

Zone à Faibles Emissions – mobilité de la Métropole de Lyon

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

Etude 2022



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 2022.**

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 le 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 gaz à effet de serre via plusieurs outils (PCAET, SDE etc).

La mise en place de la Zone à Faibles Emissions-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 et 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 en émissions notables pour l'extension de la ZFE-m sur un double périmètre central et intermédiaire aux véhicules particuliers (VP) et deux roues (DR) et à d'autres VUL et PL.

Le présent dossier d'étude préalable à la mise en place de la ZFE-m estime les réductions d'émissions de polluants à effets sanitaires et de gaz à effet de serre. Cette étude réalisée par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes en 2022 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 :

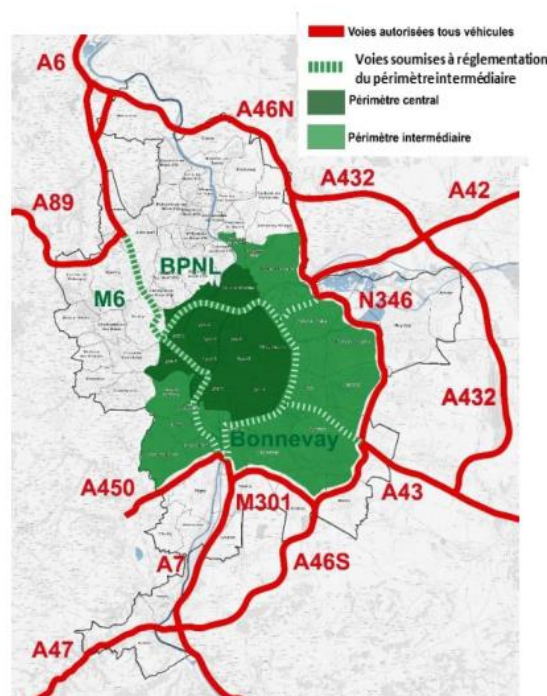
- des véhicules particuliers Crit'Air 4, 3 et 2,
- et des véhicules utilitaires légers et des poids lourds Crit'Air 2.

Ces restrictions s'étendent sur deux périmètres.

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

Périmètre	CENTRE		INTERMÉDIAIRE	
Typologie de véhicules				
2023		 + Non classé		
2024		 + Non classé		 + Non classé
2025				
2026				
2028 <small>Fin de la dérogation du reste des CQA 2</small>				

Calendrier des restrictions de la ZFE-m avec son évolution



Plan des périmètres touchés par la ZFE-m (centre et intermédiaire) (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 47% dans le périmètre central et 33% dans le périmètre intermédiaire en 2026 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. Cette tendance est accentuée en 2028 avec une baisse des émissions de NOx de respectivement 69% et 41% sur chacun des périmètres, suite à l'interdiction de l'ensemble des Crit'Air 2.
- Les mêmes observations sont faites pour **les gains en émissions de particules fines PM10 et PM2.5**. Les gains sont respectivement de 29% de PM10 et de 35% de PM2.5 sur le périmètre central et de 17% et de 24% sur le périmètre intermédiaire en 2026 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.

Cette tendance est accentuée en 2028 sur le périmètre central avec une baisse des émissions de respectivement 35% des PM10 et 40% des PM2.5 et 14% et 19% sur le périmètre intermédiaire suite à l'interdiction de l'ensemble des Crit'Air 2.

- En 2026 et 2028 en comparaison avec le scénario tendanciel, les gains en concentrations en NO₂ les plus forts sont observés au niveau des axes à fort trafic (M6/M7/Périphérique) avec plus de 10 µg/m³ de diminution. Sur les concentrations de fond urbain dans le périmètre central, la baisse est d'environ 1,5 µg/m³. Cela induit une baisse d'environ 5% de l'exposition de la population à des concentrations supérieures à la recommandation OMS pour le NO₂ (10 µg/m³) entre le scénario ZFE et le scénario tendanciel.
- Entre 2026 et 2028, le trafic routier n'étant responsable que d'environ 20% des émissions de particules fines, la ZFE-m a peu d'impact sur les concentrations de ces polluants (entre 1 µg/m³ et 2 µg/m³ sur les voies à fort trafic et <1 µg/m³ sur les concentrations de fond). 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.....	17
2.1 Rappels des scénarios modélisés dans l'étude.....	17
2.2 Méthodologie d'évaluation de l'impact sur les émissions et données utilisées.....	18
2.2.1 Méthodologie générale	18
2.2.2 Connaissance des trafics.....	19
2.3 Méthodologie de modélisation des concentrations et de calcul de l'exposition des populations.....	23
2.3.1 Modélisation et évaluation de l'impact sur les concentrations	23
2.3.2 Evaluation de l'exposition des populations.....	24
3. Les bénéfices environnementaux et sanitaires de la ZFE-m	25
3.1 Impact sur les émissions de polluants atmosphériques.....	25
3.1.1 Impact sur les émissions d'oxydes d'azote NOx.....	25
3.1.2 Impact sur les émissions de particules fines PM10 et PM2,5	26
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.....	34
3.2.3 Impact sur les concentrations et l'exposition aux particules fines PM2,5.....	37
4. Conclusion.....	40



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 en 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.....	15
Figure 5 : carte de concentration 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.....	16
Figure 6: Caractéristiques de la ZFE-m étudiée en 2022	17
Figure 7 : organisation générale de l'outil MOCAT	18
Figure 8 : répartition des kilomètres parcourus selon la catégorie de véhicules pour le tendanciel 2024	21
Figure 9 : répartition par Crit'Air des kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules dans le périmètre ZFE central	22
Figure 10 : répartition par Crit'air des kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules dans le périmètre ZFE intermédiaire.....	22
Figure 11 : répartition par Crit'Air des kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules à l'échelle de la métropole de Lyon	23
Figure 12 : Evolution des émissions de NO _x (en %) grâce à la ZFE-m par rapport au tendanciel sur les périmètres de la ZFE-m central, intermédiaire et de la Métropole de Lyon de 2024 à 2028.....	26
Figure 13 : 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, intermédiaire et de la Métropole de Lyon	27
Figure 14 : 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	28
Figure 15 : 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	29
Figure 16 : Moyennes annuelles des concentrations en dioxyde d'azote NO ₂ en µg/m ³ déterminées pour le tendanciel 2026 et le scénario ZFE-m 2026 sur la Métropole de Lyon	30
Figure 17 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO ₂ en µg/m ³ entre le tendanciel 2026 et le scénario ZFE-m 2026.....	31
Figure 18 : 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	32
Figure 19 : 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.....	33
Figure 20 : Expositions moyennes au NO ₂ (IPP) pour le tendanciel 2025/2026/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2026/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m (central et intermédiaire)	34

Figure 21 : Concentrations moyennes annuelles des concentrations en particules PM10 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 22 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre le tendancier 2028 et le scénario ZFE-m 2028	35
Figure 23 : Expositions moyennes au PM10 (IPP) pour le tendancier 2025/2026/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2026/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m (central et intermédiaire)	36
Figure 24 : 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	37
Figure 25 : 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	38
Figure 26 : Expositions moyennes au PM2.5 (IPP) pour le tendancier 2025/2026/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2026/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m (central et intermédiaire)	39

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 : Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques

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, car 96% des émissions de NO_x des Véhicules Utilitaires Légers (VUL), Poids Lourds (PL) et Véhicules Particuliers (VP) proviennent 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.

