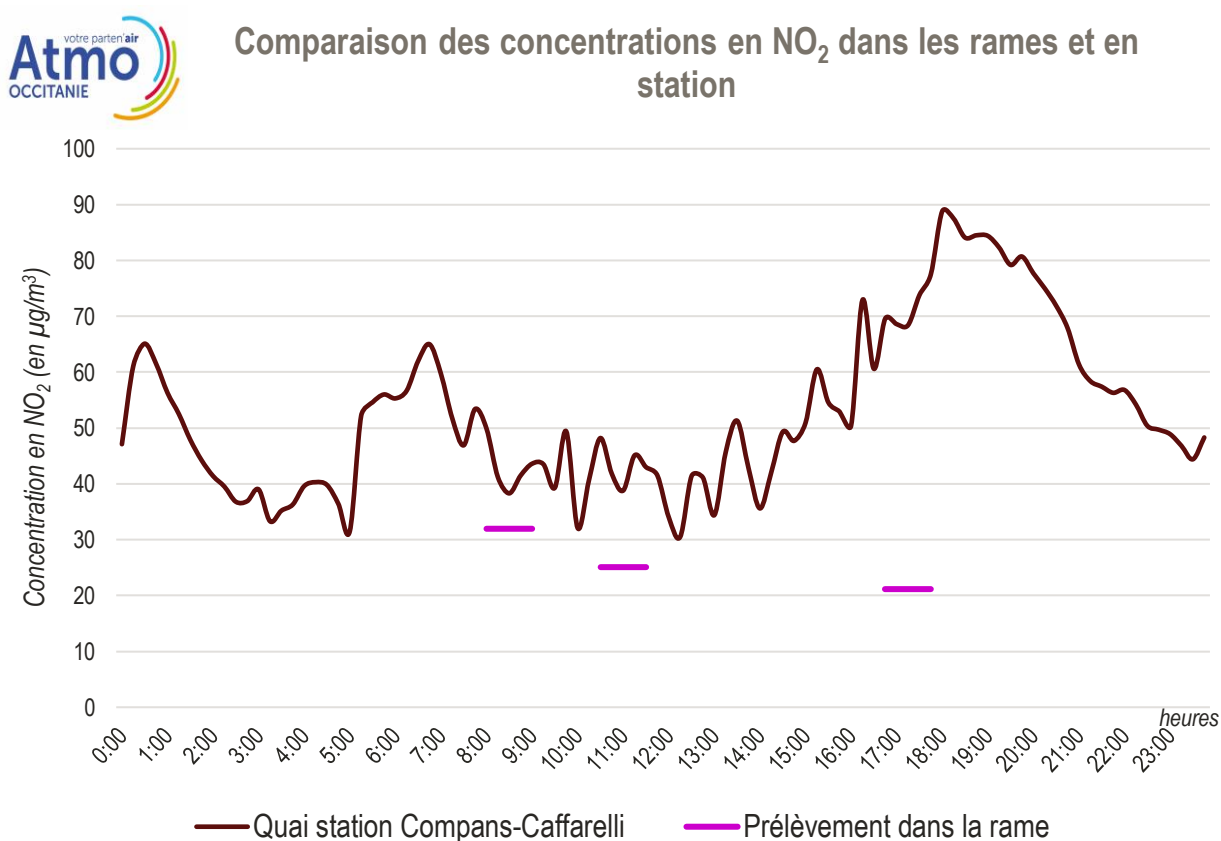


3.2.2.4 Dans les rames, des concentrations analogues à celles sur les quais

Suite aux restrictions imposées par la crise sanitaire, et contrairement aux années précédentes, Atmo Occitanie n'a pas été en mesure d'effectuer des prélèvements de NO₂ dans les rames lors de la période froide. Les prélèvements indiqués sur le graphique suivant ont été réalisés le 13 octobre 2021.

Le graphique ci-dessous représente le profil journalier des mesures automatiques effectuées sur le quai de la station Compans-Caffarelli durant la période chaude ainsi que les trois mesures menées dans les rames de la ligne B. Les prélèvements dans les rames s'effectuent à l'aide d'un sac Tedlar et durent 1 heure. Le protocole détaillé est disponible en *annexe 1*.

Les concentrations en NO₂ mesurées dans les rames de métro lors de l'heure de pointe matinale sont proches des mesures effectuées sur le quai. L'écart se creuse pour les deux autres périodes de mesure. En effet, tandis que les concentrations de NO₂ dans les rames diminuent au cours de la journée, les concentrations sur les quais montrent deux périodes d'augmentation des concentrations, de 5h00 à 7h45 et 16h00 à 19h45.



3.2.2.5 Des concentrations inférieures à celles du métro parisien

Depuis janvier 2008, la RATP rend public les résultats de qualité de l'air dans les espaces ferroviaires souterrains du réseau francilien. Depuis 2017, les données sont mises à disposition en open data¹⁹. Le métro toulousain et parisien étant différents, la description de leurs caractéristiques sont disponibles respectivement en *annexe 6* et *7*.

Nous indiquons ci-après la concentration moyenne et le maximum horaire (mesuré pendant les heures de fréquentation du métro par les usagers) en NO₂ rencontrés sur les quais des stations du réseau francilien lors de la réalisation des deux campagnes de mesures dans le métro toulousain.

Dans les environnements souterrains parisiens et toulousains, pendant le service voyageur, aucune source de NO₂ n'est imputable à l'activité métro. Le NO₂ présent est issu de l'environnement extérieur. Les variations de concentration entre les deux réseaux de métro proviennent donc des niveaux de NO₂ dans l'air ambiant extérieur introduit par la ventilation des stations de métro.

