

Zone à Faibles Emissions – mobilité de la Métropole de Lyon

Extension aux véhicules particuliers Crit'air 4,3 et 2

Etude 2023



Auteur : Ariane PROVENT et Léa BRUSCHI

Diffusion : Août 2023

Siège social :
3 allée des Sorbiers 69500 BRON
Tel. 09 72 26 48 90
contact@atmo-aura.fr



Conditions de diffusion

Dans le cadre de la réforme des régions introduite par la Nouvelle Organisation Territoriale de la République (loi NOTRe du 16 juillet 2015), les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air de l'Auvergne (ATMO Auvergne) et de Rhône-Alpes (Air Rhône-Alpes) ont fusionné le 1er juillet 2016 pour former Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (décret 98-361 du 6 mai 1998) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO.

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

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

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

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © Atmo Auvergne-Rhône-Alpes **(2023) Zone à Faibles Emissions – mobilité de la Métropole de Lyon – Extension aux véhicules particuliers Crit'air 4, 3 et 2 – Etude 2023.**

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

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

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

- depuis le [formulaire de contact](#)
- par mail : contact@atmo-aura.fr
- par téléphone : 09 72 26 48 90



Financement

Cette étude d'amélioration de connaissances a été rendue possible grâce à l'aide financière particulière de la Métropole de Lyon.

Toutefois, elle n'aurait pas pu être exploitée sans les données générales de l'observatoire, financé par l'ensemble des membres d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Résumé

Lors de la mise en place de la Zone à Faibles Emissions-mobilité (ZFE-m) sur le territoire de la Métropole lyonnaise en 2020, les habitants de celle-ci étaient exposés à des concentrations élevées de certains polluants.

Trois polluants sont principalement préoccupants sur la Métropole.

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un polluant majoritairement lié au trafic routier. Les zones de proximité routière sont donc particulièrement affectées. La France a été renvoyée en mai 2018 devant la Cour de justice de l'Union Européenne pour non-respect de la valeur limite réglementaire concernant le NO₂.

Les particules en suspension (PM10 et PM2,5) sont émises par des secteurs variés. C'est cependant majoritairement le chauffage au bois non performant qui est responsable d'une grande part des émissions sur notre territoire. Si les valeurs réglementaires européennes sont respectées sur la Métropole (depuis 2012), la quasi-totalité de la population est exposée à un dépassement des seuils préconisés par l'organisation mondiale de la santé (OMS).

L'ozone (O₃) est un polluant secondaire qui affecte plus les territoires d'altitude, périurbains et ruraux que les territoires urbains. Des actions visant à réduire les émissions des précurseurs de l'ozone (oxydes d'azote NOx émis par le trafic routier notamment) doivent être conduites à grande échelle pour réduire les niveaux d'exposition à l'ozone.

Afin d'**améliorer cette situation et réduire l'exposition des populations** de son territoire à la pollution atmosphérique, la Métropole agit sur les réductions d'émissions de polluants atmosphériques et de GES via plusieurs outils (PCAET, SDE etc).

La mise en place de la Zone à Faibles émissions-mobilité (ZFE-m) ciblant les véhicules utilitaires légers (VUL), les poids lourds (PL) et les véhicules particuliers (VP), est une des actions phares, car elle permet de **réduire les émissions d'oxydes d'azote NOx, de particules fines (PM10, PM2.5, ...) et de gaz à effet de serre**.

Elle consiste en l'instauration d'une réglementation favorable aux véhicules de transport de marchandises et aux véhicules particuliers les moins polluants.

Des gains émissions notables pour l'extension de la ZFE-m aux véhicules particuliers (VP), deux roues (DR) et aux Véhicules Utilitaires Légers et aux Poids Lourds sur le centre de la métropole.

Le présent dossier est l'étude préalable à la mise en place de la ZFE-m qui estime les réductions d'émissions de polluants à effets sanitaires et de gaz à effets de serre de cet outil. Cette étude réalisée par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes en 2023 vise à évaluer, l'impact de l'évolution de la ZFE-m sur la qualité de l'air local avec l'interdiction de circuler et de stationner :

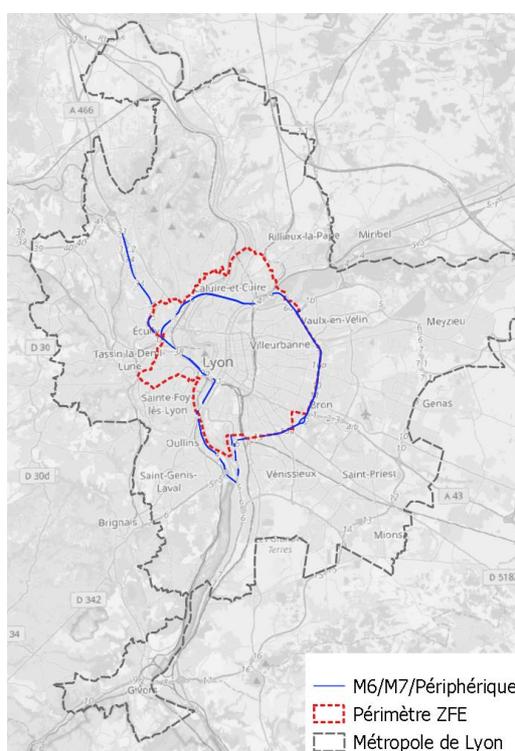
- des véhicules particuliers Crit'Air 4, 3 et 2,
- et des véhicules utilitaires légers (VUL) et des poids lourds Crit'Air 2.

Ces restrictions s'appliquent sur le périmètre « centre ». Sur les axes M6/M7, le périphérique Laurent Bonneval et boulevard Périphérique Nord (BNPL), les véhicules Crit'Air 2 sont autorisés à circuler.

Les caractéristiques de ce dispositif sont détaillées dans les figures ci-dessous (calendrier et périmètre).

Périmètre	CENTRE		M6/M7/PÉRIPHÉRIQUE	
Typologie de véhicules				
2023				
2024				
2025				
2028				

Calendrier des restrictions de la ZFE-m



Plan du périmètre d'application touché par la ZFE-m (Source : Métropole de Lyon)

Les principales conclusions de cette étude sont :

- Les **gains en émissions pour les oxydes d'azote NOx** baissent à hauteur de 17% dans le périmètre central et 14% sur les axes à fort trafic en 2025 par rapport au scénario tendanciel (sans action ZFE-m incluse). Cette baisse est due à l'interdiction des Crit'Air 3 sur tous les périmètres pour l'ensemble des véhicules. Cette tendance est accentuée en 2028 avec respectivement 56% et 28% sur chacun des périmètres suite à l'interdiction de l'ensemble des Crit'Air 2 sur le périmètre central.
- Les mêmes observations sont faites pour **les gains en émissions de particules fines PM10 et PM2.5**. Les gains sont respectivement de 25% pour les PM10 et de 30% pour les PM2.5 sur le périmètre central et de 15% et de 18% sur les axes structurants en 2028 par rapport au scénario tendanciel (sans action ZFE-m incluse). Cette baisse est due à l'interdiction des Crit'Air 2 sur le périmètre central pour l'ensemble des véhicules.

- En 2028, les gains en concentrations en NO₂ les plus forts sont observés au niveau des axes à fort trafic (M6/M7/Périphérique) et sont compris entre 5 et 10 µg/m³. Sur les concentrations de fond urbain dans le périmètre central, la baisse est d'environ 1 µg/m³. Cela induit une baisse d'environ 1% de l'exposition de la population à des concentrations supérieures à la recommandation OMS pour le NO₂ (10 µg/m³) par rapport au scénario tendanciel.
- En 2028, le trafic routier étant responsable uniquement d'environ 20% des émissions de particules fines, la ZFE-m a peu d'impact sur les concentrations de ces polluants (entre 1µg/m³ et 3 µg/m³ sur les voies à fort trafic et <1 µg/m³ sur les concentrations de fond du périmètre central) par rapport au scénario tendanciel. Cela induit une baisse quasi nulle de l'exposition de la population à des concentrations supérieures à la recommandation OMS pour les PM10 et PM2.5 (15 et 5 µg/m³).



Sommaire

1. Etat des lieux de la qualité de l'air de la Métropole de Lyon.....	11
1.1 Répartition sectorielle des émissions de polluants	11
1.2 Evolution des émissions de polluants	11
1.3 Concentrations en polluants atmosphériques et valeurs réglementaires.....	13
2. Méthodologie d'évaluation de l'impact sur la qualité de l'air et l'exposition de la population d'une ZFE-m.....	18
2.1 Rappels des scénarios modélisés dans l'étude.....	18
2.2 Méthodologie d'évaluation de l'impact sur les émissions et données utilisées.....	19
2.2.1 Méthodologie générale	19
2.2.2 Connaissance des trafics.....	20
2.3 Méthodologie de modélisation des concentrations et de calcul de l'exposition des populations.....	25
2.3.1 Modélisation et évaluation de l'impact sur les concentrations	25
2.3.2 Evaluation de l'exposition des populations.....	25
3. Les bénéfices environnementaux et sanitaires de la ZFE-m	26
3.1 Impact sur les émissions de polluants atmosphériques.....	26
3.1.1 Impact sur les émissions d'oxydes d'azote NOx.....	26
3.1.2 Impact sur les émissions de particules fines PM10 et PM2,5	27
3.2 Impact sur les concentrations et l'exposition des populations.....	28
3.2.1 Impact sur les concentrations et l'exposition au dioxyde d'azote NO ₂	28
3.2.2 Impact sur les concentrations et l'exposition aux particules fines PM10.....	32
3.2.3 Impact sur les concentrations et l'exposition aux particules fines PM2,5.....	35
4. Conclusion.....	38



Illustrations

Figure 1 : contribution des différents secteurs d'activités aux émissions en 2019 à l'échelle de la métropole de Lyon (Source : bilan 2021 de la qualité de l'air - Atmo Auvergne-Rhône-Alpes).....	11
Figure 2 : : évolution des émissions de polluants atmosphériques entre 2005 et 2019 à l'échelle de la Métropole de Lyon (pourcentage en blanc) au regard des objectifs du PREPA(pourcentage en couleur en bas) (Source : bilan 2021 de la qualité de l'air - Atmo Auvergne-Rhône-Alpes).....	12
Figure 3 : carte de concentration au NO ₂ à l'échelle de la Métropole de Lyon en 2019 (moyenne annuelle) avec contour de la ZFE-m applicable en 2022.....	14
Figure 4 : carte de concentration aux particules PM _{2,5} à l'échelle de la Métropole de Lyon en 2019 (moyenne annuelle) avec contour de la ZFE-m applicable en 2022.....	16
Figure 5 : carte de concentrations aux particules PM ₁₀ à l'échelle de la Métropole de Lyon en 2019 (moyenne annuelle) avec contour de la ZFE-m applicable en 2022.....	17
Figure 6 : Caractéristiques du scénario final de la ZFE-m étudiée en 2023	18
Figure 7 : organisation générale de l'outil MOCAT	19
Figure 8 : répartition des kilomètres parcourus selon la catégorie de véhicules pour le tendanciel 2024	22
Figure 9 : répartition par Crit'air des kilomètres parcourus par les VP et DR dans le périmètre ZFE ..	23
Figure 10 : répartition par Crit'Air des kilomètres parcourus par les VP et DR sur la métropole de Lyon	23
Figure 11 : répartition par Crit'Air des kilomètres parcourus par les VUL et PL dans le périmètre ZFE	24
Figure 12 : répartition par Crit'Air des kilomètres parcourus par les VUL et PL sur la métropole de Lyon	24
Figure 13 : Evolution des émissions de NO _x (en %) grâce à la ZFE-m par rapport au tendanciel sur les périmètres de la ZFE-m central, des axes structurants et de la Métropole de Lyon.....	27
Figure 14 : Evolution des émissions de PM ₁₀ et PM _{2.5} (en %) grâce à la ZFE-m par rapport au tendanciel sur les périmètres de la ZFE-m central, les axes structurants et de la Métropole de Lyon	28
Figure 15 : Moyennes annuelles des concentrations en dioxyde d'azote NO ₂ en µg/m ³ déterminées pour le tendanciel 2025 et le scénario ZFE-m 2025 sur la Métropole de Lyon	29
Figure 16 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO ₂ en µg/m ³ entre le tendanciel 2025 et le scénario ZFE-m 2025.....	30
Figure 17 : Moyennes annuelles des concentrations en dioxyde d'azote NO ₂ en µg/m ³ déterminées pour le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028 sur la Métropole de Lyon	30
Figure 18 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO ₂ en µg/m ³ entre le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028.....	31
Figure 19 : Expositions moyennes au NO ₂ (IPP) pour le tendanciel 2025/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m global.....	32
Figure 20 : Concentrations moyennes annuelles des concentrations en particules PM ₁₀ en µg/m ³ déterminées pour le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028 sur la Métropole de Lyon	33
Figure 21 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM ₁₀ en µg.m ⁻³ entre le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028.....	33

Figure 22 : Expositions moyennes au PM10 (IPP) pour le tendancier 2025/2026/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m (central et étendu)	34
Figure 23 : Concentrations moyennes annuelles des concentrations en particules PM2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ déterminées pour le tendancier 2028 et le scénario ZFE-m 2028 sur la Métropole de Lyon	35
Figure 24 : Différence des concentrations moyennes annuelles particules fines PM2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre le tendancier 2028 et le scénario ZFE-m 2028	36
Figure 25 :: Expositions moyennes au PM2.5 (IPP) pour le tendancier 2025/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m global	37

Glossaire

COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

CQA : Certificat Qualité de l'Air appelé plus communément Crit'Air

COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

DR : Deux Roues

GES : Gaz à Effet de Serre

NC : Non Classé

NH₃ : Ammoniac

NO_x : Oxydes d'azote

NO₂ : Dioxyde d'azote

OMINEA : Rapport sur la méthodologie de calcul des émissions

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PCAET : Plan Climat-Air-Energie Territorial

PL : Poids Lourds

PM10 : Particules fines de taille <10 µm

PM2.5 : Particules fines de taille < 2.5 µm

PREPA : Plan national de Réduction des Polluants Atmosphériques

SDES : Service des Données et Etudes Statistiques

SDE : Schéma Directeur des Energies

SO₂ : Dioxyde de soufre

VUL : Véhicules Utilitaires Légers

VHR : Véhicules Hybrides Rechargeables

VP : Véhicules Particuliers

ZFE-m : Zone à Faibles Emissions - mobilité

1. Etat des lieux de la qualité de l'air de la Métropole de Lyon

1.1 Répartition sectorielle des émissions de polluants

A l'échelle de la Métropole de Lyon, le transport routier est responsable de 58% des émissions de NO_x en 2019 (Figure 1). Les motorisations diesel sont par ailleurs largement contributrices, avec 96% des émissions de NO_x des Véhicules Utilitaires Légers (VUL), Poids Lourds (PL) et Véhicules Particuliers (VP) provenant de véhicules diesel.