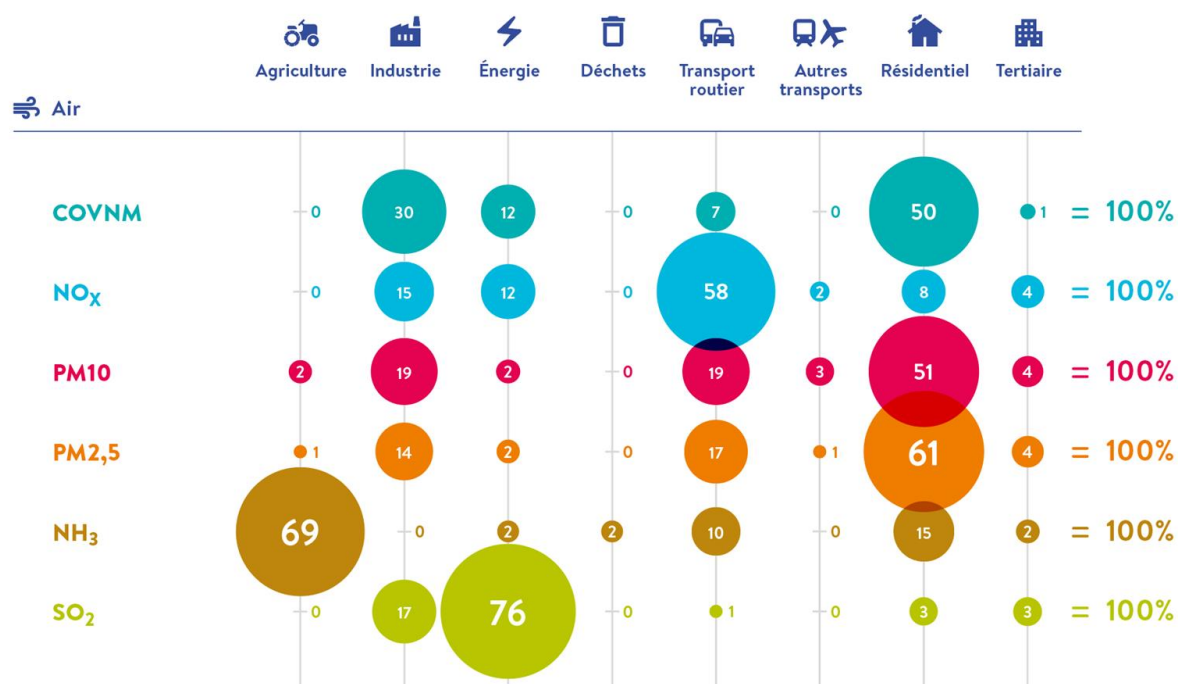


Figure 1 : contribution des différents secteurs d'activités aux émissions en 2019 à l'échelle de la métropole de Lyon (Source : bilan 2021 de la qualité de l'air - Atmo Auvergne-Rhône-Alpes)

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 Emissions 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 restent 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.

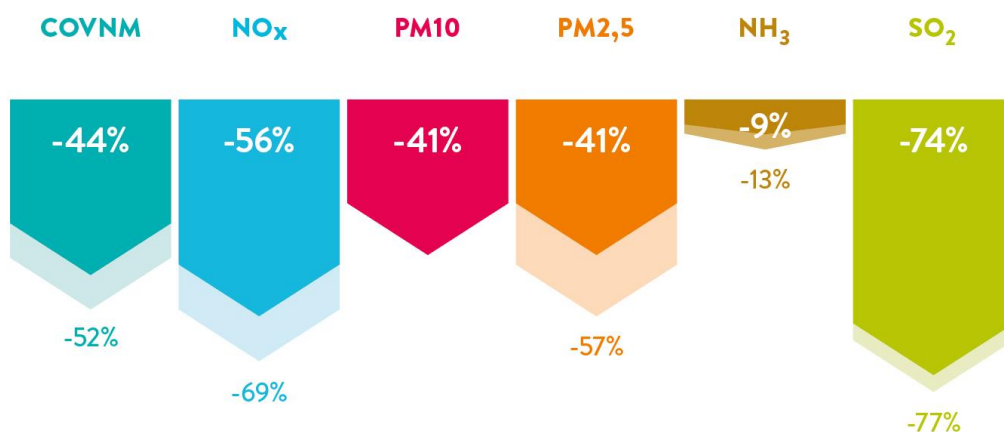


Figure 2 : évolution des émissions de polluants atmosphériques entre 2005 et 2019 à l'échelle de la Métropole de Lyon (pourcentage en blanc) au regard des objectifs du PREPA (pourcentage en couleur en bas) (Source : bilan 2021 de la qualité de l'air - Atmo Auvergne-Rhône-Alpes)

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 PM_{2,5} 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 conditionne 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 prises en compte en raison de la crise sanitaire qui a fortement impacté les niveaux de trafic et a donc des 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. 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 environ 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 proximité des axes fortement circulés de l'agglomération (Figure 3).

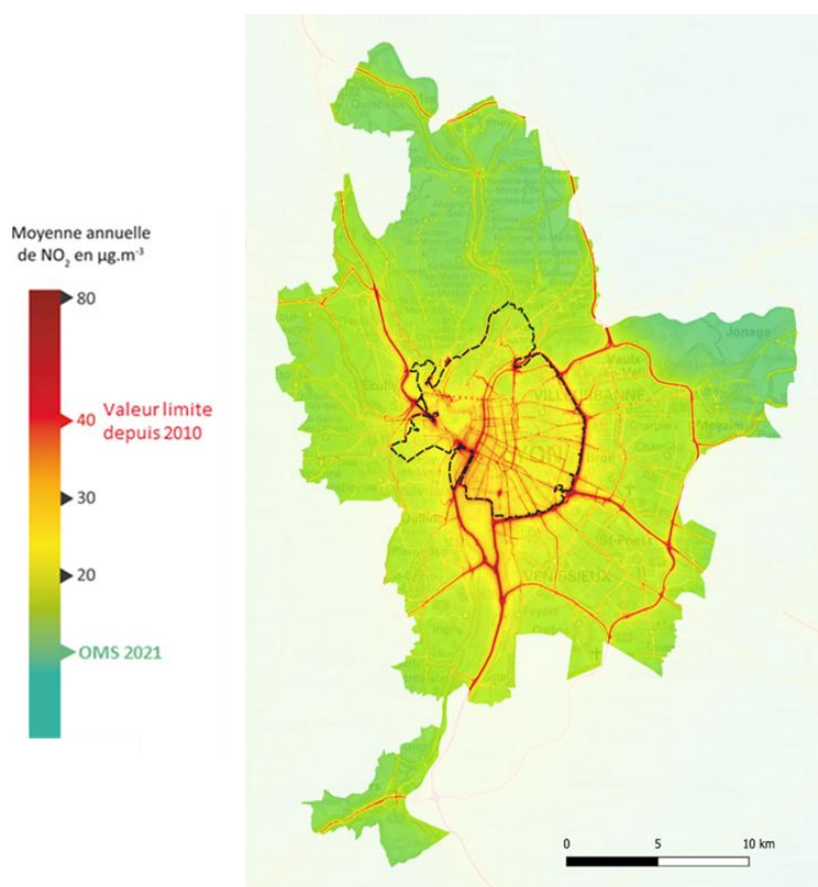


Figure 3 : Carte de concentration en NO₂ à l'échelle de la Métropole de Lyon en 2019 (moyenne annuelle) avec contour de la ZFE-m applicable en 2022

Focus sur les particules PM2,5

La valeur limite réglementaire applicable pour les particules PM2,5 en moyenne annuelle ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 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 ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 polluant atmosphérique, les abords des voiries représentent les zones les plus sensibles avec des niveaux proches de la valeur réglementaire (Figure 4).