Comme sur la ligne B du métro toulousain, nous constatons une forte variabilité des concentrations en NO₂ mesurées dans les deux stations de métro parisiennes. Les concentrations mesurées dans le métro toulousain sont ainsi du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le métro parisien.

Du 20 janvier au 24 mars 2021		Concentrations en NO ₂ (en µg/m ³)	
		Moyenne sur la période	Maximum horaire
Paris	Châtelet (ligne 4)	27	223
	Franklin D. Roosevelt (ligne 1)	32	94
Toulouse	Compans-Caffarelli (ligne B)	22	88


Du 15 septembre au 8 novembre 2021		Moyenne sur la période	Maximum horaire
		Paris	Châtelet (ligne 4)
	Franklin D. Roosevelt (ligne 1)	35	95
Toulouse	Compans-Caffarelli (ligne B)	40	105

¹⁹ <https://data.R.A.T.P./explore/?sort=modified>

3.2.3 Le benzène


3.2.3.1 Respect de la valeur guide pour la protection de la santé des usagers

En moyenne sur les deux périodes de mesures, les niveaux de benzène mesurés dans le métro respectent la valeur guide réglementaire fixée sur un an.

Benzène				
		Respect de la valeur fixée pour l'air intérieur	Valeur guide	Période
Exposition de longue durée	Valeur guide de la qualité de l'air intérieur	Oui	2 µg/m ³ en moyenne annuelle	Moyenne maximale 1,7 µg/m ³ en moyenne sur 13 jours de mesure dans l'entrée de la station Compans-Caffarelli durant la période chaude.

3.2.3.2 Des concentrations très inférieures au seuil réglementaire pour la santé des travailleurs

Les mesures en moyenne sur 15 jours ou sur 1 h 20 dans les rames ne sont pas comparables à la réglementation du travail. Cependant, au vu des teneurs maximales en benzène rencontrées dans le métro nous pouvons considérer que les teneurs maximales quart-horaires dans l'enceinte du métro auraient été nettement inférieures aux valeurs fixées par le code du travail. La VME est donc respectée dans l'enceinte du métro.

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/m ³ sur 8 heures	Maximum sur 1 heure et 20 minutes Mesure dans la rame en heures de pointe du matin : 1,7 µg/m ³ Maximum sur 15 jours Quai de la station de métro Compans-Caffarelli : 1,7 µg/m ³ (période chaude)

3.2.3.3 Sur les quais, des niveaux stables et légèrement supérieurs à l'air extérieur

Le benzène présent dans le métro provient essentiellement de l'environnement extérieur et est introduit dans le métro par la ventilation.

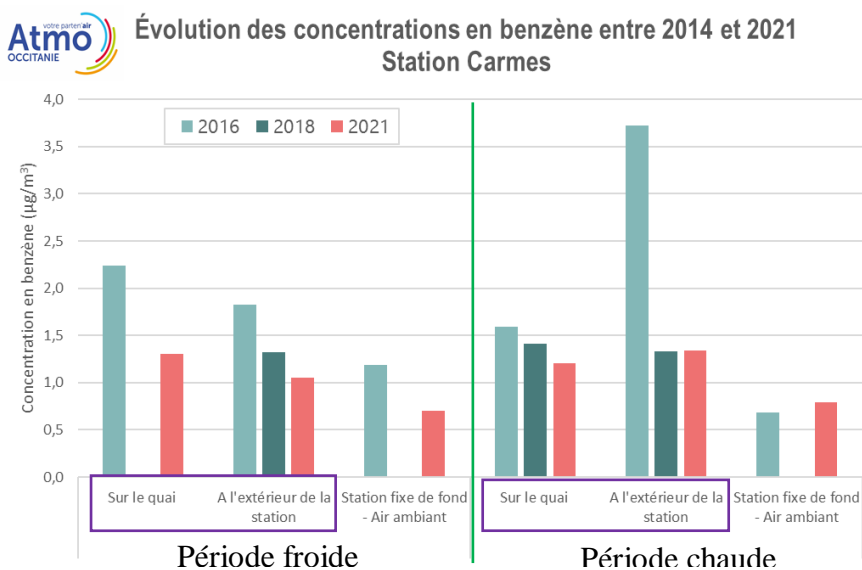
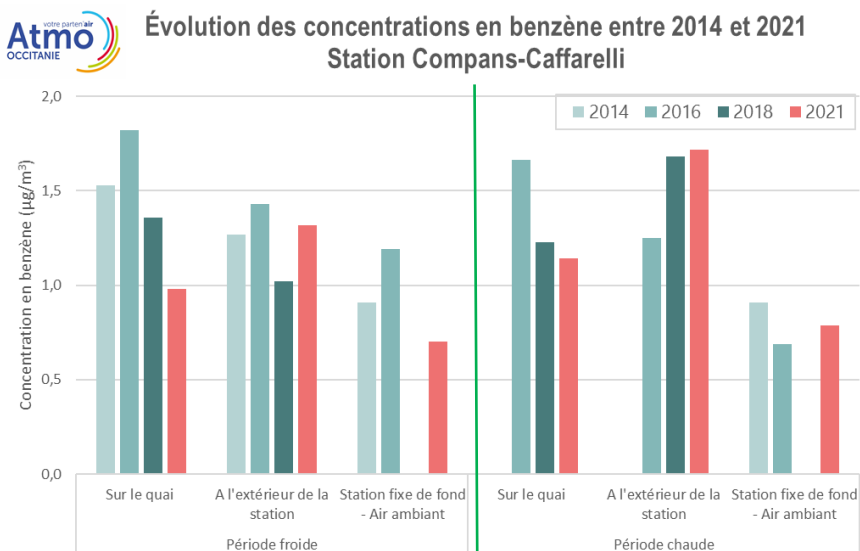
Le graphique ci-dessous représente la variation entre 2014 et 2021 des prélèvements de benzène effectués sur les quais et à l'extérieur des stations de métro Compans-Caffarelli et Carmes ainsi que dans l'air ambiant, sur la station urbaine de fond Berthelot, dans le centre-ville de Toulouse.