Dans une moindre mesure, plus de 19% des émissions annuelles de particules fines PM10 sont liées au trafic routier (Figure 1). À la différence des NO_x qui sont émis via l'échappement des véhicules, les particules fines proviennent également de l'usure des plaquettes de frein et de l'abrasion des pneus sur le goudron.



Figure 1 : contribution des différents secteurs d'activités aux émissions en 2019 à l'échelle de la métropole de Lyon (Source : bilan 2021 de la qualité de l'air - Atmo Auvergne-Rhône-Alpes)

1.2 Evolution des émissions de polluants

Depuis 2005, les émissions présentent une tendance à la baisse pour l'ensemble des polluants atmosphériques. Cette baisse est plus ou moins notable selon le polluant considéré au regard des objectifs du Plan National de Réduction des émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) à l'horizon 2030 (Figure 2).

Pour s'assurer de l'atteinte des objectifs de réduction des émissions fixés par le PREPA à l'horizon 2030 des efforts reste à fournir particulièrement pour les NO_x, les COVNM et les PM2.5. Pour le NH₃ et le SO₂, les objectifs sont quasiment atteints mais les efforts doivent être maintenus.

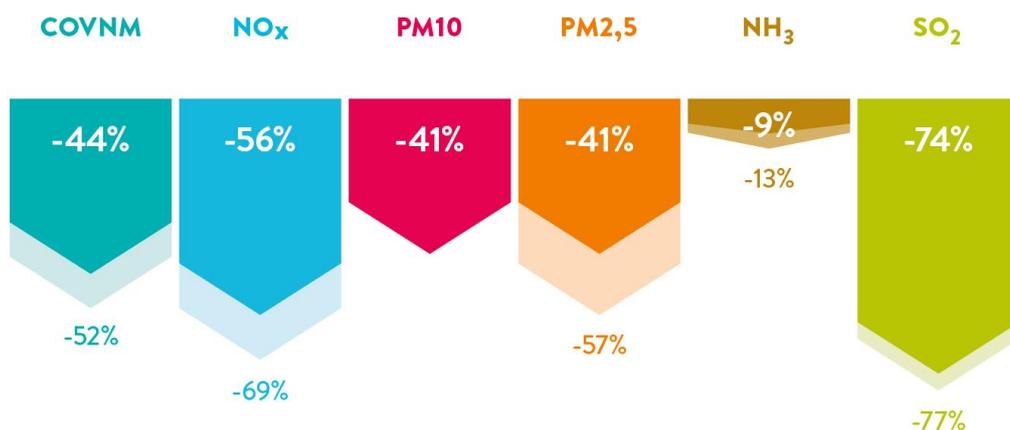


Figure 2 : : évolution des émissions de polluants atmosphériques entre 2005 et 2019 à l'échelle de la Métropole de Lyon (pourcentage en blanc) au regard des objectifs du PREPA (pourcentage en couleur en bas) (Source : bilan 2021 de la qualité de l'air - Atmo Auvergne-Rhône-Alpes)

La baisse des émissions de NO_x est essentiellement liée aux secteurs de l'industrie et du transport routier.

La diminution des émissions industrielles, principalement entre 2005 et 2010, est en grande partie imputable à une efficacité grandissante des technologies de dépollution (afin de répondre à la réglementation).

La diminution des émissions du transport routier quant à elle (liée, pour l'essentiel, au renouvellement du parc automobile) est en partie contrebalancée par l'augmentation des distances parcourues.

La baisse des émissions de PM10 et de PM2,5 observée sur plusieurs années est imputable au secteur résidentiel (renouvellement progressif des appareils individuels de chauffage au bois), au transport routier (renouvellement du parc automobile, avec la généralisation des filtres à particules à l'ensemble des véhicules neufs à partir de 2011) et à l'industrie (amélioration des procédés de dépollution, fermeture de certains sites ou réduction d'activité).

A cette tendance à la baisse sur le long terme viennent s'ajouter des fluctuations annuelles en lien direct avec les variations de la rigueur climatique, qui conditionnent les besoins en chauffage et les consommations de combustible associées, en particulier le bois de chauffage.

1.3 Concentrations en polluants atmosphériques et valeurs réglementaires

L'année 2019 est considérée comme année de référence. Les années 2020 et 2021 ne peuvent être prise en compte en raison de la crise sanitaire qui a fortement impacté les niveaux de trafic et donc ses répercussions sur la pollution atmosphérique.

A l'échelle de la Métropole de Lyon, comme à l'échelle de la Région Auvergne-Rhône-Alpes, la qualité de l'air présente une tendance à l'amélioration qui s'est confirmée en 2019. Pour la 3^{ème} année consécutive, un respect des valeurs réglementaires applicables pour les particules sur l'ensemble de la région est observé.

Toutefois, malgré cette amélioration globale, certaines valeurs limites et cibles réglementaires restent dépassées, pour certains polluants (Tableau 1).

Bilan 2019 - Composés soumis à Valeurs Limites										
Composé réglementé	PM10		PM2,5	NO ₂		SO ₂		C ₆ H ₆	ML (Pb)	CO
	VL jour	VL année	VL année	VL heure	VL année 40 µg/m ³ <i>en moy. annuelle</i>	VL heure	VL jour	VL année	VL année	VL année
FOND										
PROX AUTO					2 sites sur 4 Lyon Périphérique (62 µg/m ³) A7 Sud Lyonnais (53 µg/m ³)					
PROX IND										

Bilan 2019 - Composés soumis à Valeurs Cibles						
Composé réglementé	O ₃		BaP	ML (As)	ML (Cd)	ML (Ni)
	VC jour / santé 25 jours dpt <i>du max jour 120 µg/m³ moy 8h</i>	VC végétation 18000 µg/m ³ x h <i>(AOT40)</i>	VC année	VC année	VC année	VC année
FOND	5 sites sur 7 Haut-Beaujolais (39 jours) Ternay (35 jours) St-Exupéry (34 jours) Vaulx-en-Velin (26 jours) Villefranche Centre (26 jours)	3 sites sur 3 Ternay (22788 µg/m ³ xh) Haut-Beaujolais (20924 µg/m ³ xh) St-Exupéry (19806 µg/m ³ xh)				
PROX AUTO						
PROX IND						

Tableau 1 : dépassements réglementaires aux stations en 2019

L'ozone n'est pas un polluant émis directement dans l'atmosphère. L'ozone est en effet un polluant secondaire qui se forme à partir de polluants précurseurs tels que les oxydes d'azote et les composés organiques volatils (COV) sous l'effet du rayonnement solaire. Par ailleurs, le réchauffement climatique agit défavorablement sur les niveaux de concentration en ozone. Les mécanismes de formation / destruction de l'ozone sont complexes, toutefois pour agir sur ce polluant des baisses importantes d'émissions de ses précurseurs, COV et oxydes d'azote, sont nécessaires.

Focus sur le dioxyde d'azote (NO₂)

Le dioxyde d'azote constitue un polluant à enjeu en matière de qualité de l'air, notamment sur le territoire de la Métropole de Lyon.

Comme présenté ci-avant, des dépassements de la valeur limite applicable en moyenne annuelle pour ce polluant (40 µg/m³) sont en effet toujours constatés sur certaines stations fixes du réseau de mesure. D'autre part, malgré une baisse depuis 2017, les outils de modélisation d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes évaluent à 15 200 le nombre d'habitants de la Métropole de Lyon exposés à un dépassement de cette valeur réglementaire en 2019 (Tableau 2).

	Métropole de Lyon	Rhône
Valeur réglementaire 2019	15 200 hab.	15 500 hab.
OMS 2021 2019	1 366 100 hab.	1 782 600 hab.

Tableau 2 : nombre de personnes exposées à des dépassements de la valeur limite en NO₂ (40 µg/m³) et la recommandation OMS (20 µg/m³) en 2019 (Source : bilan de la qualité de l'air en 2019 –Rhône/Métropole de Lyon - Atmo Auvergne-Rhône-Alpes)

Ce composé étant majoritairement émis par le trafic routier, les secteurs les plus impactés sont les zones de proximités des axes fortement circulés de l'agglomération (Figure 3).

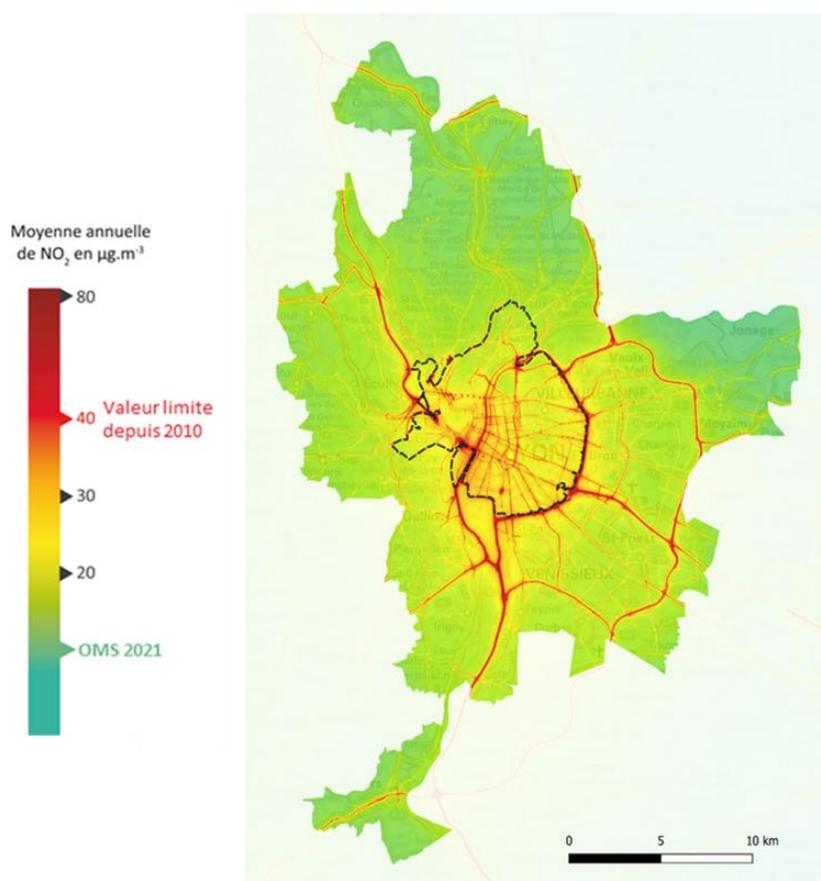


Figure 3 : carte de concentration au NO₂ à l'échelle de la Métropole de Lyon en 2019 (moyenne annuelle) avec contour de la ZFE-m applicable en 2022

Focus sur les particules PM2,5

La valeur limite réglementaire applicable pour les particules PM2,5 en moyenne annuelle ($25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) est respectée depuis plusieurs années.

Toutefois, les habitants de la Métropole de Lyon restent particulièrement exposés à des dépassements de la valeur sanitaire recommandée par l'OMS 2021 ($5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

En 2019, l'exposition de la population à des dépassements de cette recommandation s'élève à 1,4 million d'habitants (Tableau 3).

	Métropole de Lyon	Rhône
2019 OMS 2021	1,4 million hab.	1,8 million hab.
2019 OMS2005	0,9 million hab.	1,4 million hab.