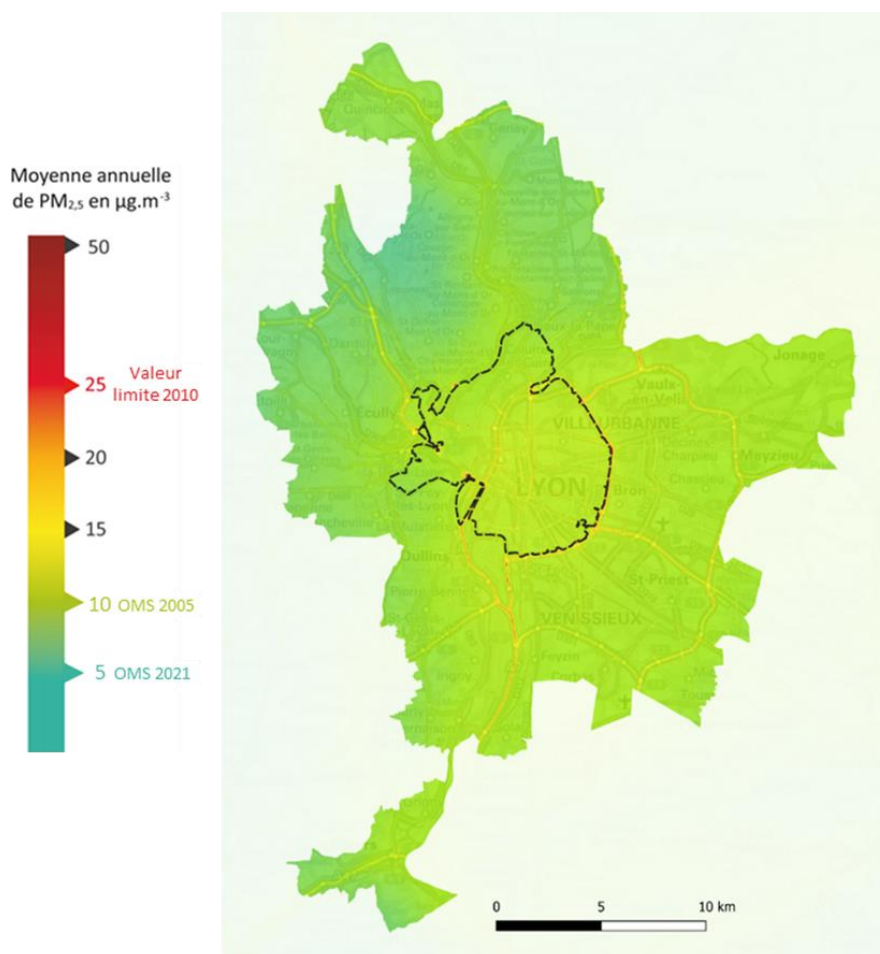


Figure 4 : carte de concentration aux particules PM2,5 à l'échelle de la Métropole de Lyon en 2019 (moyenne annuelle) avec contour de la ZFE-m applicable en 2022

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) 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 les zones les plus sensibles et présentent des concentrations supérieures au reste du territoire (Figure 5).

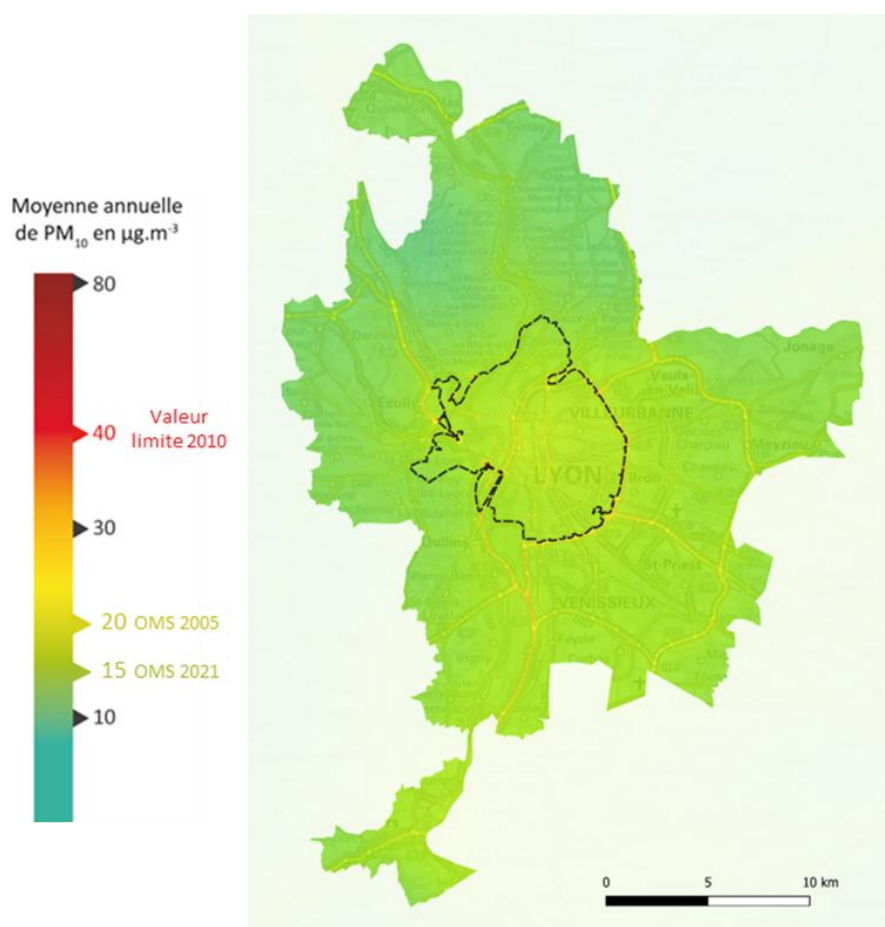


Figure 5 : carte de concentration aux particules PM10 à l'échelle de la Métropole de Lyon en 2019 (moyenne annuelle) avec contour de la ZFE-m applicable en 2022

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, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a accompagné la métropole de Lyon pour étudier l'extension de la ZFE-m aux Crit'Air 4,3 et 2 avec les restrictions suivantes :

- Interdiction des véhicules particuliers (VP) Crit'air 4, 3 et 2 ;
- Interdiction des véhicules utilitaires légers (VUL) et des poids lourds (PL) Crit'air 3 et 2.

Les périmètres d'application des restrictions sont

- pour le périmètre « Centre » : Lyon, les secteurs de Villeurbanne, Bron et Vénissieux situés à l'intérieur du boulevard périphérique Laurent Bonnevey,
- pour le périmètre « Intermédiaire » : M6/M7, boulevard périphérique Laurent Bonnevey, boulevard périphérique Nord Lyon (BNPL), l'A42, l'A43 intrarocade et les communes sur la moitié Est de Lyon comprise entre Fontaines sur Saône et Sainte-Foy-lès Lyon entre le périphérique et la rocade.

Périmètre	CENTRE	INTERMÉDIAIRE
Typologie de véhicules	 	 
2023	  + Non classé	
2024	 	+ Non classé 
2025	 	
2026	 	
2028 <small>Fin de la dérogation du reste des CQA 2</small>	 	

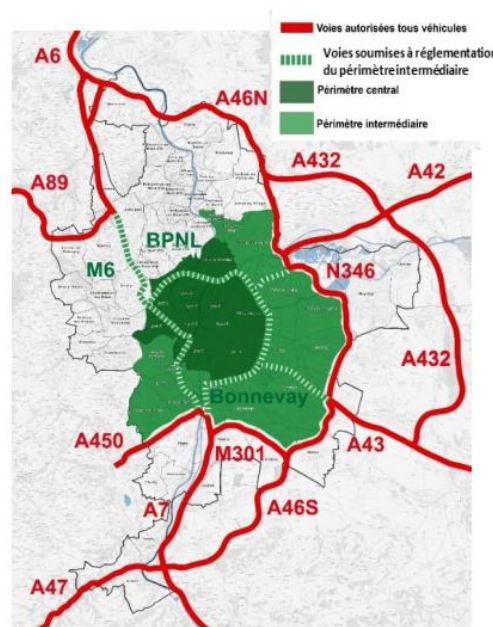


Figure 6: Caractéristiques de la ZFE-m étudiée en 2022

Ce scénario a été présenté en consultation publique en septembre 2022 mais n'a finalement pas été retenu. Un deuxième rapport sur l'extension de la ZFE-m a été réalisé et présente les résultats du scénario définitif établi 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).