En 2021 lors des deux périodes de mesures, les niveaux de benzène prélevés sur les deux stations investiguées sont supérieurs aux niveaux de fond ambiants.

Les mesures de benzène effectuées lors de la période froide de 2021 sur les deux quais de la ligne de métro B sont les plus faibles enregistrées depuis 2016, à l'exception de la mesure à l'extérieur de la station de Compans-Caffarelli. En effet, on constate une baisse de plus de 40% des concentrations moyennes par rapport à 2016 sur les deux stations.

En moyenne, les concentrations de benzène sont plus élevées sur la station carmes.

Depuis 2014, durant la période chaude ou froide, les niveaux de benzène dans le métro toulousain sont supérieurs aux niveaux dans l'air ambiant en fond urbain.



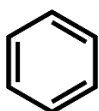
Les concentrations mesurées sont homogènes dans l'enceinte de la ligne B de métro, dans l'air extérieur et entre les deux périodes de mesures, avec une légère augmentation lors de la période chaude. Cela s'explique par le fonctionnement accru de la ventilation en été, qui introduit plus de benzène venu de l'extérieur. On observe une différence entre les concentrations à l'entrée de la station Compans-Caffarelli, plus élevées, avec celles mesurées sur le quai de cette dernière.

3.2.3.4 Dans les rames, des concentrations analogues à celles sur les quais

Suite aux restrictions imposées par la crise sanitaire, et contrairement aux années précédentes, Atmo Occitanie n'a pas été en mesure d'effectuer des prélèvements de benzène dans les rames lors de la période froide. Les prélèvements dont les résultats sont indiqués dans le tableau suivant ont été réalisés le 13 octobre 2021.

Pour les deux campagnes de mesures, les concentrations en benzène mesurées dans les rames de métro sont du même ordre de grandeur que celles relevées sur le quai de la station de métro Compans-Caffarelli pendant la même période de prélèvement.

		Concentrations en benzène sur une heure (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		Heure pointe matin	Heure creuse matin	Heure pointe soir
Période chaude	Intérieur de la rame	1,7	1,3	1,1
	Quai de la station Compans-Caffarelli	1,0	1,0	1,4



3.2.4 Le dioxyde de carbone (CO₂)

3.2.4.1 Un niveau de confinement satisfaisant dans l'enceinte des stations et les rames du métro

Le CO₂ mesuré dans l'enceinte du métro provient de l'environnement extérieur ainsi que de la respiration des usagers. Les concentrations élevées en CO₂ traduisent donc un mauvais taux de renouvellement de l'air.

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

Dioxyde de carbone (CO ₂)				
		Respect de la valeur de référence	règlement sanitaire départemental	Période
Exposition de courte durée	Recommandation du règlement sanitaire départemental	Oui	1 300 ppm	Niveau maximal sur 10 minutes Carmes : 668 ppm (période froide) Compans-Caffarelli : 1125 ppm (période chaude)

Sur l'ensemble des mesures réalisées en 2021, les concentrations de CO₂ ont atteint des maxima de 1125 ppm pour la station de métro Compans-Caffarelli et de 806 ppm pour la station de métro Carmes. Ces maxima

sont donc inférieurs au seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1 300 ppm pour les locaux non-fumeurs. Le respect de cette recommandation indique un niveau de confinement satisfaisant dans les deux stations de métro.

3.2.4.2 Des concentrations plus faibles dans les rames que sur les quais de Compans-Caffarelli

Lors des mesures de CO₂ dans les rames de métro, les niveaux sont nettement inférieurs à ceux mesurés sur le quai de la station Compans-Caffarelli et légèrement supérieurs à la station Carmes (606 ppm lors de la période estivale).

La concentration maximale atteinte sur 10 minutes a été de 694 ppm pendant l'heure de pointe en période chaude.

Au cours de la période de mesure, les niveaux de CO₂ dans les rames de métro ont respecté le seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1 300 ppm pour les locaux non-fumeurs.

		Concentrations en CO ₂ à l'intérieur de la rame sur une 10min (en ppm)		
		Heure pointe matin	Heure creuse matin	Heure pointe soir
Période chaude	Moyenne glissante sur 10min	630	584	557
	Valeur maximale	694	664	646



4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le présent rapport présente la situation des concentrations en particules dans les deux lignes de métro vis-à-vis des indicateurs de gestion de l'Anses et rend compte de l'état de la qualité de l'air dans l'enceinte de la ligne B du métro toulousain en 2021.

Situation des concentrations en particules vis-à-vis des indicateurs de gestion de l'Anses

Le temps moyen passé par un usager dans le métro toulousain est de 30 min²⁰.

Sur ce pas de temps, **les concentrations de particules PM₁₀ mesurées dans l'enceinte du métro toulousain respectent l'indicateur de gestion de 940 µg/m³ de l'Anses.**

En revanche, **les concentrations de PM₁₀ et PM_{2,5} ne respectent pas les indicateurs de gestion plus ambitieux de l'Anses de 250 µg/m³ pour les particules PM₁₀ et 140 µg/m³ pour les particules PM_{2,5}.**

Etat de la qualité de l'air en 2021 dans la ligne B du métro

• **Les particules PM₁₀ et PM_{2,5}**

En 2021, **les concentrations sur 30 minutes en particules PM₁₀ et PM_{2,5} mesurées sur les quais de la ligne B dépassent les valeurs de gestion de l'Anses les plus contraignantes, jusqu'à 4% du temps de mesure.** Les concentrations mesurées sont très inférieures au seuil réglementaire fixé pour la santé des travailleurs.