Tableau 3 : nombre de personnes exposées à un dépassement de la valeur guide OMS PM2,5 (2005 avec $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et 2021 avec $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2019 (Source : diagnostic territorial en 2019 –Rhône/Métropole de Lyon - Atmo Auvergne-Rhône-Alpes)

Le transport routier représente 14% des émissions de particules PM2,5. Aussi, même si ce secteur d'émissions n'est pas le principal pour ce type de polluants atmosphériques, les abords des voiries représentent les zones les plus sensibles avec des niveaux proches de la valeur réglementaire (

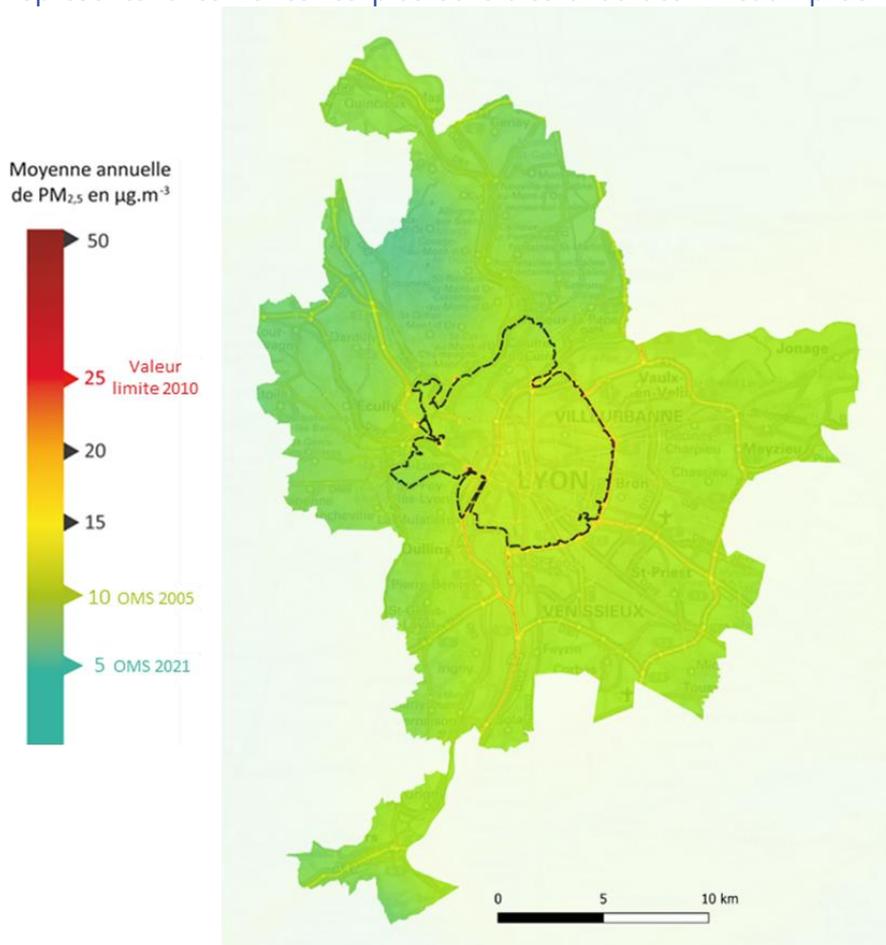


Figure 4).

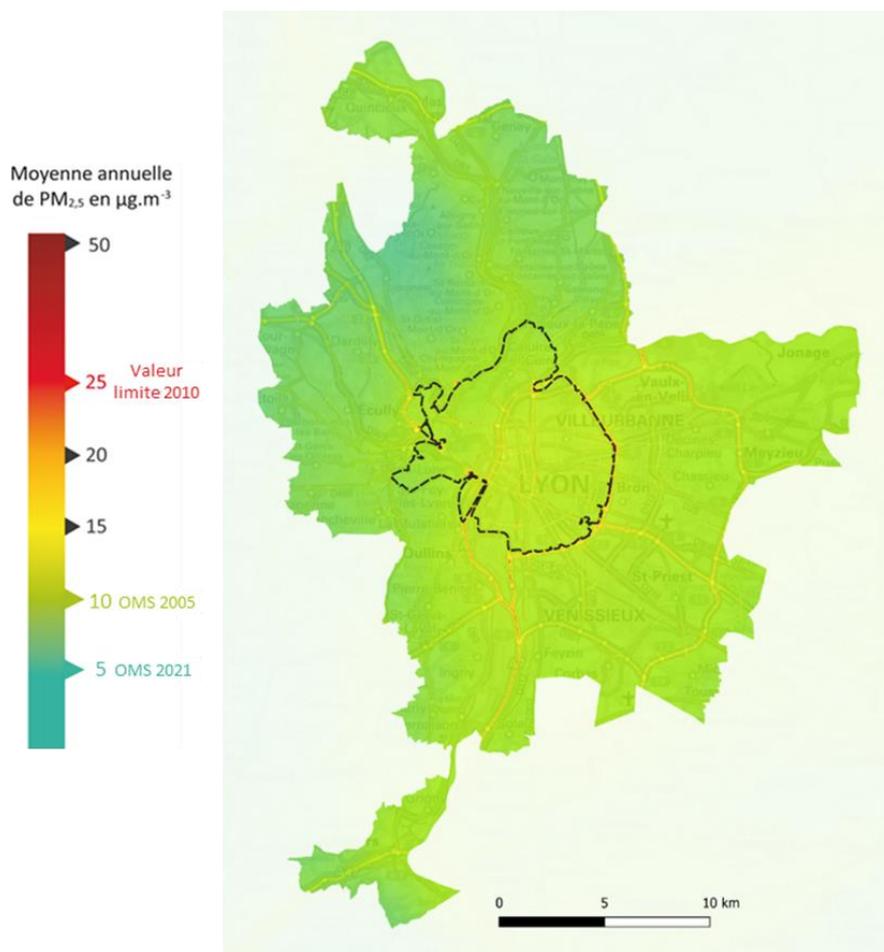


Figure 4 : carte de concentration aux particules PM_{2,5} à l'échelle de la Métropole de Lyon en 2019 (moyenne annuelle) avec contour de la ZFE-m applicable en 2022

Focus sur les particules PM₁₀

Les niveaux de PM₁₀ sont en constante diminution depuis ces dernières années. Comme présenté ci-avant, la valeur limite applicable en moyenne annuelle pour ce polluant (40 µg/m³) est respectée au niveau des stations fixes du réseau de mesure.

L'exposition de la population au seuil recommandé par l'OMS 2021 (15 µg/m³) est quant à elle estimée à 1 million d'habitant sur la métropole de Lyon en 2019 par les outils de modélisation d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (Tableau 4).

	Métropole de Lyon	Rhône
2019 OMS2021	1 million d'habitant	1,1 million d'habitant.
2019 OMS2005	15 700 habitants	15 900 habitants

Tableau 4 : nombre de personnes exposées à un dépassement de la valeur guide OMS PM₁₀ (15 µg/m³) en 2019 (Source : Diagnostic territorial en 2019 – Rhône/Métropole de Lyon - Atmo Auvergne-Rhône-Alpes)

De la même manière que pour les particules plus fines, le transport routier, avec une contribution de 19%, ne constitue pas la source principale d'émissions des particules PM₁₀.

Les abords des principaux axes routiers constituent malgré tout les zones les plus sensibles et présentent des concentrations supérieures au reste du territoire (Figure 5).

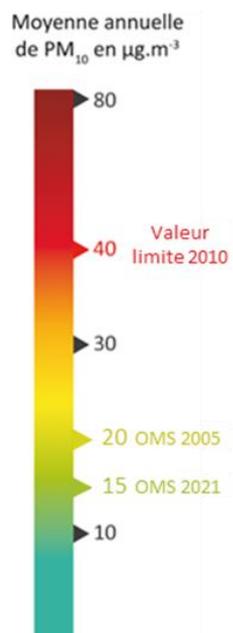


Figure 5 : carte de concentrations aux particules PM10 à l'échelle de la Métropole de Lyon en 2019 (moyenne annuelle) avec contour de la ZFE-m applicable en 2022

2. Méthodologie d'évaluation de l'impact sur la qualité de l'air et l'exposition de la population d'une ZFE-m

2.1 Rappels des scénarios modélisés dans l'étude

En 2022, un premier scénario d'extension de la ZFE-m a été étudié. Ce dernier n'a finalement pas été retenu. Il a fait l'objet d'un rapport d'étude distinct. En **2023**, un nouveau scénario a été étudié avec des restrictions et un périmètre différent. Ce scénario constitue le scénario définitif qui a été voté en Conseil Métropolitain le 26 juin 2023. Il présente les caractéristiques suivantes :

- Interdiction des véhicules particuliers (VP), véhicules utilitaires légers (VUL) et des poids lourds (PL) Crit'air 4, 3 et 2 sur le périmètre central ;
- Interdiction des véhicules particuliers (VP), véhicules utilitaires légers (VUL) et des poids lourds (PL) Crit'air 4 et 3 sur les axes M6/M7 le périphérique Laurent Bonnevey et le boulevard Périphérique Nord (BNPL).

Les périmètres d'application des restrictions sont :

- Pour le périmètre « Centre » : tous les arrondissements de la ville de Lyon, Caluire et Cuire et les communes de Villeurbanne de Bron à l'intérieur du périphérique ;
- Les axes métropolitain M6/M7 et le boulevard périphérique Laurent Bonnevey et le boulevard Périphérique Nord (BNPL).

Périmètre	CENTRE		M6/M7/PÉRIPHÉRIQUE	
Typologie de véhicules				
2023				
2024				
2025				
2028				

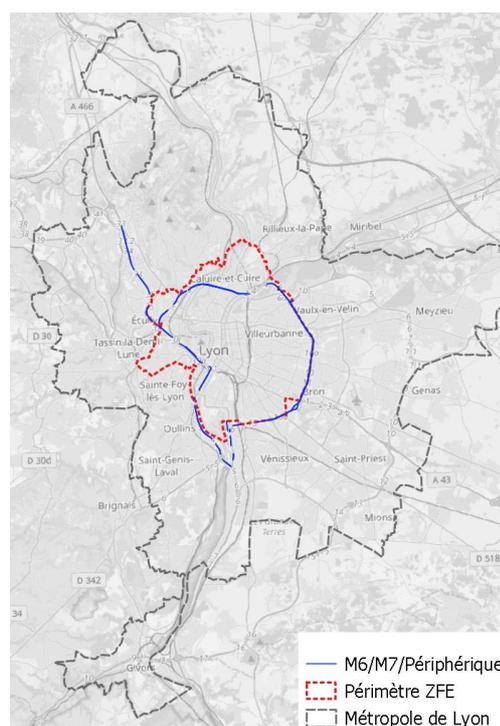


Figure 6 : Caractéristiques du scénario final de la ZFE-m étudiée en 2023

2.2 Méthodologie d'évaluation de l'impact sur les émissions et données utilisées

2.2.1 Méthodologie générale

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes développe et enrichit en continu depuis près de vingt ans un inventaire régional des émissions.

Les méthodes utilisées suivent les guides méthodologiques européens (EMEP/EEA), nationaux (CITEPA/OMINEA) et régionaux (guide méthodologique du Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux) qui décrivent, pour toutes les activités susceptibles d'émettre des polluants dans l'atmosphère, les méthodes pour générer les données d'activités les plus fiables possibles.

Le calcul des émissions liées au trafic routier est effectué sur l'ensemble du territoire à l'aide de l'outil MOCAT (MOdèle de CALcul des émissions du Transport routier) développé par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (Figure 7).

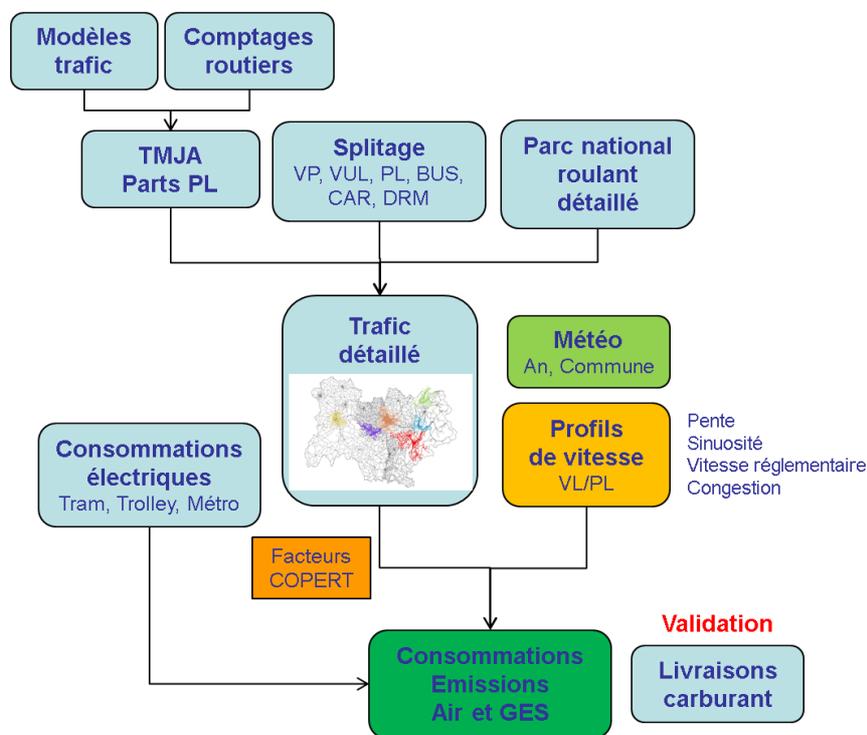


Figure 7 : organisation générale de l'outil MOCAT

Plusieurs données d'entrée sont nécessaires :

- Données liées aux volumes de trafic (modèle trafic, comptages routiers) ;
- Données liées au réseau routier (pente, sinuosité des axes, vitesses réglementaires, ...) ;
- Données liées au parc de véhicules roulant sur le réseau.