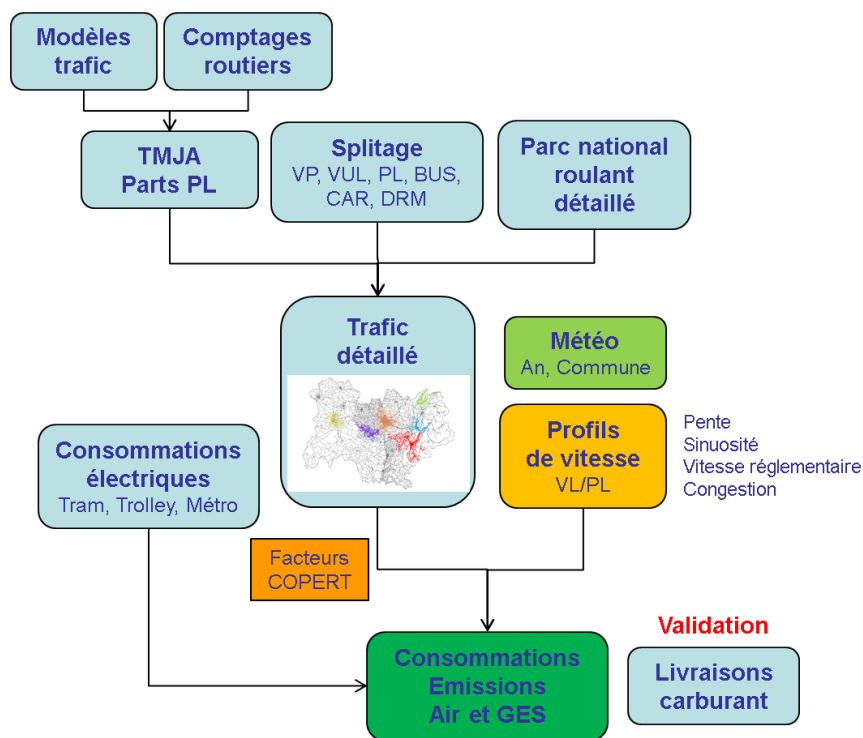


Figure 7 : organisation générale de l'outil MOCAT

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 Moyenne des Jours Ouvrés (MJO) et détaillés par type de véhicules : VP, VUL, PL et Deux-Roues (DR), avec la distinction de s'ils sont en transit ou non, suivant trois classes illustrant leur capacité à circuler ou non dans les différentes zones ZFE-m :

- OK pour les véhicules conformes au périmètre central 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 ;
- KO1 pour les véhicules pouvant circuler sur le périmètre ZFE-m intermédiaire mais ne pouvant plus circuler à l'intérieur du périmètre central ZFE-m ;
- KO2 pour les véhicules ne pouvant circuler dans aucun des périmètres 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 2020, 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 hypothèses nationales « Avec Mesures Existantes

¹ Agence européenne pour l'environnement

(AME) V2020 » pour caractériser les nouveaux véhicules entrant tendanciellement dans le parc et le renouvellement selon la durée de vie des véhicules ;

- Pour les deux roues motorisées (DR) et 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	2026	2028
Crit'Air Vert Electrique	5%		45%	60%	70%	
Crit'Air 1 VHR	5%		10%	10%	10%	
Crit'Air 1 GNV	0%		5%	10%	20%	
Crit'Air 2 Diesel	90%		40%	20%		
Ensemble	100%		100%	100%	100%	100%
PL	2021	2023	2024	2025	2026	2028
Crit'Air Vert Electrique	2.50%		5%	5%	5%	
Crit'Air 1 GNV	2.50%		50%	80%	95%	
Crit'Air 2 Diesel	95%		45%	15%		
Ensemble	100%		100%	100%	100%	100%
VP	2021	2023	2024	2025	2026	2028
Crit'Air Vert Electrique		15%	25%	35%	45%	55%
Crit'Air 1 Essence		50%	45%	35%	30%	25%
Crit'Air 1 GNV		5%	5%	5%	5%	5%
Crit'Air 1 VHR		10%	15%	20%	20%	15%
Crit'Air 2 Diesel		20%	10%	5%		
Ensemble		100%	100%	100%	100%	100%
2RM	2021	2023	2024	2025	2026	2028
Crit'Air Vert Electrique		5%	5%	7.50%	10%	
Crit'Air 1 Essence		95%	95%	92.50%	90%	
Ensemble		100%	100%	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 VUL est faible, moins de 5% (Figure 8).

Par ailleurs, à l'échelle de la métropole de Lyon, davantage de PL circulent à l'extérieur des périmètres ZFE-m qu'à l'intérieur.

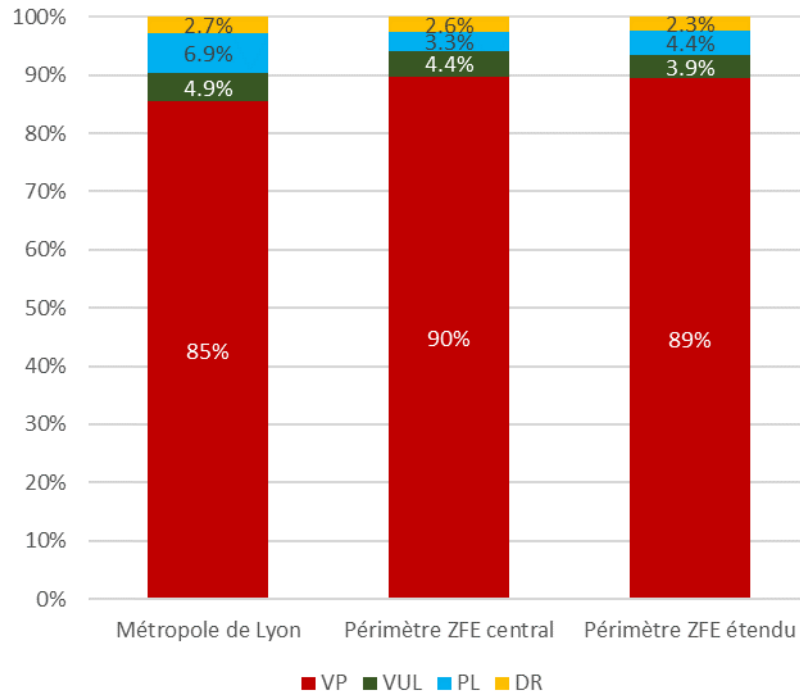


Figure 8 : répartition des kilomètres parcourus selon la catégorie de véhicules pour le tendancier 2024

La mise en place des restrictions ZFE permet une accélération du renouvellement tendancier 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 central 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 ou Vert.

Une baisse du trafic 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 11% de kilomètres parcourus en moins par rapport à la situation de référence (tendancielle) sur la métropole et 26% sur le périmètre central.