Les particules sont produites par l'activité du métro lors de l'usure du matériel et par remise en suspension dans l'air.

Les concentrations en particules mesurées dans le métro toulousain sont **nettement plus élevées que le fond urbain** (Particules PM₁₀ dans la station Carmes 6 fois plus élevées – particules PM_{2,5} dans la station Compans-Caffarelli 4 fois plus élevées). **L'usager du métro est cependant exposé à ces niveaux de concentration sur un pas de temps court.**

Elles sont mesurées en période froide en raison de la baisse de ventilation et du manque du renouvellement d'air dans l'enceinte du métro. **Lors de la période froide 2021, nous avons observé une forte augmentation des concentrations de particules dans les deux stations de métro en comparaison des années précédentes (Concentrations en PM_{2,5} 3 fois plus élevées et concentrations en PM₁₀ 1,5 fois plus élevées qu'en 2018).**

• **Le dioxyde d'azote (NO₂) et le benzène**

Les concentrations de NO₂ et de benzène mesurées sur les quais et dans les rames de métro de la ligne B en 2021 respectent les valeurs guides pour l'air intérieur ainsi que l'ensemble des valeurs moyennes d'exposition pour les ambiances de travail.

²⁰ Source : TISSEO Collectivités

Les concentrations les plus élevées sont mesurées en période chaude car ces polluants sont introduits par la ventilation qui fonctionne plus lors de la période estivale afin de maintenir une température de confort pour les usagers.

• **Le dioxyde de carbone (CO₂)**

Les concentrations en CO₂ mesurées sur les quais et dans les rames sont inférieures au seuil du règlement sanitaire départemental. Le système de ventilation de la ligne de métro assure donc un renouvellement de l'air correct.

Il apparaît donc que les usagers du métro toulousain sont relativement peu exposés dans le cadre de leurs trajets quotidiens. Cependant, il est important de poursuivre les efforts afin de tendre vers des niveaux de concentration plus faibles en particules.

Le programme de surveillance de la qualité de l'air dans le métro toulousain se poursuit en 2022. Des prélèvements dans les rames de la ligne A ainsi que des mesures à quai sur les stations Esquirol et Mirail-Université seront réalisées lors d'une période chaude et froide au cours de l'année.

Dorénavant, Atmo Occitanie étudiera chaque année, la situation des concentrations moyennées sur 30 minutes des particules PM₁₀ et PM_{2,5} vis-à-vis des nouveaux indicateurs de gestion proposés par l'Anses.

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Protocole d'évaluation de la qualité de l'air dans les zones accessibles au public

ANNEXE 2 : Généralités sur les polluants étudiés

ANNEXE 3 : Présentation des valeurs de référence de qualité de l'air appliquées

ANNEXE 4 : Présentation des stations fixes de l'agglomération toulousaine prises comme référence

ANNEXE 5 : Réglementation en ambiance de travail

ANNEXE 6 : Caractéristiques techniques du métro toulousain

ANNEXE 7 : Caractéristiques techniques des stations de métro parisien

ANNEXE 1 : Protocole d'évaluation de la qualité de l'air dans les zones accessibles au public

Les campagnes de mesures se sont déroulées :

- Du 20 janvier au 24 mars 2021 pour la période froide²¹.
- Du 15 septembre au 8 novembre 2021 au 5 novembre 2020 pour la période chaude²² ;

Dispositifs installés sur les quais des stations de métro

Dans le cadre du programme de surveillance de la qualité de l'air dans l'enceinte du métro, Atmo Occitanie a installé des appareils de mesure sur les quais de deux stations de métro :

- La station de métro Compans-Caffarelli a été équipée d'appareils permettant la mesure du NO₂ et des particules PM₁₀ et PM_{2,5} ;
- La station de métro Carmes a été équipée d'un appareil de mesure des particules PM₁₀.

Ces analyseurs permettent la mesure en continu et fournissent des données tous les quarts d'heure. Ces stations ont également été équipées d'un système d'acquisition qui permet de stocker les données.

Des mesures de benzène, par tubes échantillonneurs passifs ont été réalisées sur les quais ainsi qu'à l'entrée des stations de métro Compans-Caffarelli et les Carmes.

À l'aide d'un analyseur portable, les concentrations en dioxyde de carbone ont été relevées sur les quais des deux stations ciblées par cette étude.

Dispositifs embarqués dans les rames

Les mesures faites dans les rames de métro ont pour but d'évaluer les concentrations auxquelles sont exposés les usagers lors des trajets en métro.

Les dates de mesures pour les quatre polluants sont les suivantes :

- Dioxyde d'azote (NO₂) : Le 13 janvier 2021
- Benzène : Le 13 octobre
- Particules en suspensions PM₁₀ : Le 27 octobre 2021
- Dioxyde de carbone (CO₂) : le 13 et le 27 octobre

La concentration en particules fines de type PM₁₀ est mesurée dans les rames à l'aide d'un analyseur portable. Des mesures sont ainsi menées sur plusieurs allers-retours aux heures de pointe du matin, heures creuses du matin et heures de pointe du soir.