La combinaison de ces sources permet de décrire précisément la nature du trafic routier sur le réseau routier de la zone d'étude.

Les émissions routières sont ensuite obtenues en affectant à chaque type de véhicules un facteur d'émission dépendant du polluant, de la vitesse, voire de la température (surémission à froid), de la

penne/sinuosité de la route. Ces facteurs sont principalement issus du programme européen COPERT 5 de l'EEA¹.

Les différentes sources d'émissions routières sont les suivantes :

- **Échappement** : les émissions à chaud (lorsque le moteur a atteint sa température de croisière) sont calculées pour l'ensemble des véhicules, tandis que les surémissions à froid (premiers kilomètres d'un trajet) ne sont évaluées que pour les véhicules légers et VUL. Un profil annuel moyen de température est estimé par commune pour évaluer au mieux ces surémissions à froid ;
- **Abrasion** : il s'agit des émissions de particules (ainsi que certains métaux) dues à l'usure des pneus, plaquettes de freins, ainsi que la route. L'abrasion est généralement plus élevée en agglomération, ainsi que pour les véhicules lourds (PL, bus et cars) ;
- **Resuspension** : il s'agit des particules déposées sur la chaussée qui sont remises en suspension lors du passage des véhicules. Par convention, ces émissions ne sont pas directement intégrées aux bilans massiques d'émissions pour éviter un double compte, toutefois leur évaluation est utile pour alimenter les modèles de dispersion ;
- **Évaporation** : concerne les émissions de COVNM dues à l'évaporation de l'essence lors des phases d'arrêt et du stationnement des véhicules.

2.2.2 Connaissance des trafics

Les volumes de trafic utilisés proviennent du modèle trafic MODEL Y, fourni par Explain.

Ces trafics sont fournis en MJO (Moyennes des jours Ouvrés) et détaillés par type de véhicules : VP, VUL, PL et deux-roues (DR) ; s'ils sont en transit ou non et suivant deux classes illustrant leur capacité à circuler ou non dans la zone ZFE-m :

- OK pour les véhicules conformes au périmètre ZFE-m : lié au renouvellement tendanciel ainsi qu'au renouvellement « forcé » (lié à la mise en place de la ZFE-m) pour ceux qui continuent d'accéder à la ZFE-m sans changer de mode de locomotion ;
- KO pour véhicules ne pouvant plus circuler à l'intérieur du périmètre ZFE-m.

2.2.2.1 Parc employé

Afin de décrire au mieux les véhicules roulant sur le territoire, plusieurs parcs de véhicules sont utilisés :

- Pour les voitures particulières (VP), les véhicules utilitaires légers (VUL) et les poids lourds (PL) roulant sur le territoire, un parc local tendanciel est créé. Il provient du parc SDES 2021, détaillé par Crit'Air (CQA) et carburant, sur la Métropole. Ce parc est raffiné par énergie et cylindrée/Poids Total Autorisé En Charge (PTAC) en utilisant les données du parc national CITEPA. La projection tendancielle à 2028 est basée sur l'outil MOCAT Parc développé par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes et utilise les statistiques de ventes régionales 2020 de véhicules neufs croisées avec les hypothèses nationales Avec Mesures Existantes (AME) V2022 pour caractériser les nouveaux véhicules entrant tendanciellement dans le parc et le renouvellement selon la durée de vie des véhicules ;

¹ Agence européenne pour l'environnement

- Pour les deux roues motorisées (DR), l'enquête plaques effectuée en 2021 sur le territoire est utilisée et projetée avec les mêmes hypothèses en 2028 ;
- Pour les véhicules en transit, le parc national CITEPA est utilisé.

Dans le cas des scénarios ZFE-m, un parc spécifique ZFE-m est appliqué aux véhicules contraints au renouvellement à la suite de la mise en place des restrictions. En l'absence de données détaillées sur la part de véhicules « non conformes » remplacés, le nombre de ces véhicules a été évalué comme correspondant à l'augmentation de trafic des véhicules conformes entre le scénario ZFE-m et le scénario tendanciel. Pour ces véhicules, des hypothèses de renouvellement sont appliquées (Tableau 5).

VUL	2021	2023	2024	2025	2028
Crit'Air Vert Electrique	5%		25%	45%	65%
Crit'Air 1 VHR	5%		10%	10%	10%
Crit'Air 1 GNV	0%		5%	5%	5%
Crit'Air 1 essence			20%	20%	20%
Crit'Air 2 Diesel	90%		40%	20%	
Ensemble	100%		100%	100%	100%

PL	2021	2023	2024	2025	2028
Crit'Air Vert Electrique	2.50%		5%	10%	25%
Crit'Air 1 GNV	2.50%		50%	65%	75%
Crit'Air 2 Diesel	95%		45%	25%	
Ensemble	100%		100%	100%	100%

VP	2021	2023	2024	2025	2028
Crit'Air Vert Electrique		15%	25%	35%	55%
Crit'Air 1 Essence		50%	45%	35%	25%
Crit'Air 1 GNV GPL		5%	5%	5%	5%
Crit'Air 1 VHR		10%	15%	20%	15%
Crit'Air 2 Diesel		20%	10%	5%	
Ensemble		100%	100%	100%	100%

2RM	2021	2023	2024	2025	2028
Crit'Air Vert Electrique			20%	30%	50%
Crit'Air 1 Essence			80%	70%	50%
Ensemble			100%	100%	100%

Tableau 5 : hypothèses de substitution des véhicules contraints au renouvellement en raison de la mise en place de la ZFE-m (source : Atmo v20220427)

2.2.2.2 Focus sur les kilomètres parcourus

La grande majorité des kilomètres parcourus au niveau de la Métropole de Lyon est réalisée par des voitures particulières (VP). La proportion de PL et VUL est plus importante sur les axes structurants M6, M7 et périphérique que dans le périmètre central ZFE-m (Figure 8).

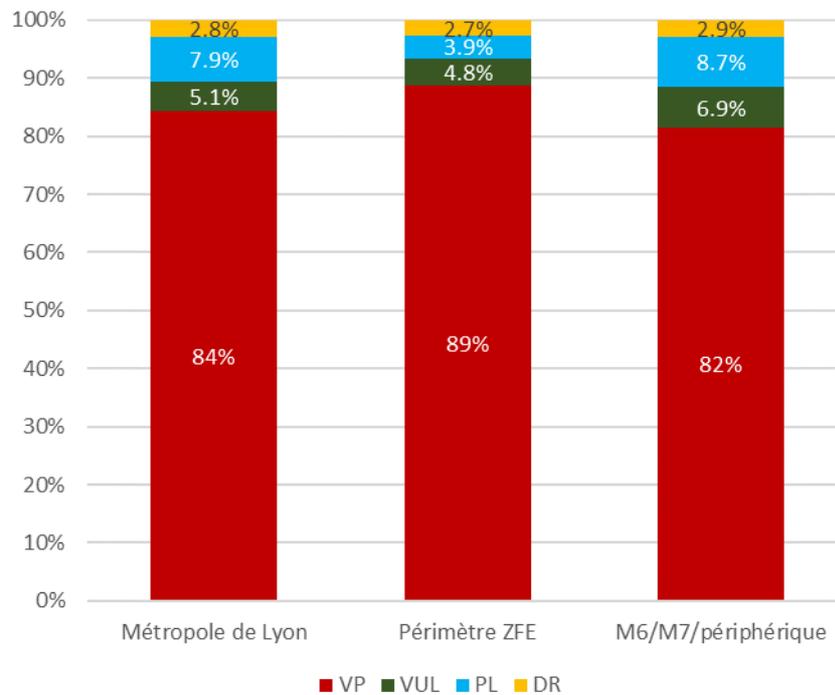


Figure 8 : répartition des kilomètres parcourus selon la catégorie de véhicules pour le tendanciel 2024

La mise en place des restrictions ZFE-m permet une accélération du renouvellement tendanciel du parc roulant.

L'effet sur le parc roulant des interdictions devient sensible à partir de l'interdiction des Crit'Air 3 des VP et DR sur le périmètre ZFE-m en 2025. Il est maximal avec l'interdiction des Crit'Air 2 en 2028. L'amélioration du parc se traduit par une forte diminution des véhicules interdits et une augmentation du nombre de véhicules Crit'Air 1 et Vert. Une baisse du trafic VP et DR est également constatée à partir de l'interdiction Crit'Air 3, due au report de trafic ou au changement de mode de transport des usagers de véhicules interdits. Cette baisse est maximale en 2028, avec 10% de kilomètres parcourus en moins par rapport à la situation tendancielle sur la métropole et 24% sur le périmètre ZFE-m.

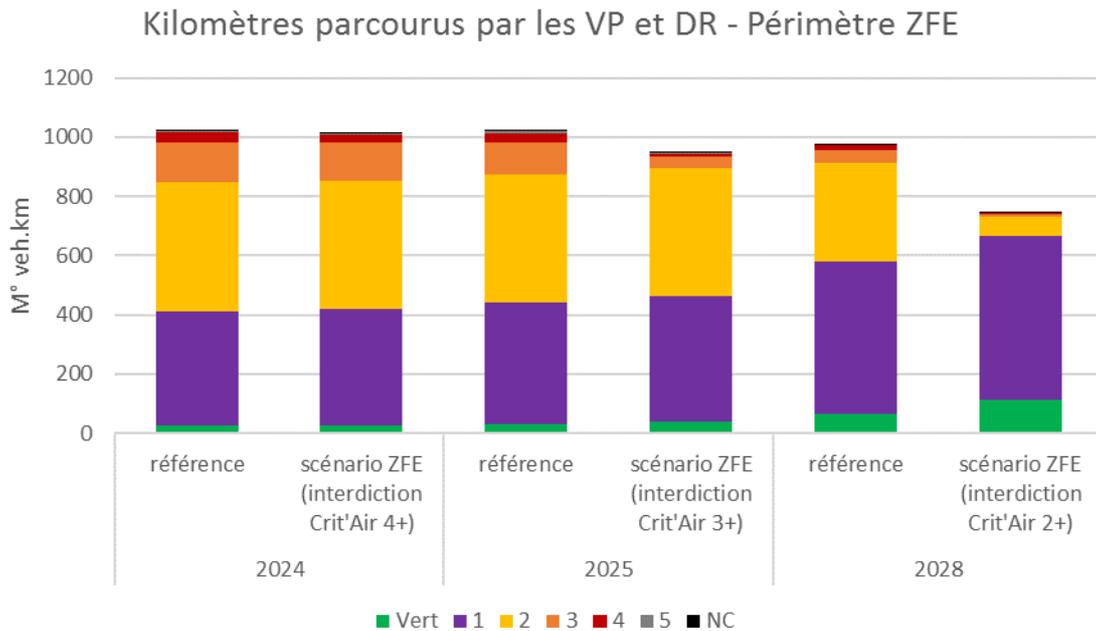


Figure 9 : répartition par Crit'air des kilomètres parcourus par les VP et DR dans le périmètre ZFE

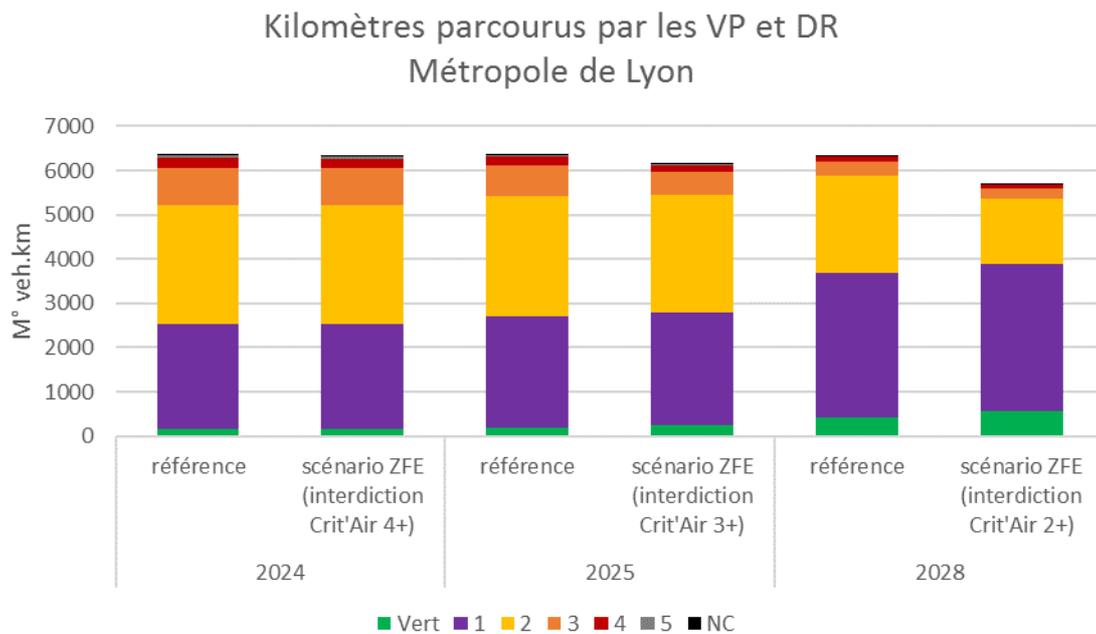


Figure 10 : répartition par Crit'Air des kilomètres parcourus par les VP et DR sur la métropole de Lyon

Dans le cas des VUL et PL, les restrictions du périmètre central ne changent pas en 2024 et 2025 : le parc roulant ZFE reste similaire au parc roulant de référence. L'interdiction des Crit'Air 2 en 2028 permet une augmentation du nombre de véhicule Crit'Air 1 et Vert. Le nombre de véhicules interdits reste cependant important à toutes les échéances, notamment à cause des nombreuses dérogations de PL. La baisse de trafic due au report est moins marquée que pour les VP et DR, avec une diminution des kilomètres parcourus de 4% en 2028 sur le périmètre ZFE-m et de 3% sur la métropole.