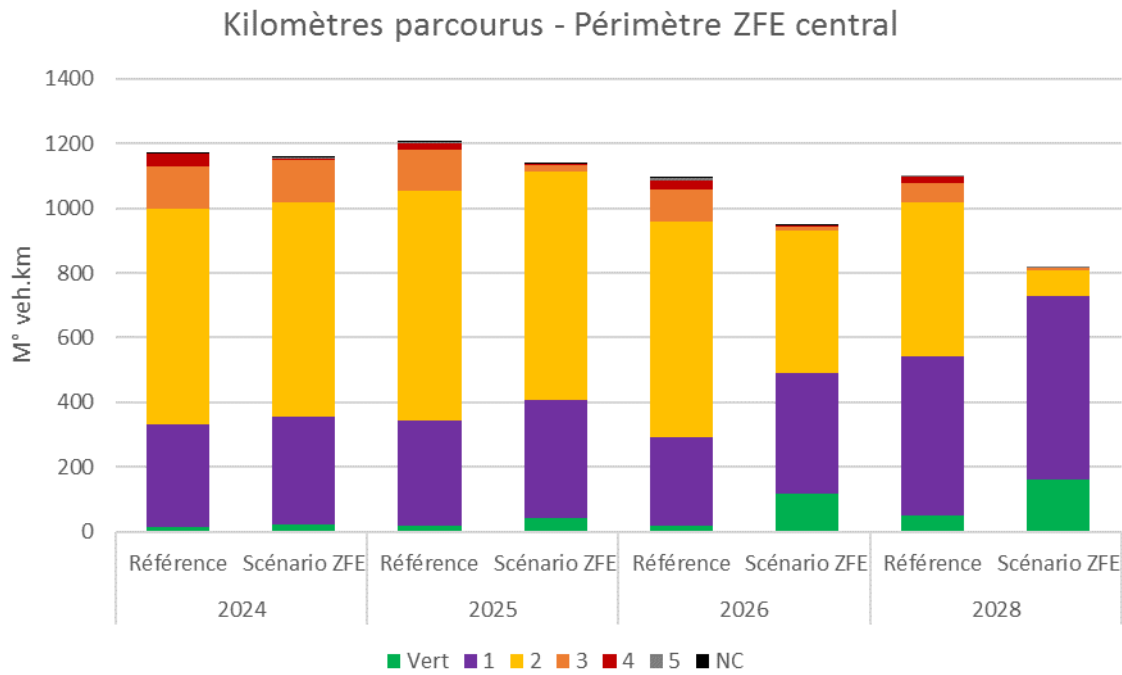


Figure 9 : répartition par Crit'Air des kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules dans le périmètre ZFE central

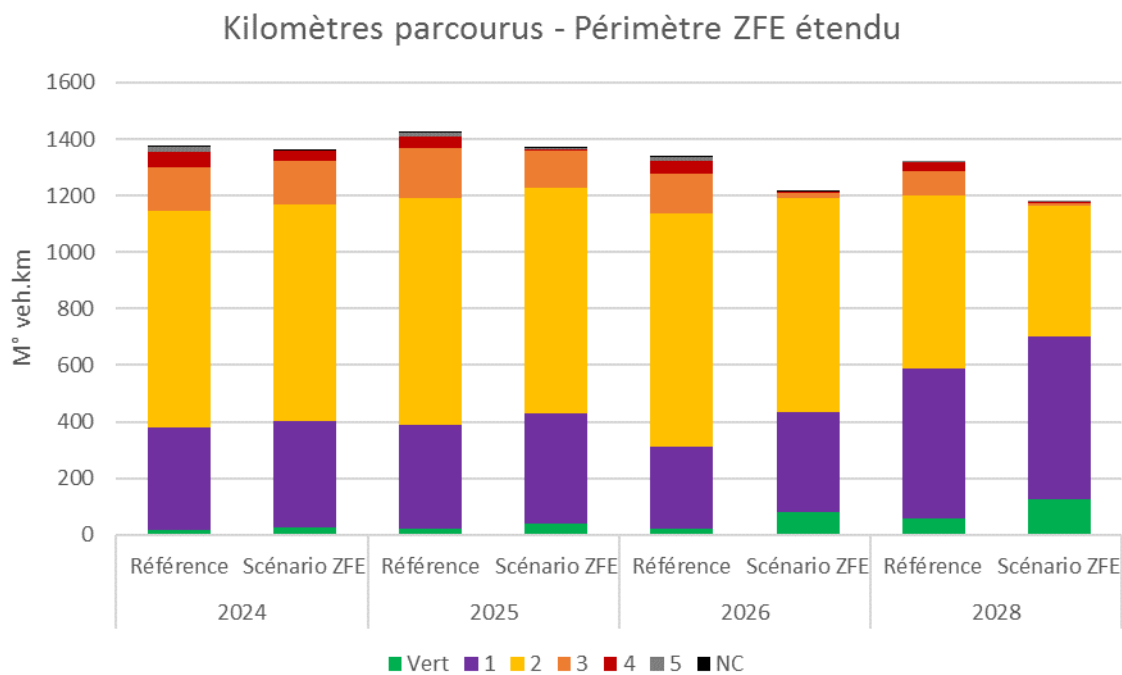


Figure 10 : répartition par Crit'air des kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules dans le périmètre ZFE intermédiaire

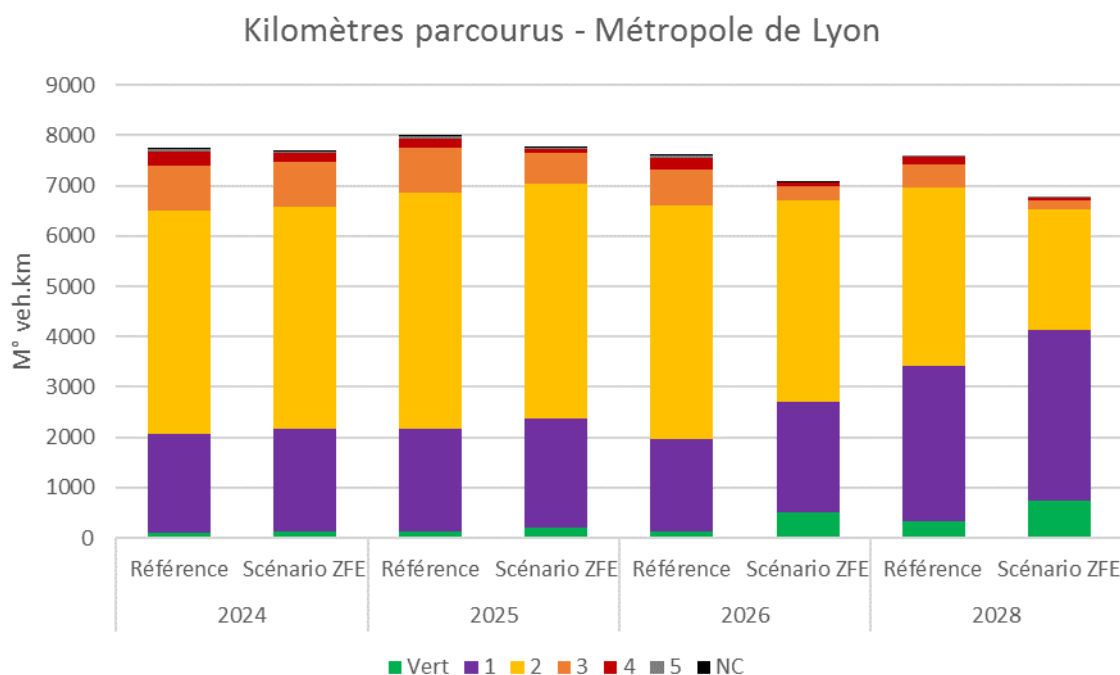


Figure 11 : répartition par Crit'Air des kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules à l'échelle de la métropole de Lyon

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, ...

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.

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 en 2020 dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère de Lyon. 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 ainsi 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.

L'IPP correspond à la moyenne des concentrations modélisées sur une zone, pondérée par la population.