L'évaluation des teneurs en dioxyde d'azote dans les rames de métro est réalisée en prélevant l'air de la rame grâce à une pompe dans un sac Tedlar pendant 55 minutes, lors des heures de pointe du matin et du soir ainsi que lors d'heures creuses. Ce prélèvement est ensuite analysé en différé sur l'analyseur installé sur le quai de la station de métro.

²¹ Pour le benzène : du 20 janvier au 04 février 2021

²² Pour le benzène : du 15 au 28 septembre 2021

L'évaluation des teneurs en benzène est réalisée en prélevant l'air de la rame grâce à une pompe pendant une heure. Il est injecté au travers d'une cartouche absorbante thermodésorbable. Les cartouches absorbantes sont constituées d'un tube en verre contenant deux adsorbants des COV séparés par de la laine de quartz.

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 prélèvements sont ensuite analysés par un laboratoire extérieur.

Les concentrations en dioxyde de carbone ont été relevées à l'intérieur des rames à l'aide du même type d'analyseur que celui employé sur les quais des stations de métro.

ANNEXE 2 : Généralités sur les polluant étudiés

Le dioxyde d'azote - NO₂

• Sources

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

Le NO₂ est un gaz irritant pour les bronches. Le NO₂ participe aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique, à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre.

Les principales sources sont les véhicules et les installations de combustion (centrales thermiques, chauffage...). Le NO₂ est également présent à l'intérieur des locaux où fonctionnent des appareils au gaz tels que gazinières, chauffe-eau au gaz.

Le pot catalytique a permis, depuis 1993, une diminution des émissions des véhicules à essence. Néanmoins, l'effet reste encore peu perceptible compte tenu de l'âge moyen des véhicules et de l'augmentation forte du trafic automobile.

Des études montrent qu'une fois sur 2 les européens prennent leur voiture pour faire moins de 3 km, une fois sur 4 pour faire moins de 1 km et une fois sur 8 pour faire moins de 500 mètres ; or le pot catalytique n'a une action sur les émissions qu'à partir de 10 km.

• Effets sur la santé

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

• Effets sur l'environnement

Les oxydes d'azote participent aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique, dont ils sont l'un des précurseurs, à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre.

Les particules PM₁₀ et PM_{2,5}

• Sources

Les particules, notées PM pour « particulate matter » soit « matière particulaire » en français, peuvent être d'origine naturelle (embruns océaniques, éruption volcaniques, feux de forêt, érosion éolienne des sols, pollens...) ou anthropique (liées à l'activité humaine). Dans ce cas, elles sont issues majoritairement de la combustion incomplète des combustibles fossiles (circulation automobile, centrale thermique, sidérurgie, cimenteries, incinération de déchets, manutention de produits pondéraux, minerais et matériaux...).

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 micromètres (PM₁₀), à 2,5 micromètres (PM_{2,5}) et à 1 micromètre (PM₁).

• Effets sur la santé

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 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 cardio-vasculaires.

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.

Le benzène - C₆H₆

• Sources

La contamination de l'air extérieur résulte des émissions du secteur résidentiel et tertiaire – chauffage au bois notamment – du trafic routier et de certaines industries telles que la pétrochimie.

Dans les lieux clos, la présence de benzène résulte, quant à elle, 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...).

• Effets sur la santé

Le benzène est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique dont les propriétés cancérigènes sont connues depuis longtemps. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (C.I.R.C.) 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 (U.S.-E.P.A.). À ce titre, il est soumis à d'importantes restrictions d'usage.

Le dioxyde de carbone – CO₂

• Sources

Le dioxyde de carbone, est un composé chimique de formule CO_2 . Dans les conditions normales de température et de pression, c'est un gaz incolore, inodore, à la saveur piquante. Le CO_2 est un gaz à effet de serre bien connu, transparent en lumière visible mais absorbant dans le domaine infra-rouge, de sorte qu'il tend à bloquer la réémission de l'énergie thermique reçue du soleil.

Dans l'environnement extérieur, les concentrations en CO_2 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_2 . 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_2 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.

• Effets sur la santé

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_2 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_2 supérieures à 850 ppm en moyenne sur une journée de travail.

Concernant les effets intrinsèques du CO_2 , il est observé qu'une récente étude expérimentale sur 22 sujets humains adultes suggère un effet propre du CO_2 sur la performance psychomotrice (prise de décision, résolution de problèmes) à partir de 1 000 pm.

ANNEXE 3 : Présentation des valeurs de référence de qualité de l'air appliquées

Indicateurs de gestion pour les particules PM₁₀ et PM_{2.5}

Actuellement, il n'existe pas de valeurs réglementaires nationales concernant les polluants rencontrés dans les enceintes ferroviaires souterraines (EFS). En 2019, l'Etat a saisi l'Anses afin d'évaluer la pertinence et la faisabilité d'établir une ou des valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) pour les particules, spécifique(s) à l'exposition des usagers dans le EFS, et d'élaborer de telles valeurs le cas échéant.

L'Anses a analysé la méthodologie de calcul proposée par le CSHPF et l'a jugée pertinente. Des précisions à cette méthode ont été apportées par l'Anses de manière à mieux prendre en compte les différents milieux auxquels une personne est soumise dans une journée type :

- Prise en compte des micro-environnements « logement » et « travail » au lieu d'une unique exposition « extérieure »
- Modification des scénarios de durée : 30min, 1h, 1h30 et 2h
- Calcul de C_{sout} pour chaque scénario de durée
- Proposition de deux valeurs basées respectivement sur le code de l'environnement ainsi que les recommandations OMS (2021) afin de proposer une référence pour les PM_{2.5}

L'Anses part du postulat que la norme réglementaire journalière actuelle sur les PM₁₀ correspond à l'exposition maximale qu'un citoyen ne devrait pas dépasser dans une journée.