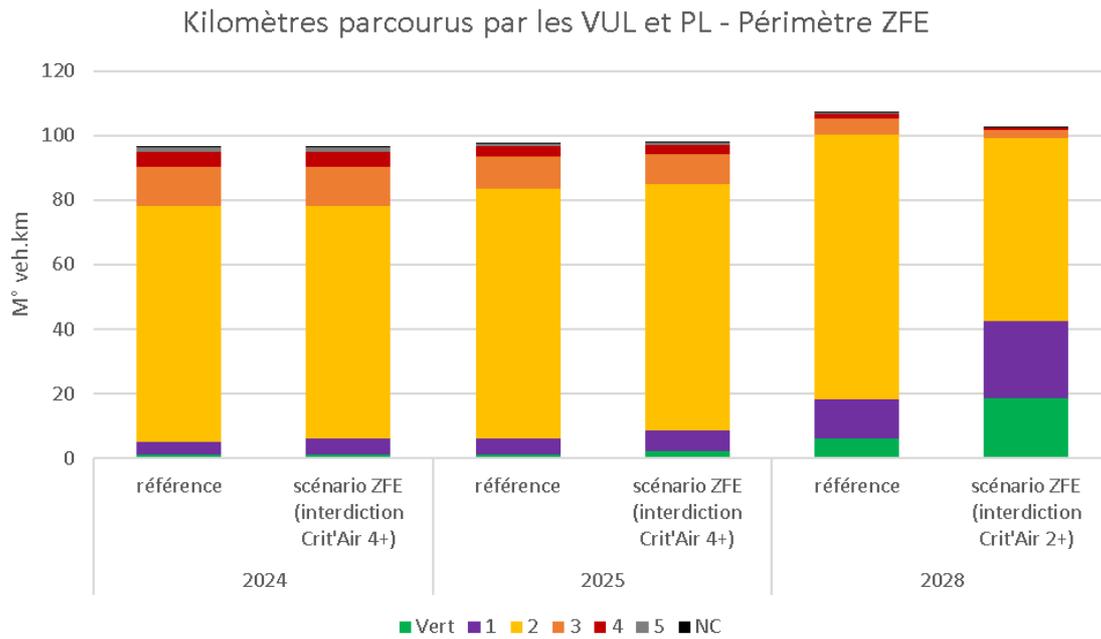


Figure 11 : répartition par Crit'Air des kilomètres parcourus par les VUL et PL dans le périmètre ZFE

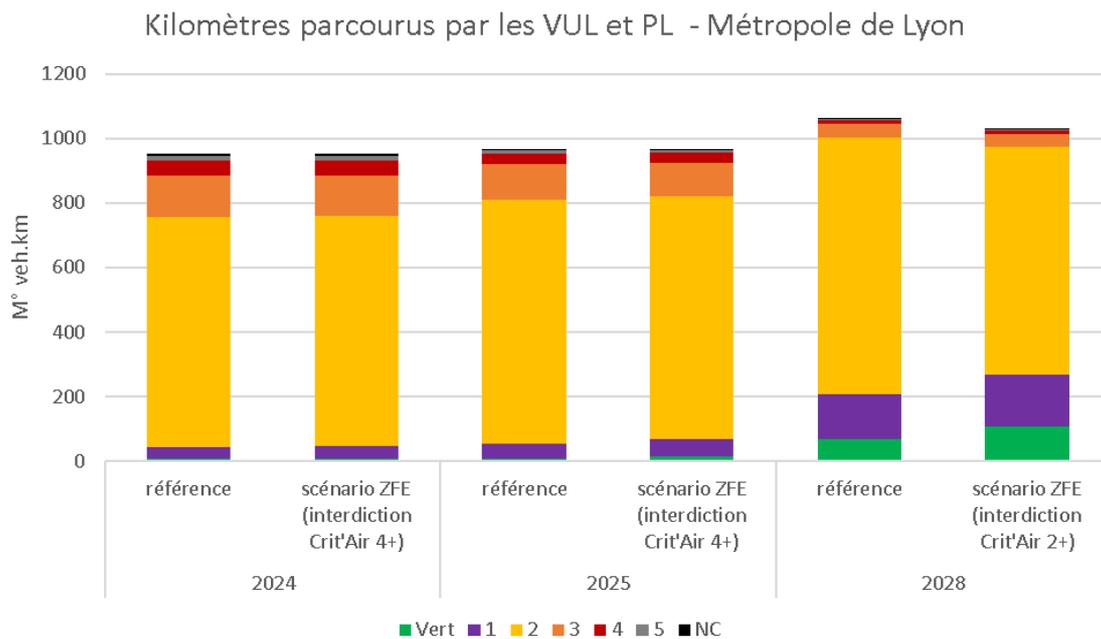


Figure 12 : répartition par Crit'Air des kilomètres parcourus par les VUL et PL sur la métropole de Lyon

2.2.2.3 Evaluation de l'impact de la ZFE-m sur les émissions

La variation des émissions due à la mise en place de la ZFE-m est liée au rajeunissement forcé du parc roulant de véhicules, à l'évolution des kilomètres parcourus et à la variation des vitesses.

2.3 Méthodologie de modélisation des concentrations et de calcul de l'exposition des populations

2.3.1 Modélisation et évaluation de l'impact sur les concentrations

La chaîne de modélisation utilisée pour évaluer l'impact de la ZFE-m sur la qualité de l'air est une chaîne intégrant plusieurs échelles spatiales.

La méthode développée par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes combine les résultats du modèle méso-échelle de chimie-transport CHIMERE², dont les résultats bruts sont corrigés géostatistiquement à partir des concentrations mesurées par les stations de mesures du réseau et le modèle à fine échelle (10 mètres) de dispersion en milieu urbain SIRANE³, développé par l'Ecole Centrale de Lyon.

Ces modèles de dispersion atmosphérique prennent en compte de nombreux paramètres afin de caractériser au mieux la qualité de l'air en tout point du territoire : les conditions météorologiques, les émissions polluantes (dont celles du trafic de proximité), la description des rues et du bâti, les mesures de polluants sur le terrain, les processus chimiques, ...

Pour cette étude, seul le modèle de dispersion SIRANE est utilisé. Il intègre les émissions du trafic routier et la météorologie de l'année 2017 pour tous les scénarios. Le fond régional utilisé, identique pour tous les scénarios et représentant les concentrations dues aux sources hors trafic (chauffage, industrie, agriculture...), est celui de la situation tendancielle 2027 calculée dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère de Lyon en 2020. Il s'agit donc d'une estimation des concentrations de fond en 2027 et permet de prendre en compte les évolutions tendancielle des autres secteurs.

Les différences de concentrations entre le scénario ZFE-m et le tendanciel représentent uniquement l'impact des actions ZFE-m sur le trafic routier.

2.3.2 Evaluation de l'exposition des populations

Le calcul de l'exposition des populations est réalisé en croisant les cartes de concentrations de polluants à une résolution de 10 mètres avec la répartition spatiale des populations résidentes sur la base de la population communale INSEE 2017.

L'affectation des populations résidentes à chaque bâtiment a été réalisée par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA). Un indice d'exposition moyen de la population (IPP) est calculé :

$$IPP = \frac{\sum_i (Concentration_i \times Population_i)}{\sum_i Population_i}$$

où i correspond à la maille de calcul. Il correspond à la moyenne des concentrations modélisées sur une zone, pondérée par la population.

Les scénarios ZFE-m pour les années 2025 et 2028 sont évalués, ainsi que les scénarios tendanciels correspondants.

² CHIMERE : Institut Pierre-Simon Laplace, INERIS, CNRS <http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/chimere.php>

³ Soulhac L, Salizzoni P, Cierco FX, Perkins R. (2011). The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion ; Part I : Presentation of the model. Atmos Environ, n° 45(39), p. 79-95.

Soulhac L, Salizzoni P, Mejean P et al. (2012). The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion ; Part II : Validation of the model on a real case study. Atmos Environ, n° 49(0), p. 320-337.

3. Les bénéfices environnementaux et sanitaires de la ZFE-m

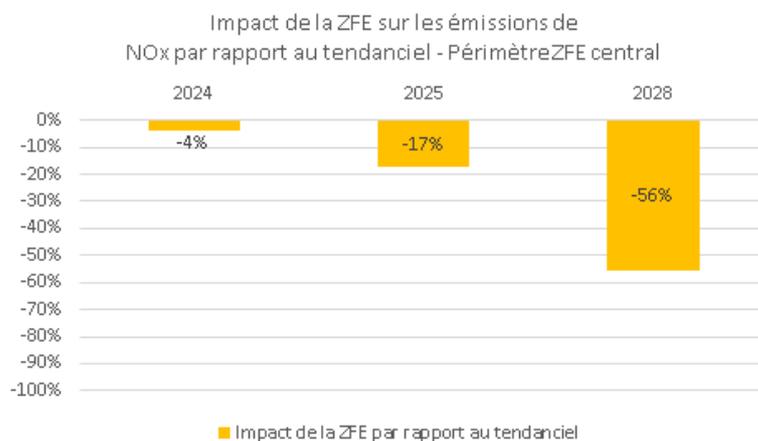
3.1 Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

3.1.1 Impact sur les émissions d'oxydes d'azote NOx

La mise en place de la ZFE-m permet des gains sur les émissions de NOx au sein du périmètre ZFE-m central et sur les axes structurants (M6/M7 et périphérique) ainsi qu'à l'échelle de la métropole de Lyon. Sur la métropole de Lyon, la deuxième étape d'amplification de la ZFE-m permet une baisse progressive, jusqu'à 21% en 2028, des émissions de NOx vis-à-vis du scénario tendanciel. L'effet est maximal avec la mise en œuvre de l'interdiction des véhicules Crit'Air 2 en 2028.

Les baisses d'émissions liées à l'amplification concernent l'ensemble du territoire mais sont plus marquées sur le périmètre central du fait de la contrainte plus forte de circulation (sortie du diesel en 2028). Ainsi, sur le périmètre central cette baisse atteint 17% en 2025 et 56% en 2028 par rapport au scénario tendanciel (sans action ZFE-m). Sur les axes structurants, la baisse des émissions s'élève à 14% en 2025 et 28% en 2028 (Figure 13).

A l'échelle de la métropole, les émissions de NOx diminuent de 7% en 2025 et 21% en 2028.