Les scénarios ZFE-m pour les années 2025, 2026 et 2028 sont évalués, ainsi que les scénarios tendanciels correspondants.

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

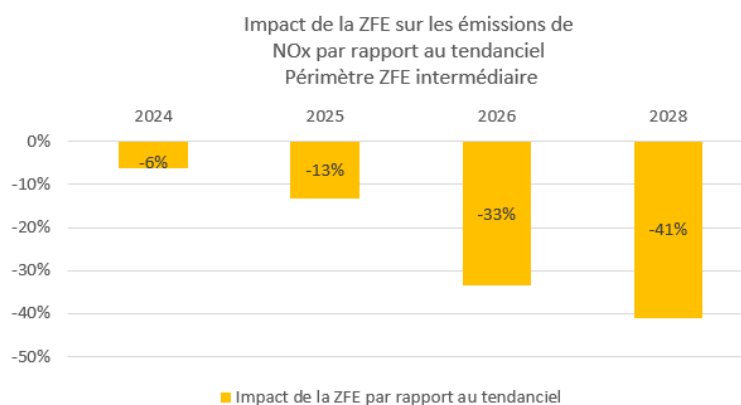
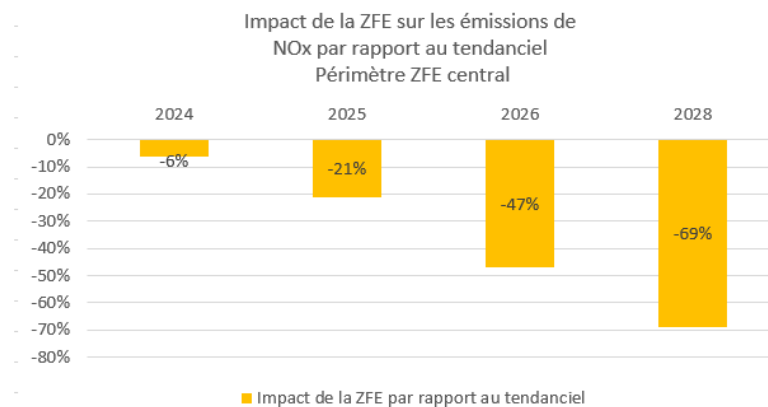
3.1 Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

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 intermédiaire, 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 35% 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.

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). Ainsi, sur le périmètre central cette baisse atteint -47% en 2026 et -69% en 2028 par rapport au scénario tendanciel (Figure 12).



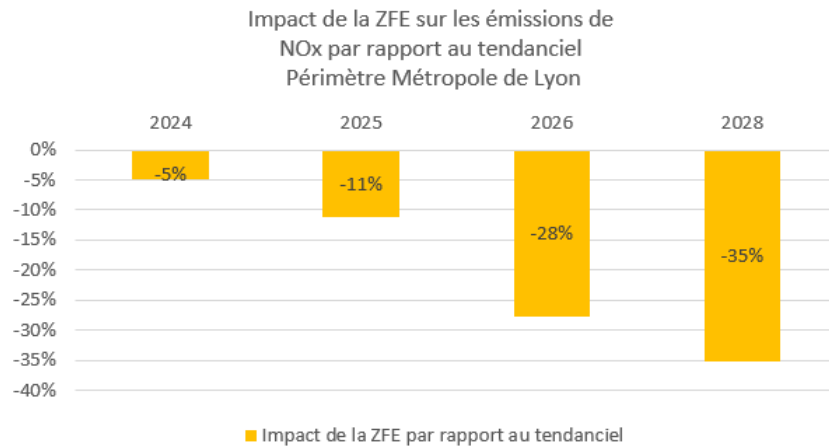


Figure 12 : Evolution des émissions de NOx (en %) grâce à la ZFE-m par rapport au tendanciel sur les périmètres de la ZFE-m central, intermédiaire et de la Métropole de Lyon de 2024 à 2028

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.

Des baisses importantes des émissions, du fait de l'amplification de la ZFE-m, sont constatées. Ces baisses sont d'environ 35% et 40% par rapport au scénario tendanciel aux échéances 2028 sur le périmètre central et de 14% et 19% sur le périmètre intermédiaire. Sur le périmètre métropolitain, ces baisses sont respectivement pour les PM10 et PM2.5 de 16% et 19% en 2028 (Figure 13).

Les gains en émissions sont moins conséquents en 2028 qu'en 2026 sur les différents périmètres à l'exception du périmètre central. Cela s'explique par l'absence de nouvelle interdiction sur le périmètre intermédiaire en 2028 (interdiction des véhicules Crit'Air 3 et plus comme en 2026). Sur le périmètre central, les émissions de particules continuent de baisser grâce à l'interdiction de tous les véhicules Crit'Air 2 et plus en 2028, ainsi qu'à l'importante baisse du trafic due au report de trafic et au changement de mode de déplacements.