Le nouveau calcul proposé par l'Anses, définit la valeur de C_{sout} comme la concentration limite acceptable dans une EFS, pour limiter l'exposition des usagers du métro. Cette dernière doit satisfaire à l'équation suivante :

$$(C_{\text{sout}} \times T_{\text{sout}}) + (C_{\text{travail}} \times T_{\text{travail}}) + (C_{\text{log}} \times T_{\text{log}}) < C_{\text{lim}} \times 24$$

Avec :

- **T_{sout}** : Durée moyenne d'un trajet dans l'EFS considérée (30min, 1h, 1h30 ou 2h)
- **T_{travail}** : Durée moyenne d'une journée de travail (7,6h/j)
- **C_{travail}**²³ : Concentration dans le milieu professionnel (µg/m³) : Travail extérieur : Percentile 90 (P90) de la distribution des concentrations journalières issues des stations urbaines de fond de l'agglomération considérée pour les PM₁₀ et la valeur intermédiaire 3 de la recommandation OMS pour les PM_{2.5}. Travail en bureau²⁴ : 7,9µg/m³ pour les PM_{2.5} et 12,9µg/m³ pour les PM₁₀.
- **C_{log}** : Concentration dans le logement correspondant à la médiane (P50) des concentrations : 27,5µg/m³ pour les PM₁₀ et 16,8µg/m³ pour les PM_{2.5}. Cette valeur a été calculée sur un échantillon représentatif de logement en France métropolitaine entre 2003 et 2005

²³ La valeur admise pour le travail correspond à la concentration journalière ambiante la plus élevée entre celles obtenues pour le travail extérieur et le travail en bureau, c.à.d entraînant une valeur de C_{sout} la plus protectrice pour la santé. Ce calcul s'est effectué à partir des données des 7 villes possédant un réseau d'EFS.

²⁴ Calculée à partir des données relevées durant une semaine d'enquête entre septembre 2018 et juin 2019 en Nouvelle-Aquitaine, dans des espaces de travail

- **T_{log}** : Durée passée dans le logement (h/j) correspondant à la durée restante sur une journée = 15,9h/j (pour T_{sout}=30min/j)
- **C_{lim}**: Limite journalière du code de l'environnement pour les PM₁₀ ou PM_{2.5} dans l'air ou de la recommandation OMS

Pour le calcul de C_{sout}, deux valeurs de C_{lim} sont utilisées :

- **C_{sout_Lim}** : calculée à partir de la valeur limite de PM₁₀ journalière du code de l'environnement : C_{lim_EU} = 50µg/m³. Il n'existe pas de valeur limite journalière pour les PM_{2.5}.
- **C_{sout_OMS}** : calculée à partir de la valeur journalière de PM₁₀ recommandées par l'OMS C_{lim_OMS_PM10} = 45µg/m³. La valeur des PM_{2.5} est obtenue à partir de la valeur cible intermédiaire 3 de la valeur OMS C_{lim_OMS_PM2.5} = 37,5µg/m³.

L'indicateur de gestion pour les PM_{2.5} est calculé à partir de la cible intermédiaire 3 des recommandations de l'OMS et non grâce à la valeur guide recommandé par l'OMS afin d'obtenir des valeurs applicables.

En effet, les recommandations OMS sur les PM_{2.5} sont particulièrement ambitieuses aussi bien que la concentration annuelle de l'OMS pour les PM_{2.5} est inférieure à la concentration moyenne annuelle mesurée en 2021 sur les stations urbaines de Toulouse (environ 10µg/m³, nettement supérieures aux 5µg/m³ recommandés par l'OMS).

Concentrations maximales dans l'air dans le métro recommandées pour une exposition sur 30 minutes			
	Durée cumulée de fréquentation de l'EFS sur une journée	Concentration calculée à partir de la valeur limite journalière dans l'air ambiant C _{sout_Lim}	Concentration calculée à partir de la valeur guide journalière de l'OMS C _{sout_OMS}
PM₁₀	30 min/j	940 µg/m ³	250 µg/m³
PM_{2.5}	30 min/j	-	140 µg/m³

***Valeurs calculées en utilisant le valeur limite française d'exposition pour la protection de la santé utilisées en 'air ambiant et en assimilant les particules d'EFS aux particules de l'air ambiant**

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

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

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

Une valeur guide fixée par la réglementation pour le benzène

Compte tenu des connaissances actuelles sur les effets sur la santé de cet hydrocarbure, l'Anses a proposé plusieurs valeurs guides de qualité d'air intérieur (V.G.A.I.), pour protéger la population de ses effets cancérigènes et non cancérigènes.

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

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

- Valeur d'action rapide : 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle
- Valeur repère de qualité de l'air : 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle
- Valeur cible : 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle

La valeur de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de longue durée au benzène a été reprise dans le décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène avec une mise en application le 1^{er} janvier 2016.