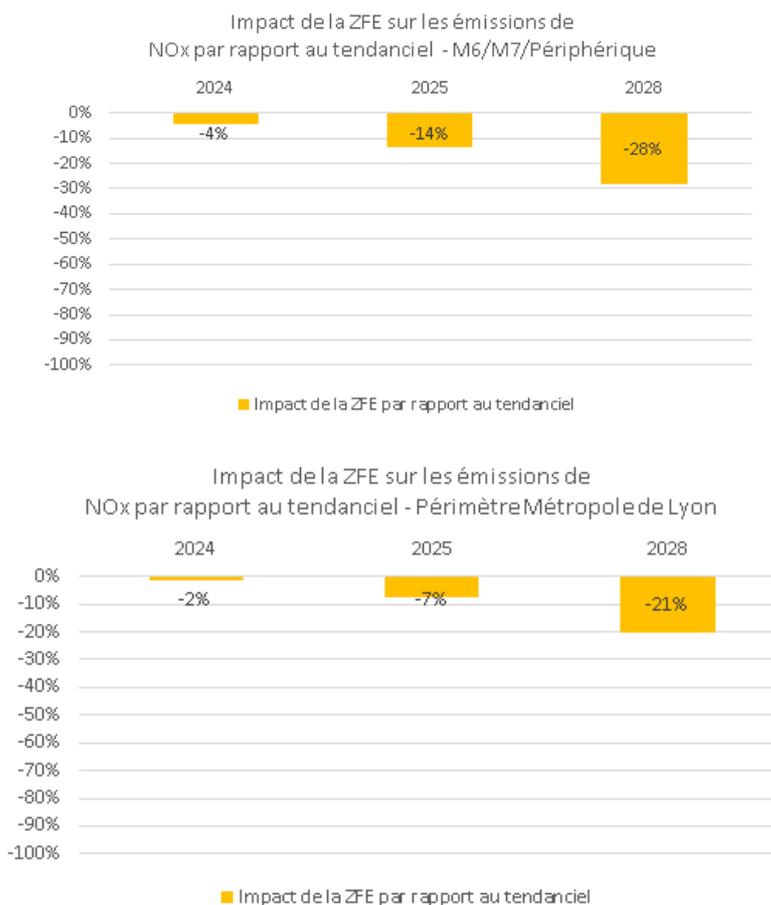


Figure 13 : Evolution des émissions de NOx (en %) grâce à la ZFE-m par rapport au tendanciel sur les périmètres de la ZFE-m central, des axes structurants et de la Métropole de Lyon

3.1.2 Impact sur les émissions de particules fines PM10 et PM2,5

Les émissions de particules du trafic routier proviennent de différents facteurs : la combustion du carburant, l'usure des freins lors du freinage et de celle des pneus sur la route. Les émissions de particules PM10 et PM2.5 du trafic routier issues de l'échappement sont très liées, aussi les évolutions de ces deux types de particules sont similaires. En revanche pour l'abrasion, il s'agit essentiellement de particules PM10. Ces émissions concernent l'ensemble des véhicules, y compris les véhicules électriques. Les évolutions des émissions des PM10 et PM2.5 avec la mise en place de la ZFE-m sont représentées dans les graphiques ci-dessous.

Une baisse significative des émissions est constatée du fait de l'amplification de la ZFE-m. Elle est de 25% pour les PM10 et de 30% pour les PM2.5 par rapport au scénario tendanciel en 2028 sur le périmètre central. Sur les axes structurants, cette baisse est respectivement pour les PM10 et PM2.5 de 15% et 18% en 2028. Au global, l'impact de la ZFE-m sur les émissions de particules sur la métropole de Lyon est de 11% pour les PM10 et de 12% pour les PM2.5 en 2028 (Figure 14).



Figure 14 : Evolution des émissions de PM10 et PM2.5 (en %) grâce à la ZFE-m par rapport au tendanciel sur les périmètres de la ZFE-m central, les axes structurants et de la Métropole de Lyon

3.2 Impact sur les concentrations et l'exposition des populations

3.2.1 Impact sur les concentrations et l'exposition au dioxyde d'azote NO₂

Concentrations moyenne en NO₂ aux horizons 2025 et 2028

En situation tendancielle 2025 (avec météorologie 2017), les concentrations d'oxyde d'azote NO₂ les plus importantes sont observées sur les voies urbaines rapides et les portions d'autoroutes qui traversent la métropole. Ces valeurs restent proches ou au-dessus de la valeur limite. La mise en place des restrictions ZFE-m permet des gains en concentrations de fond inférieur à 1 µg/m³ sur le périmètre global de la ZFE-m. Les gains sont plus importants au niveau des axes à fort trafic. La baisse

des concentrations en proximité trafic au droit du périmètre central est comprise entre 1 et 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et au maximum de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au droit des axes structurants en 2025 (Figure 15 et Figure 16). Les gains en termes d'exposition des populations au NO_2 sont centrés sur le cœur de la métropole et à proximité des axes routiers structurants.

CONCENTRATIONS EN NO_2 MODELISEE EN 2025
TENDANCIEL (SANS ZFE-M)

CONCENTRATIONS EN NO_2 MODELISEE EN 2025
AVEC LA ZFE-M

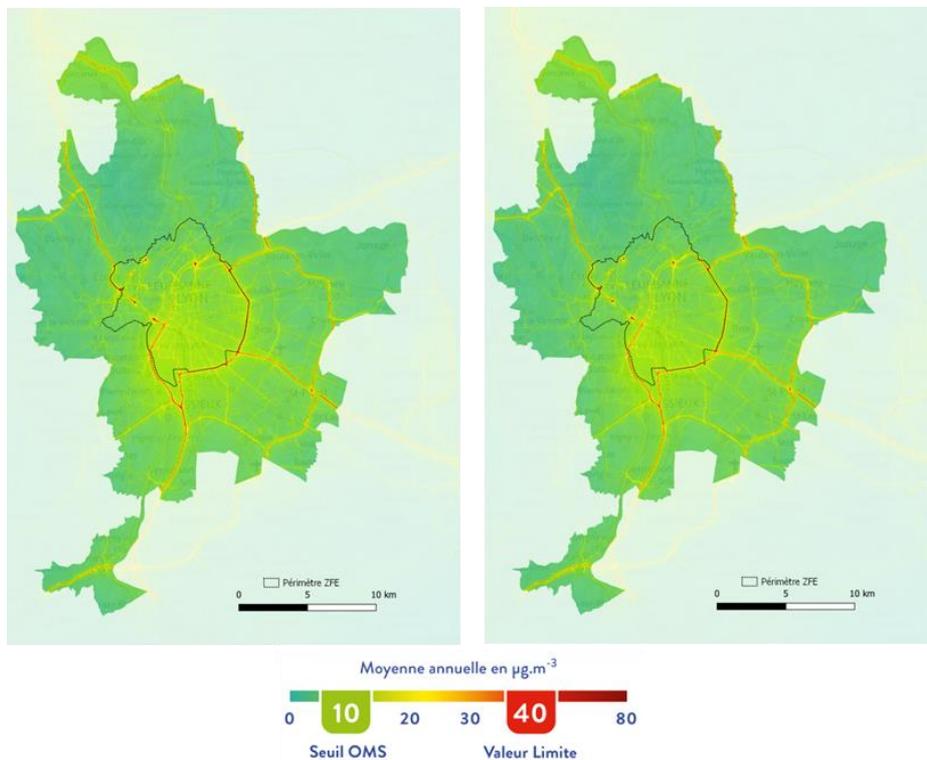


Figure 15 : Moyennes annuelles des concentrations en dioxyde d'azote NO_2 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ déterminées pour le tendanciel 2025 et le scénario ZFE-m 2025 sur la Métropole de Lyon

GAINS DES CONCENTRATIONS ENTRE LE TENDANCIEL 2025 (REFERENCE) ET SCENARIO ZFE-M 2025

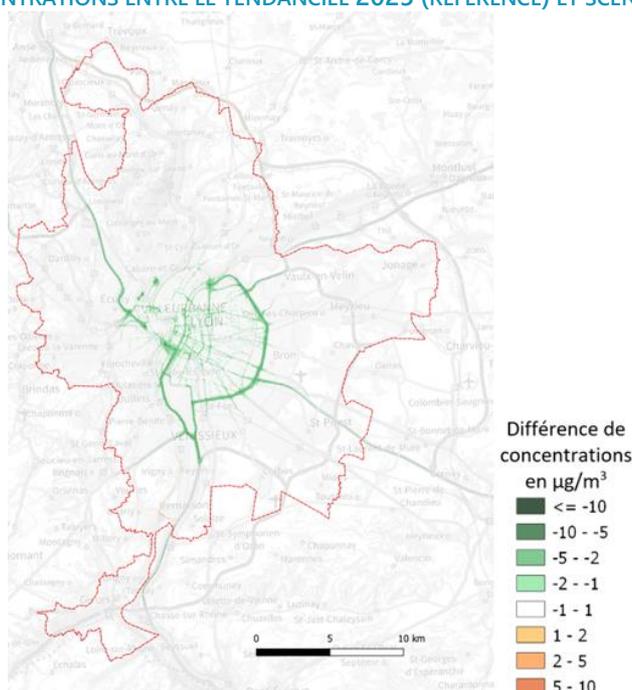


Figure 16 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO₂ en µg/m³ entre le tendanciel 2025 et le scénario ZFE-m 2025

En 2028 sous l'effet de l'interdiction de circulation sur le périmètre central des Crit'air 2, cette tendance s'accroît au droit des axes structurants pour atteindre entre 5 et 10 µg/m³. Les concentrations de fond au sein du périmètre de la ZFE-m centrale baissent quant à elles d'environ 1 µg/m³.

Une augmentation des concentrations au droit des axes A6/A46/A432 est observée dû au report de VUL et PL interdits dans le périmètre ZFE. Cette hausse est inférieure à 5 µg/m³ et très localisée sur les axes. Ainsi, aucun habitant n'est soumis à cette augmentation des concentrations de NO₂.

Les gains en termes d'exposition des populations au NO₂ sont plus importants sur le périmètre ZFE-m que sur le reste de la métropole.

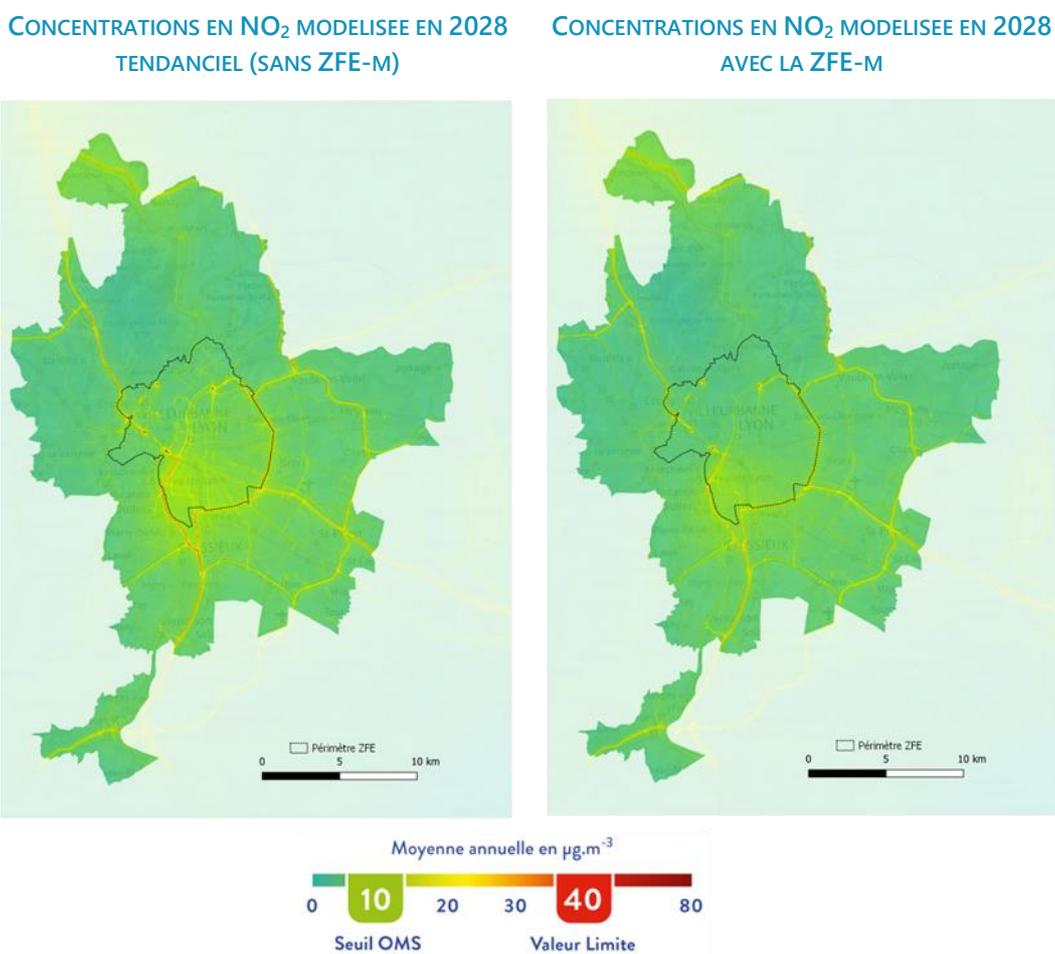


Figure 17 : Moyennes annuelles des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ en µg/m³ déterminées pour le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028 sur la Métropole de Lyon

GAINS DES CONCENTRATIONS ENTRE LE TENDANCIEL 2028 (REFERENCE) ET SCENARIO ZFE-M 2028

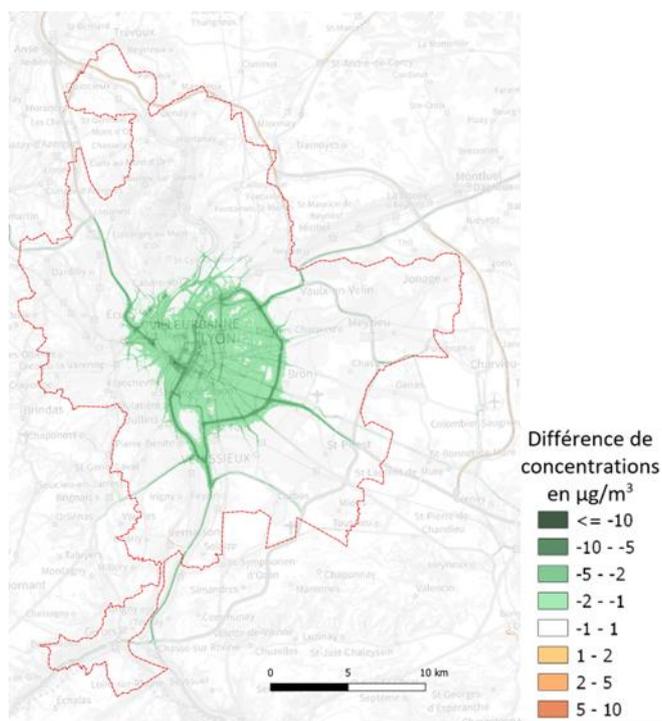


Figure 18 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO_2 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028

Exposition de la population à des dépassements de la valeur réglementaire en NO_2

L'exposition de la population aux différentes échéances tend à diminuer. L'action ZFE-m permet d'avoir un effet légèrement plus important que la situation tendancielle.