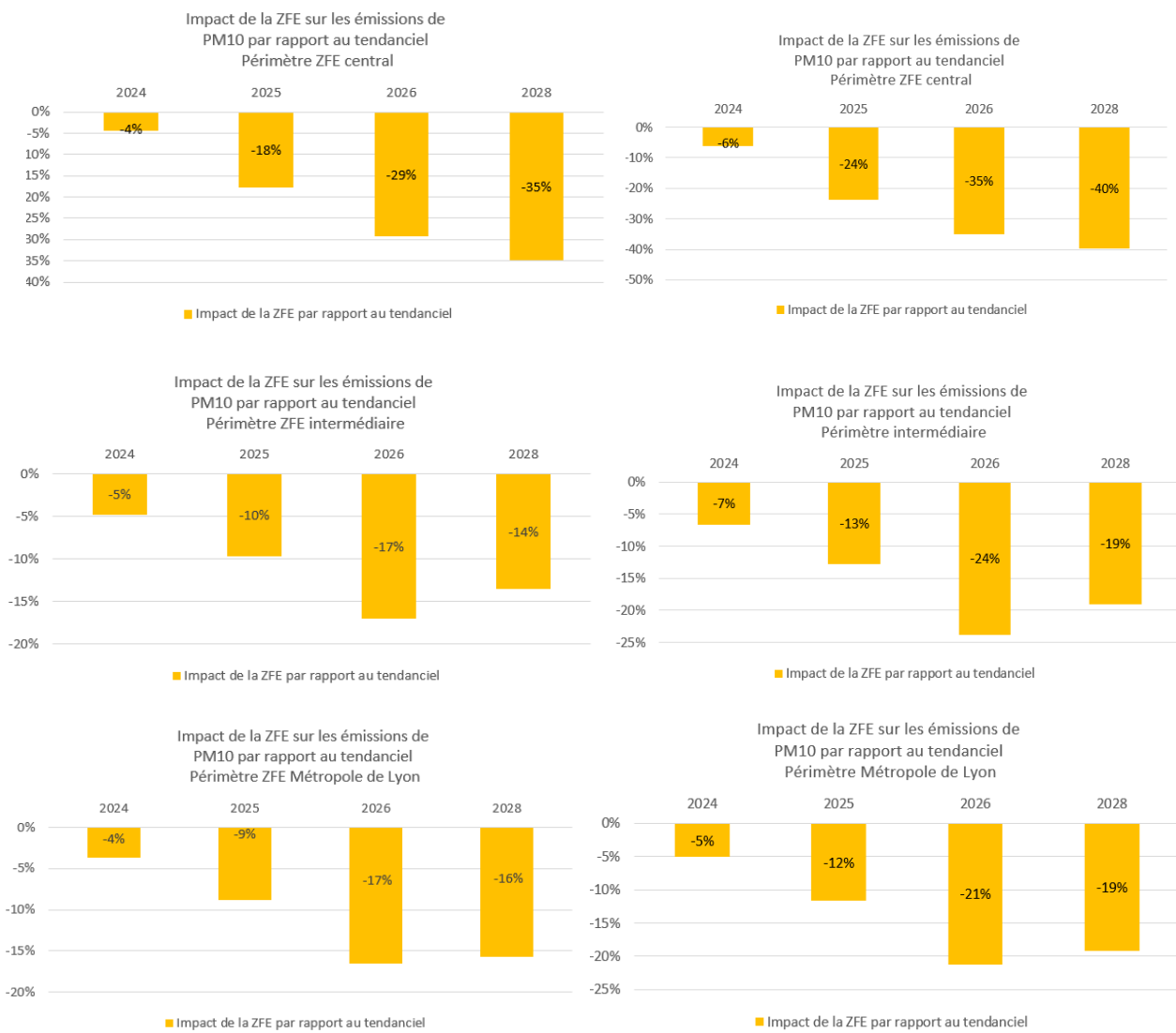


Figure 13 : Evolution des émissions de PM10 et PM2.5 (en %) grâce à la ZFE-m par rapport au tendanciel sur les périmètres de la ZFE-m central, intermédiaire et de la Métropole de Lyon

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, 2026 et 2028

En situation tendancielle 2025 (avec météorologie 2017), les concentrations de dioxyde 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 de la valeur limite. La mise en place des restrictions ZFE-m et le renouvellement naturel du parc permettent des gains en concentrations compris entre 1 et 5 µg/m³ sur le périmètre central et le périmètre intermédiaire (Figure 14 et Figure 15). Les gains sont plus importants au niveau des axes à fort trafic comme le périphérique Laurent Bonnevey.

Les gains les plus importants en termes d'exposition des populations au NO₂ sont centrés sur le cœur de la métropole et à proximité du trafic.

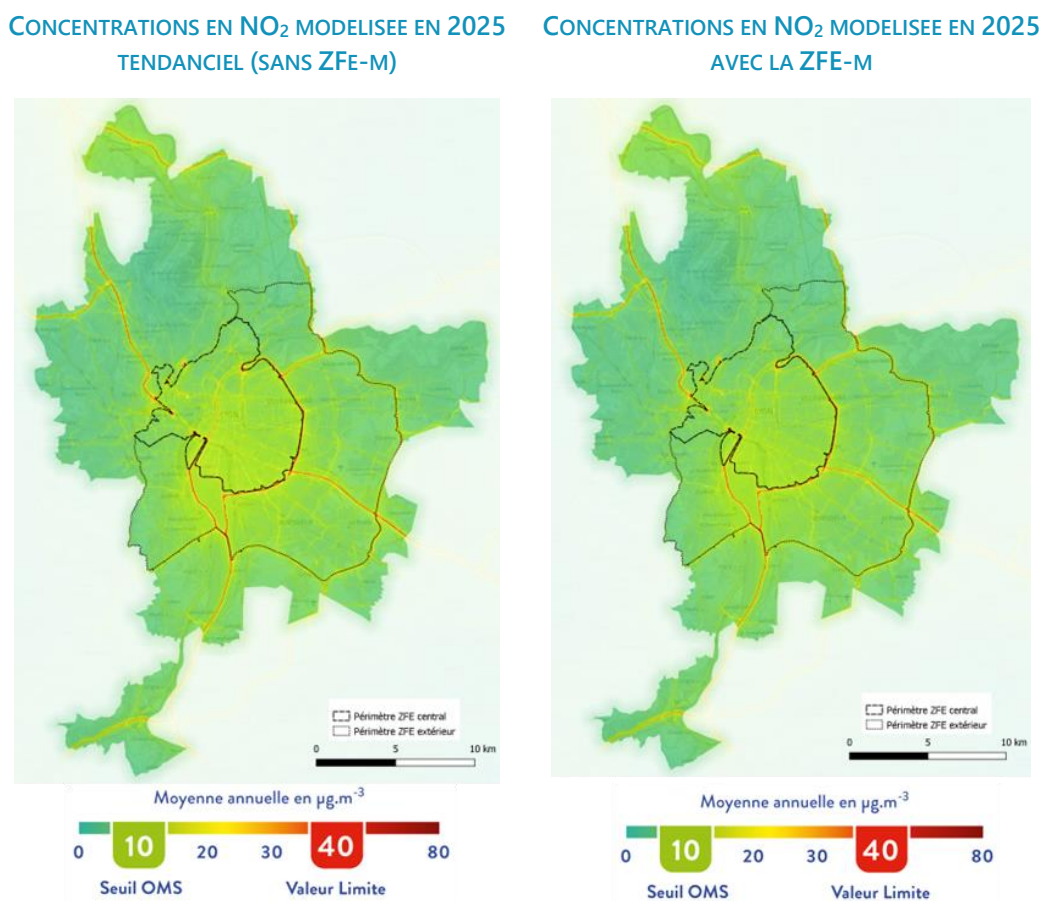


Figure 14 : Moyennes annuelles des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ en µg/m³ déterminées pour le tendanciel 2025 et le scénario ZFE-m 2025 sur la Métropole de Lyon

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

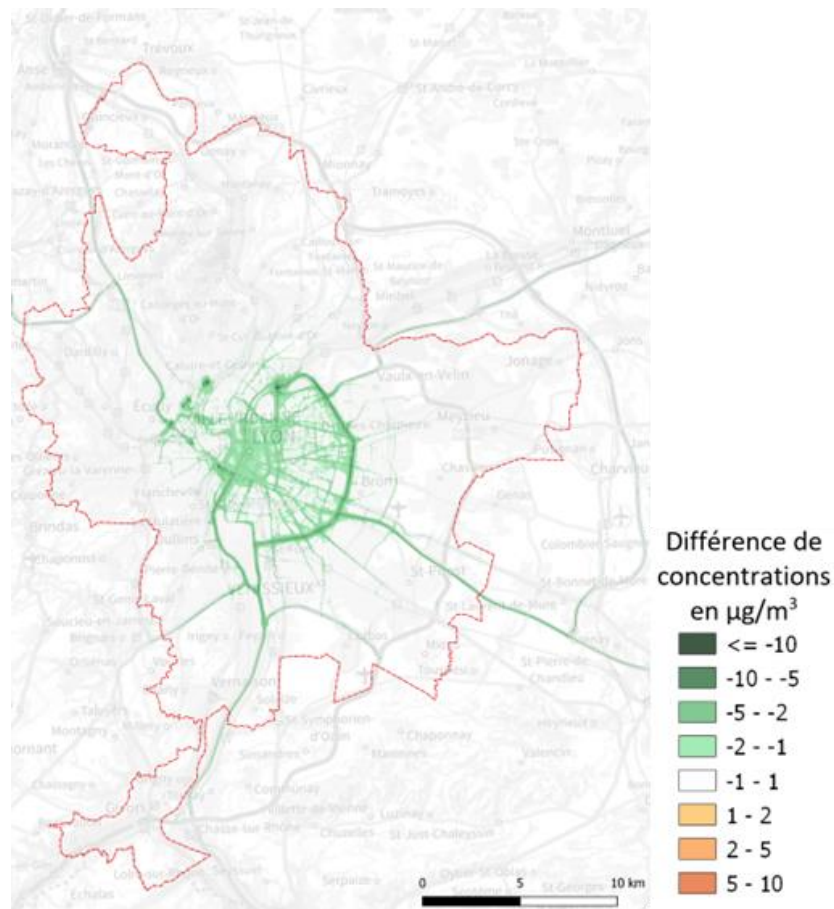


Figure 15 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO_2 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre le tendancier 2025 et le scénario ZFE-m 2025