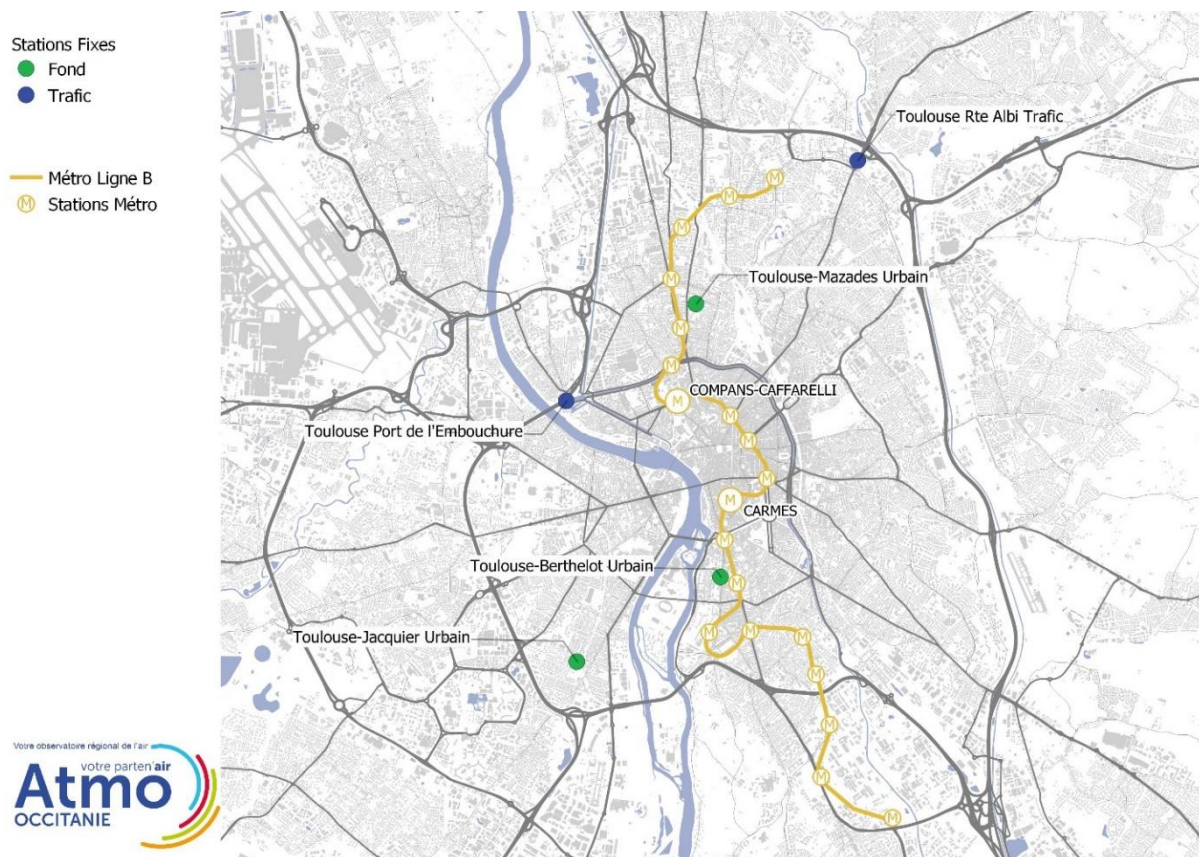
ANNEXE 4 : Présentation des stations fixes de l'agglomération toulousaine prises comme référence

Pour comparer les concentrations de particules, NO₂ et benzène relevées dans le métro toulousain avec la situation dans l'air ambiant, nous avons moyenné, sur les mêmes périodes d'échantillonnage dans le métro, les données relevées sur les stations fixes présentant sur l'agglomération toulousaine. Ces concentrations ont été utilisées comme données de référence pour la visualisation des moyennes extérieures ambiantes.

Le tableau ci-dessous répertorie les stations qui ont été utilisées pour le calcul de la moyenne des stations de fond urbain et trafic.

		Particules en suspension (PM ₁₀)				Particules fines (PM _{2.5})				Dioxyde d'azote (NO ₂)				Benzène			
		2021	2018	2016	2014	2021	2018	2016	2014	2021	2018	2016	2014	2021	2018	2016	2014
Stations urbaines de fond	Berthelot	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Mazades	X				X	X	X			X	X	X				
	Jacquier	X								X	X	X	X				
Stations trafic	Route d'Albi	X				X	X	X	X	X	X	X					
	Porte de l'embouchure	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X				

La carte ci-après présente l'emplacement des stations fixes utilisées pour le calcul des moyennes détaillées ci-dessus ainsi que la localisation des stations qui constituent la ligne B du métro toulousain.



ANNEXE 5 : 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. À titre d'information voici quelques aspects de cette réglementation²⁵:

« 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 (V.L.E.P.) sont :

- Soit des valeurs limites admises (V.L.) à caractère indicatif dans le cas général.
- Soit des valeurs limites réglementaires (V.R.), indicatives (V.R.I.) ou contraignantes (V.R.C.) 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 V.L. doivent être considérées comme des objectifs minimaux.

Deux types de valeurs limites ont été retenus :

- Des valeurs limites court terme (V.L.C.T.) sont destinées à protéger des effets des pics d'exposition. Elles se rapportent à une durée de référence de 15 minutes (sauf indication contraire). Rigoureusement, les VLE jusqu'ici utilisées en France et issus des circulaires du ministère chargé du travail sont des valeurs plafonds mesurées sur une durée maximale de 15 minutes en fonction de la nature du risque et des possibilités de mesurage et ne sont donc pas équivalentes aux valeurs limites courts termes 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 V.L.C.T. peuvent être considérées comme équivalentes. [...] On privilégiera désormais le sigle V.L.C.T. par rapport à la VLE
- Des valeurs limites sur 8 heures ou valeur limite de moyenne d'exposition (V.M.E.) destinées à protéger les travailleurs des effets à terme, mesurées ou estimées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures. La V.M.E. peut être dépassée sur une courte durée sous réserve de ne pas dépasser la V.L.C.T. lorsqu'elle existe. Dans ce cas, les notions de valeur de moyenne d'exposition issues des circulaires du ministère

²⁵ I.N.R.S. (Institut National de Recherche et de Sécurité), valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France, ED 984 aide-mémoire technique, juin 2006.

chargé du travail et de valeur limite sur 8 heures issues de réglementation européenne sont strictement identiques, le sigle V.M.E. 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 inhalables²⁶ et alvéolaires²⁷ de l'atmosphère inhalé par une personne, évaluées sur une période de 8 heures, ne doivent pas dépasser respectivement 10 et 5 mg/m³ d'air.