En 2028, l'effet de la ZFE-m avec l'extension des interdictions de circulation dans le périmètre central à l'ensemble des véhicules Crit'Air 2 amène une baisse conséquente des concentrations. Cette baisse des concentrations permet une baisse de l'exposition de la population aux recommandations OMS de 1% en 2028. Par rapport à la nouvelle valeur réglementaire pressentie pour le NO_2 de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle (contre $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ actuellement), moins de 500 habitants seraient exposés sur la Métropole de Lyon en 2028 avec la mise en place de la ZFE-m contre environ 3 200 habitants dans le scénario sans action ZFE-m.

Métropole de Lyon	2025		2028	
	référence	scénario ZFE	référence	scénario ZFE
Moyenne annuelle NO_2				
Valeur limite réglementaire = OMS 2005 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	0 hab 0.00%	0 hab 0.00%	0 hab 0.00%	0 hab 0.00%
Niveau recommandé OMS 2021 ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 384 200 hab 99.9%	1 383 000 hab 99.8%	1 370 200 hab 98.9%	1 355 300 hab 97.8%
Valeur limite UE 2030 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	18 600 hab 1.3%	12 300 hab 0.9%	3 200 hab 0.2%	400 hab 0.0%

Tableau 6 : Exposition de la population à des dépassements de la valeur réglementaire en dioxyde d'azote NO_2 modélisées pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE-m aux horizons 2025 et 2028.

La même tendance est constatée sur l'exposition moyenne de la population au dioxyde d'azote en NO₂, avec une baisse en 2028 de 1.5 µg/m³ de l'exposition moyenne dans le périmètre ZFE-m et près de 1 µg/m³ à l'échelle de la métropole.

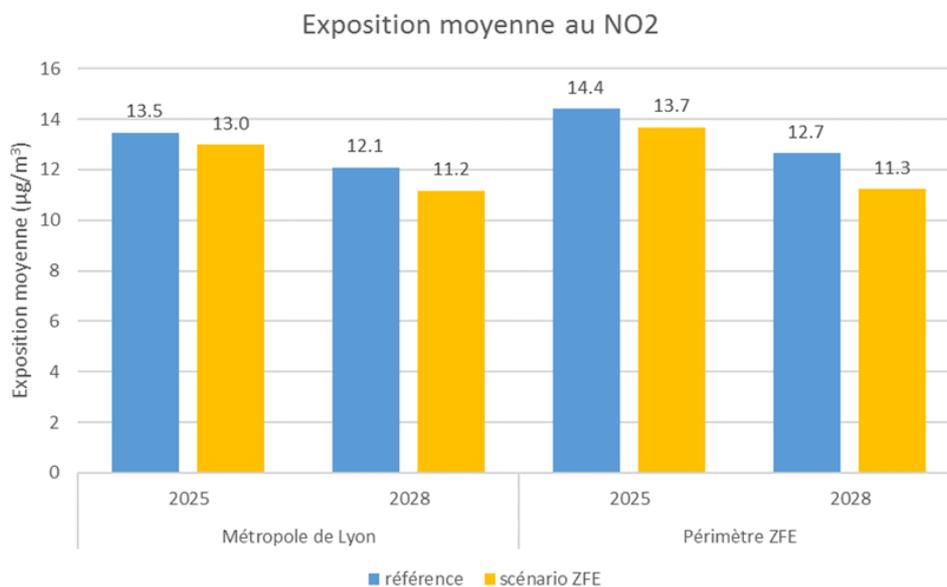


Figure 19 : Expositions moyennes au NO₂ (IPP) pour le tendanciel 2025/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m global.

3.2.2 Impact sur les concentrations et l'exposition aux particules fines PM10

Contrairement aux oxydes d'azote, pour lesquels la source majoritaire d'émissions dans l'air est le trafic routier, les particules fines ne sont émises qu'à hauteur d'environ 20% par les transports routiers. Plus globalement, les concentrations en particules sur le territoire de la métropole résultent d'une part des émissions locales (chauffage, trafic et industrie en particulier), des émissions extérieures au territoire et de la formation de particules dites secondaires par transformation d'autres polluants (oxydes d'azote et de soufre, ammoniac...).

Dans le cadre de l'amplification de la ZFE-m, la baisse des émissions de particules en provenance du trafic fait peu varier les concentrations moyennes du territoire mais des effets plus marqués apparaissent sur les axes à forte circulation. En 2028, les restrictions des véhicules Crit'Air 2 sur le périmètre central permettent une baisse comprise entre 1 et 3 µg/m³ sur les axes structurants. Cette baisse est en revanche négligeable sur les concentrations de fond urbain (<1 µg/m³).

Au vu des faibles modifications de concentrations seules les cartes de concentration à 2028 pour les PM10 sont présentées.

Tendanciel

Scénario ZFE-m

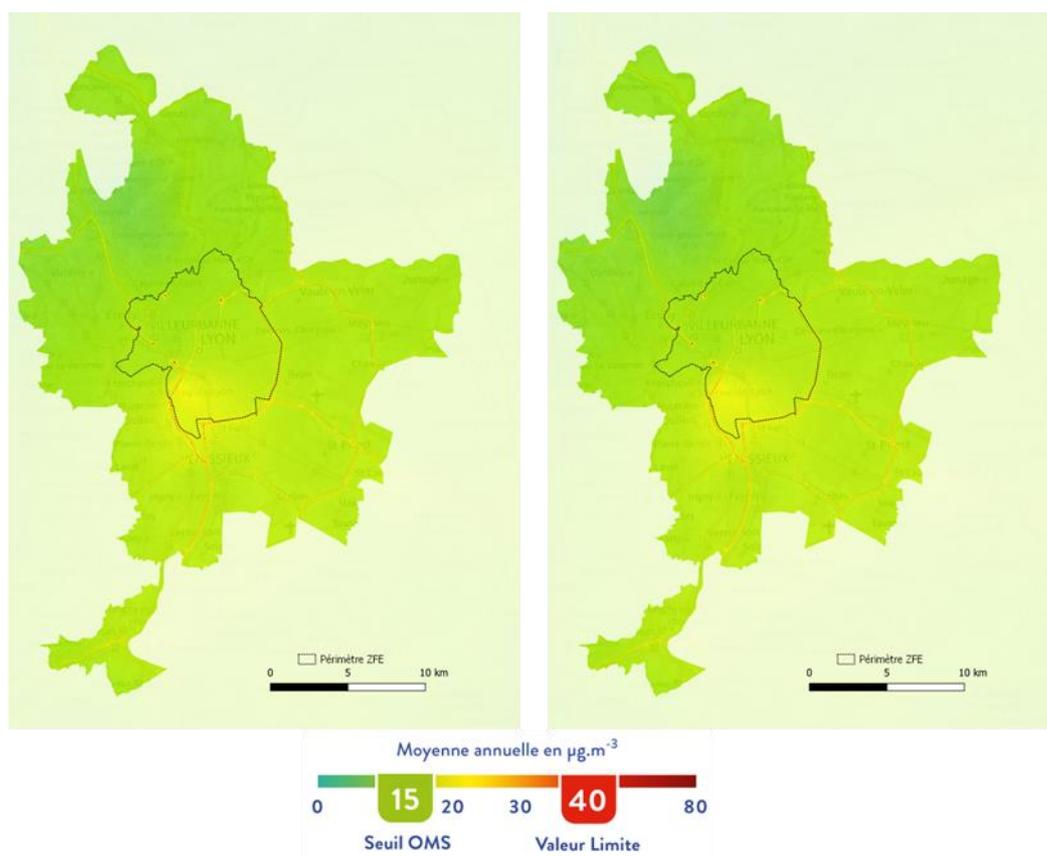


Figure 20 : Concentrations moyennes annuelles des concentrations en particules PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ déterminées pour le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028 sur la Métropole de Lyon

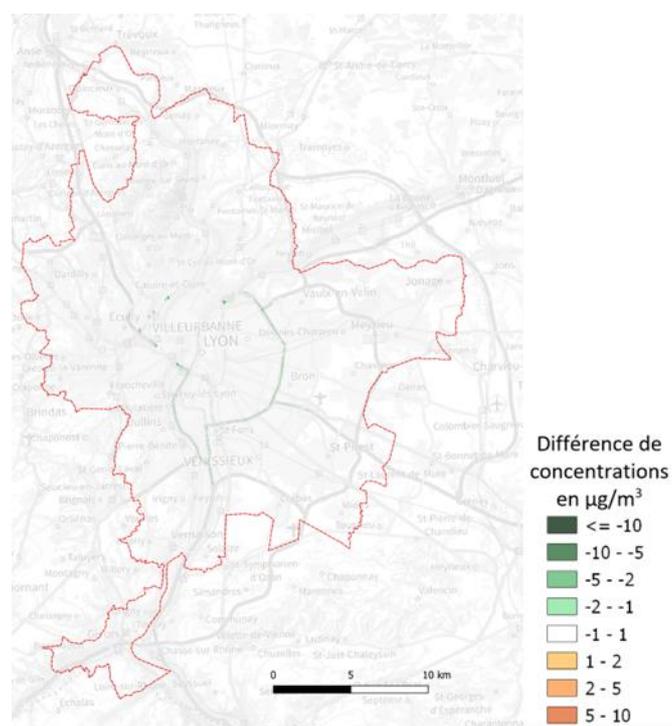


Figure 21 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028

Exposition de la population à des dépassements de la valeur réglementaire en PM10

L'exposition de la population à des concentrations supérieures aux dernières valeurs OMS pour les PM10 aux différentes échéances tend à rester stable. L'action ZFE-m a un effet peu significatif par rapport à la situation tendancielle comme le traduit le Tableau 7.

Métropole de Lyon	2025		2028	
	référence	scénario	référence	scénario
Moyenne annuelle PM10				
Valeur limite (40 µg/m³)	0 hab 0.00%	0 hab 0.00%	0 hab 0.00%	0 hab 0.00%
Niveau recommandé OMS 2005 (20 µg/m³)	174 200 12.6%	163 200 11.8%	168 200 12.1%	143 100 10.3%
Niveau recommandé OMS 2021 (15 µg/m³)	13 561 200 97.9%	1 355 400 97.8%	1 355 900 97.8%	1 354 200 97.7%

Tableau 7: Exposition de la population à des dépassements des différentes valeurs réglementaires et recommandées en particules fines PM2.5 modélisées pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE-m aux horizons 2025 et 2028.

La même tendance est constatée sur l'exposition moyenne de la population aux particules fines PM10.

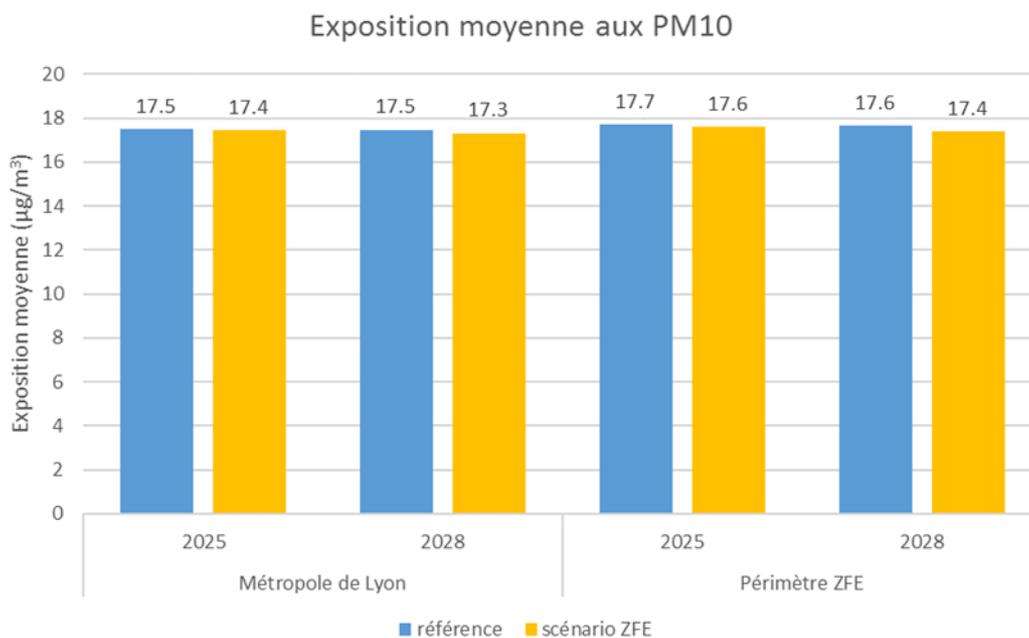


Figure 22 : Expositions moyennes au PM10 (IPP) pour le tendanciel 2025/2026/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m (central et étendu)

3.2.3 Impact sur les concentrations et l'exposition aux particules fines PM2,5

A l'image des particules PM10, la source principale des particules PM2,5 n'est pas le transport routier et les niveaux de concentrations tendanciels modélisés sont très homogènes sur le territoire (Figure 23).