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

²⁶ Toutes les poussières mesurées (quel que soit leur diamètre aérodynamique).

²⁷ Poussières dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 4 µm (PM₄).

ANNEXE 6 : Caractéristiques techniques du métro toulousain

Caractéristiques du matériel roulant

- Rames type VAL 208 (ancienne et nouvelle génération) : 70 rames pouvant fonctionner au besoin sur les deux lignes.
- Le matériel roulant est sur pneumatiques.
- Environ 160 places dont 44 places assises.
- La vitesse maximale du matériel est de 80 km/h.
- Freinage électrique afin de récupérer l'énergie avec appoint freinage mécanique par plaquettes.

Caractéristiques de la ligne B

- Inaugurée en 2007.
- Les quais mesurent 26 mètres.
- 15,8 km orientés dans l'axe nord/sud passant par le centre de Toulouse essentiellement souterrain.
- 20 stations de métro dont la station Jean Jaurès permettant l'interconnexion avec la ligne A.
- Vitesse commerciale moyenne : 35 km/h.
- 26 minutes pour effectuer un parcours complet entre terminus,
- Fréquence de passage de rame : de 65 secondes au minimum (heures de pointe), 3 minutes (heures creuses semaine), 7 minutes (heures creuses dimanche et jours fériés), 9 minutes en début de service.
- Les rames circulent de 5 h 15 jusqu'à minuit (3 h les vendredis et samedis).
- 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 7 : Caractéristiques techniques des stations de métro parisien

Station de métro Chatelet (métro ligne 4)

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

En 2019, elle était la douzième station la plus fréquentée du réseau, avec 10,8 millions de voyageurs entrant dans la station soit près de 30 000 par 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 27 stations, la longueur moyenne des inter-stations 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 2020, le parcours complet de la ligne demande environ 29 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 50 rames en 2020. Les rames en circulation, les MP 89, sont montées sur pneumatique. 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.

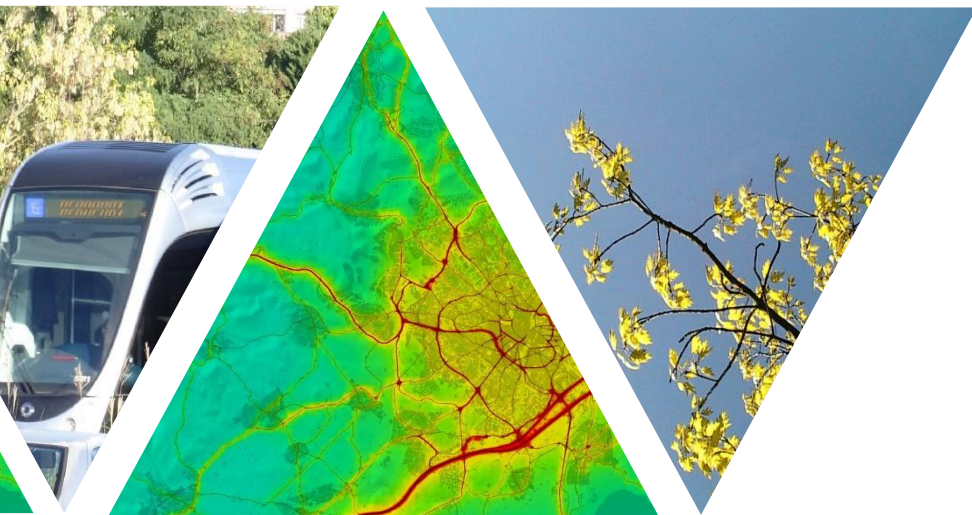
Les rames sont équipées de bogies dont les essieux conservent les roues en acier classiques et comportent en outre deux roues, de même diamètre, équipées de pneumatiques et situées à l'extérieur des précédentes. Les roues à pneus assurent les fonctions de traction et de freinage, celles en acier servent 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.

Station de métro Franklin D. Roosevelt (métro ligne 1)

- Franklin D. Roosevelt est une station des lignes 1 et 9 du métro de Paris ; elle est située dans le 8^e arrondissement de Paris.
- En 2019, elle était la dix-neuvième station la plus fréquentée du réseau, avec 9,54 millions d'entrants directs soit environ 26 000 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 25 stations, la longueur moyenne des inter-stations 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 Neuilly, entre les stations Esplanade de la Défense et Pont de Neuilly.
- En 2019, le parcours complet de la ligne demande trente-six 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-trois rames en 2020. Les rames en circulation, les MP 05 sont montées sur pneumatique.
- En 2010, la ligne 1 est devenue la première ligne majeure d'un réseau métropolitain existant dans une capitale à être intégralement automatisée. Dans le cadre de la modernisation de cette ligne, les quais de la station Franklin D. Roosevelt ont été entièrement rénovés comme l'ensemble des quais de la ligne. Ils ont été équipés de portes palières.



L'information sur la qualité de l'air en Occitanie

www.atmo-occitanie.org



Agence de Montpellier
(Siège social)
10 rue Louis Lépine
Parc de la Méditerranée
34470 PEROLS

Agence de Toulouse
10bis chemin des Capelles
31300 TOULOUSE

Tel : 09.69.36.89.53
(Numéro CRISTAL – Appel non surtaxé)

Crédit photo : Atmo Occitanie