Il n'y a pas de dépassement de la valeur limite réglementaire de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. La mise en place de la ZFE-m présente peu d'impact sur les concentrations (Figure 24). Un faible effet est à noter sur le boulevard périphérique Laurent Bonnevey, boulevard Périphérique Nord (BNPL) et la route métropolitaine M7 avec un impact entre 1 et $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'effet de la ZFE-m sur les concentrations de fond est inférieur à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

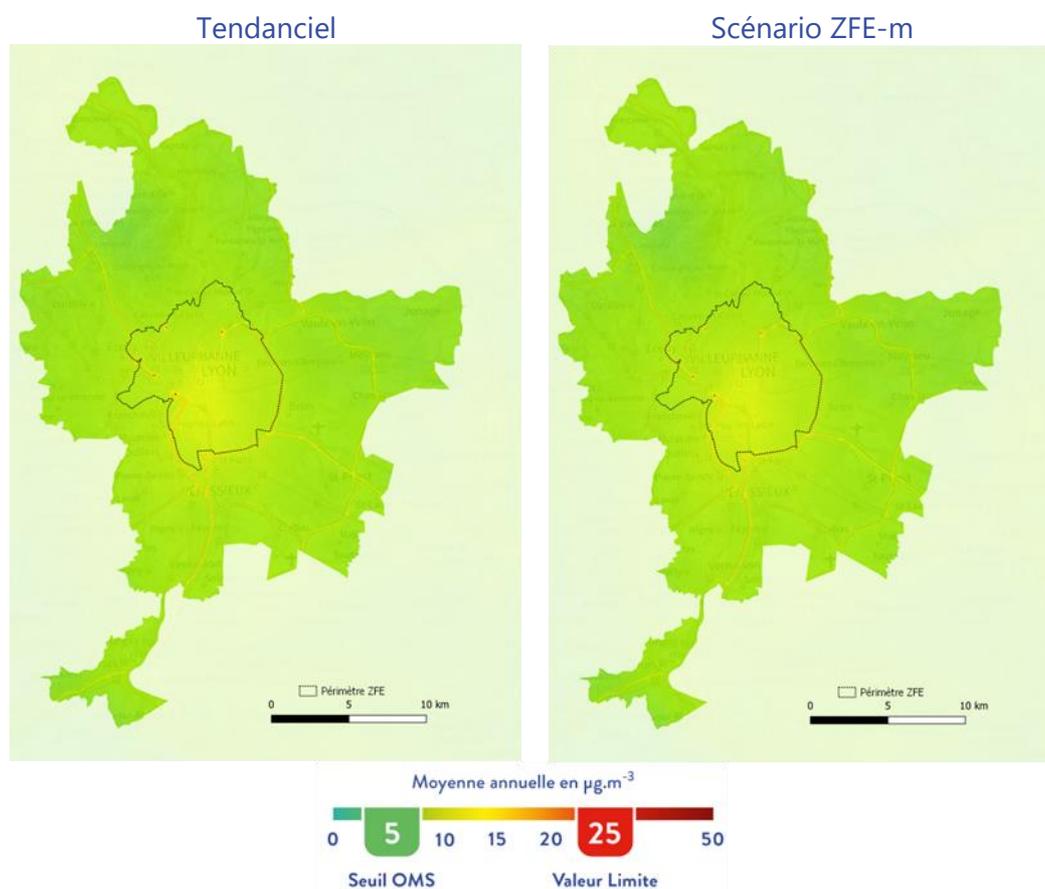


Figure 23 : Concentrations moyennes annuelles des concentrations en particules PM2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ déterminées pour le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028 sur la Métropole de Lyon

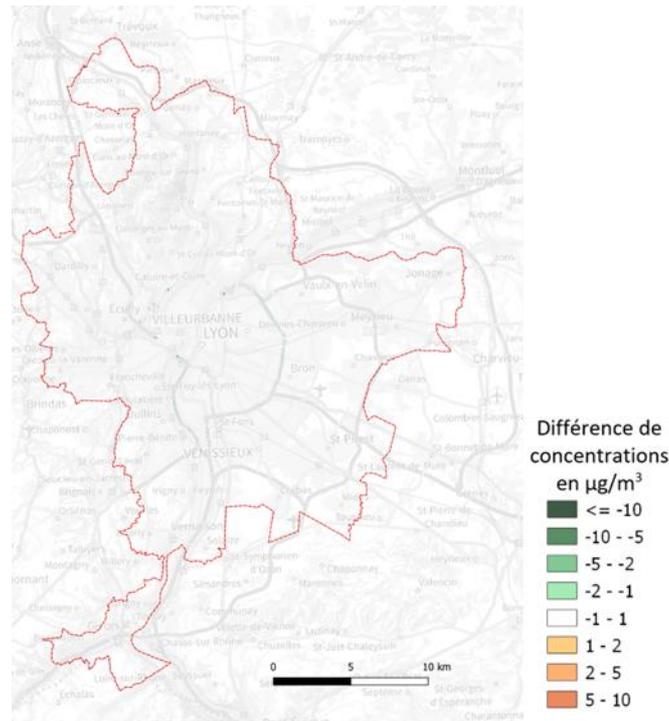


Figure 24 : Différence des concentrations moyennes annuelles particules fines PM2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028

Exposition de la population à des dépassements de la valeur réglementaire en PM2.5

L'exposition de la population à des concentrations supérieures aux dernières valeurs OMS (2021) aux différents pas d'interdiction reste stable. L'action ZFE-m n'a pas d'effet par rapport à la situation tendancielle pour ce polluant, comme le traduit le Tableau 8 Tableau 7.

Métropole de Lyon	2025		2028	
	référence	scénario	référence	scénario
Moyenne annuelle PM2,5				
Valeur limite (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0 hab 0.00%	0 hab 0.00%	0 hab 0.00%	0 hab 0.00%
Niveau recommandé OMS 2005 (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 042 400 75.2%	1 036 100 74.8%	1 035 100 74.7%	1 022 100 73.7%
Niveau recommandé OMS 2021 (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 385 900 100%	1 385 900 100%	1 385 900 100%	1 385 900 100%

Tableau 8: Exposition de la population à des dépassements des différentes valeurs réglementaires et recommandées en particules fines PM2.5 modélisées pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE-m aux horizons 2025 et 2028

La même tendance est constatée sur l'exposition moyenne de la population aux particules fines PM2.5.

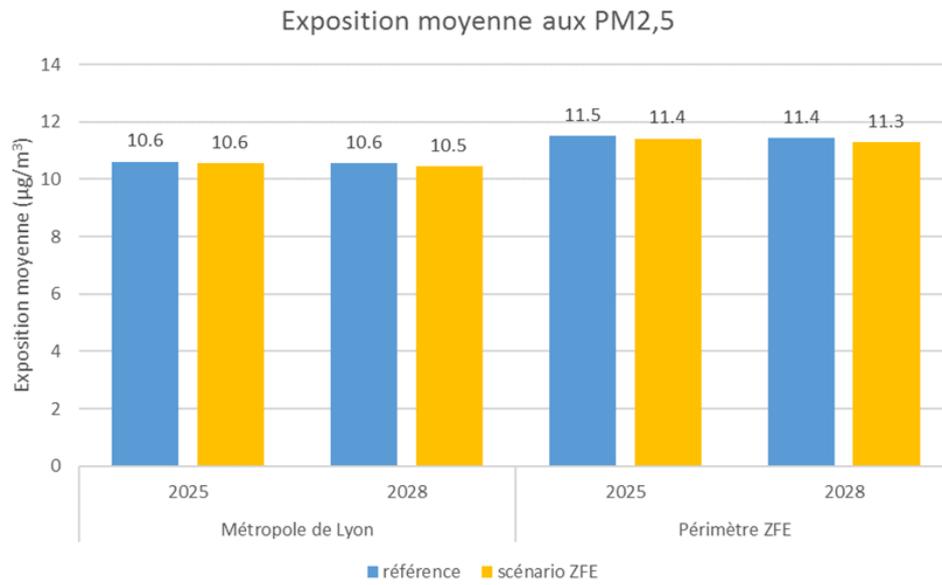


Figure 25 :: Expositions moyennes au PM2.5 (IPP) pour le tendanciel 2025/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m global

4. Conclusion

L'extension de la ZFE-m aux véhicules particuliers Crit'Air 4,3 et 2 au 1^{er} janvier des années 2024, 2025 et 2028 sur deux périmètres de la métropole de Lyon (centre et axes structurants) et aux véhicules professionnels Crit'Air 2 sur le périmètre central en 2028 vient compléter la ZFE-m existante qui interdit depuis 2020 l'accès aux Véhicules Utilitaires Légers et aux Poids Lourds Crit'Air 4, 5 et non classé et au Crit'Air 3 depuis le 1^{er} janvier 2021 ainsi qu'aux véhicules particuliers non classé et Crit'Air 5 depuis le 1^{er} janvier 2023.

Cette restriction s'applique aux périmètres suivants qui concernent :

- Pour le périmètre « Central » (existant) : Lyon, les secteurs de Villeurbanne, Bron et Vénissieux situées à l'intérieur du boulevard périphérique Laurent Bonnevey,
- Pour les axes structurants : M6/M7, le boulevard périphérique Laurent Bonnevey et le boulevard Périphérique Nord (BNPL).

Cette évolution de la ZFE-m aux véhicules particuliers, aux deux roues et à certains véhicules professionnels vient compléter de façon plus globale les étapes déjà mises en place. La part du parc touchée par cette évolution est conséquente, les effets sur la qualité de l'air des périmètres ZFE-m sont significatifs pour le NO₂ par rapport au tendanciel. Les effets sont plus faibles pour les particules fines.

Le NO₂, polluant traceur du trafic routier, est émis à 57% sur la métropole de Lyon par ce secteur d'activité. L'extension de la ZFE-m aux VP, DR et véhicules professionnels permet :

- Une baisse des émissions de NO_x de 17% sur le périmètre central et de 14% sur les axes structurants en 2025 et respectivement de 56% et 28% en 2028 ;
- Une baisse globale des émissions de NO_x de 7% et 21% sur le périmètre de la Métropole en 2025 et 2028 par rapport au tendanciel.

Pour les émissions de particules fines PM2.5 et PM10, le secteur routier n'est responsable que d'environ 20% des émissions sur la Métropole de Lyon. La mise en place de la ZFE-m fait diminuer les émissions routières de 25% et 30% respectivement pour les PM10 et PM2.5 sur le périmètre central de la ZFE-m en 2028, et de 15% et 18% sur les axes structurants en 2028. Sur le périmètre de la métropole de Lyon, la baisse des émissions est estimée à 11% pour les PM10 et 12% pour les PM2.5 en 2028 par rapport au tendanciel.

En situation tendancielle 2025, les concentrations de dioxyde d'azote NO₂ sont plus fortes sur le réseau de routes que sur le reste du territoire. Les voies structurantes de l'agglomération (autoroute, périphérique etc) présentent les concentrations les plus élevées et peuvent dépasser la valeur limite réglementaires de 40 µg/m³ en moyenne annuelle. La mise en place des restrictions de la ZFE-m permet des gains en concentrations en NO₂ dont les plus forts sont observés au niveau des axes à fort trafic. Ces gains sont compris entre 5 et 10 µg/m³ avec les restrictions sur les véhicules Crit'Air 2 en 2028. Sur les concentrations de fond au sein du périmètre de la ZFE-m centrale, le gain est d'environ 1 µg/m³.

En termes d'exposition des populations à des concentrations supérieures à la valeur OMS, les restrictions ZFE-m permettent d'abaisser le nombre de personnes en situation de dépassement de la valeur recommandée par l'OMS (10 µg/m³) d'environ 1% en 2028 par rapport au tendanciel. En se projetant avec la nouvelle valeur réglementaire pressentie pour le NO₂ (20 µg/m³), moins de 500 habitants seraient exposés sur la Métropole à des concentrations supérieures à cette valeur, contre environ 3 200 habitants dans le scénario sans action ZFE-m.

Les niveaux de concentrations des PM10 et PM2.5 modélisées sont plus homogènes sur le territoire et seuls les axes structurants présentent des concentrations plus importantes. Il n'y a pas de dépassement de la valeur limite réglementaire de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 et de $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2.5 en moyenne annuelle pour la situation tendancielle 2028.

La mise en place des restrictions ZFE-m ne présente presque pas d'impact sur les concentrations de PM10 et PM2.5 modélisées : le gain est au maximum entre 1 et $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les voies à fort trafic.

Cette extension n'a pas ou peu d'impact sur l'exposition des populations aux particules fines PM10 et PM2.5 en 2028.