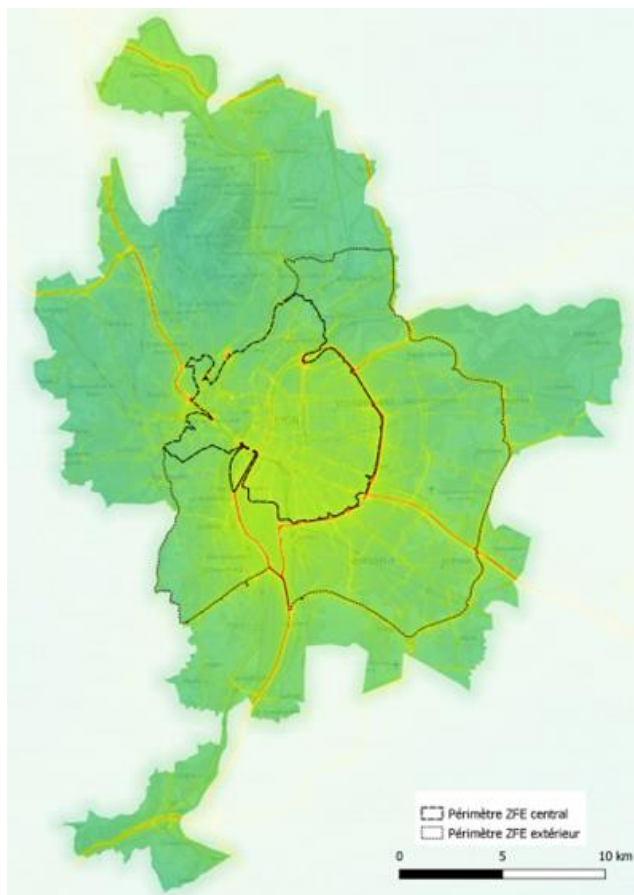
En 2026 (avec météorologie 2017), sous l'effet combiné de l'interdiction de circulation sur le périmètre intermédiaire des Crit'Air 3 et dans le périmètre central d'une partie des Crit'Air 2, les voies urbaines rapides et les portions d'autoroutes qui traversent la métropole présentent une baisse significative des concentrations.

La baisse des concentrations de fond sur le périmètre central est d'environ $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par rapport à la situation tendancielle.

Sur les axes M6/M7 et le périphérique, la baisse est quant à elle supérieure à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Une légère augmentation des concentrations au droit des axes A6/A46/A432 est observée dû à un report de trafic de véhicules interdits.

Les gains en termes d'exposition des populations au NO_2 sont les plus importants sur le cœur de la métropole, mais sont également présents sur la deuxième couronne.

CONCENTRATIONS EN NO₂ MODELISEE EN 2026
TENDANCIEL (SANS ZFE-M)



CONCENTRATIONS EN NO₂ MODELISEE EN 2026 AVEC LA
ZFE-M

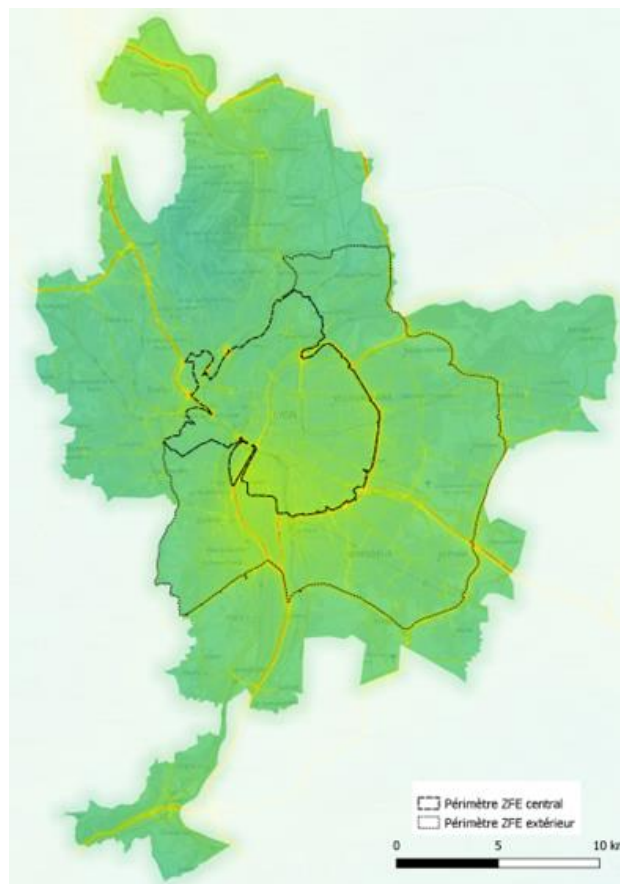


Figure 16 : Moyennes annuelles des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ déterminées pour le tendanciel 2026 et le scénario ZFE-m 2026 sur la Métropole de Lyon

GAINS DES CONCENTRATIONS ENTRE LE TENDANCIEL 2026 (REFERENCE) ET SCENARIO ZFE-M 2026

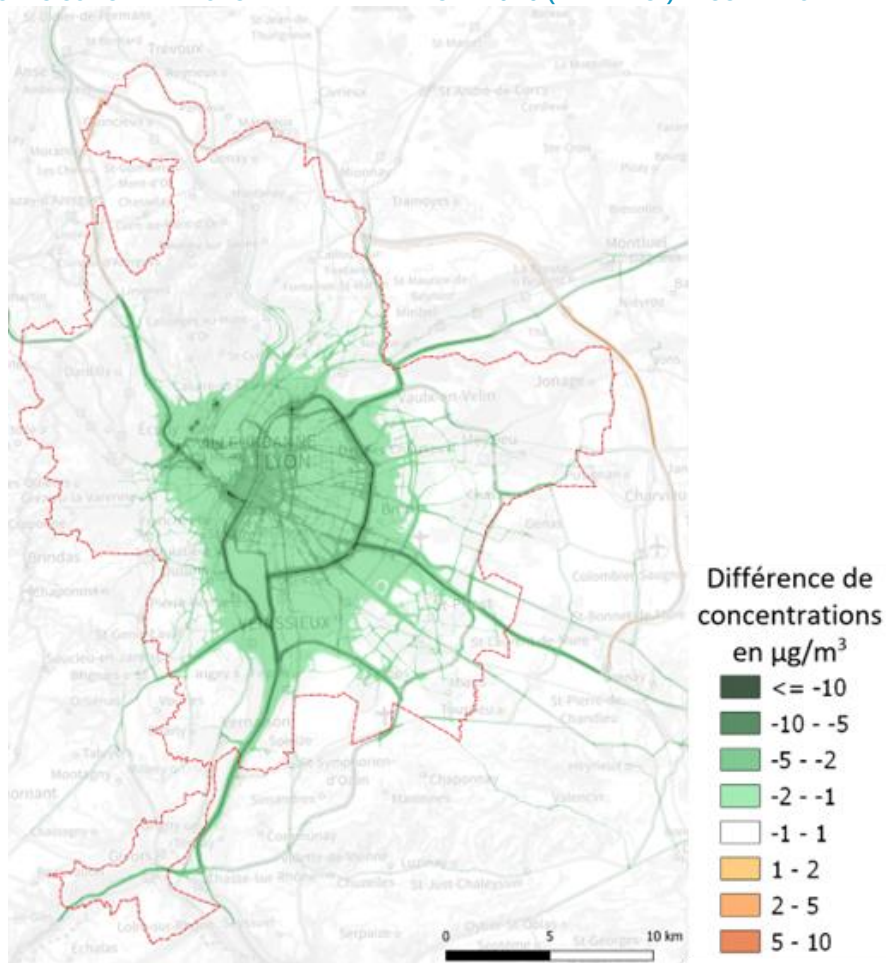
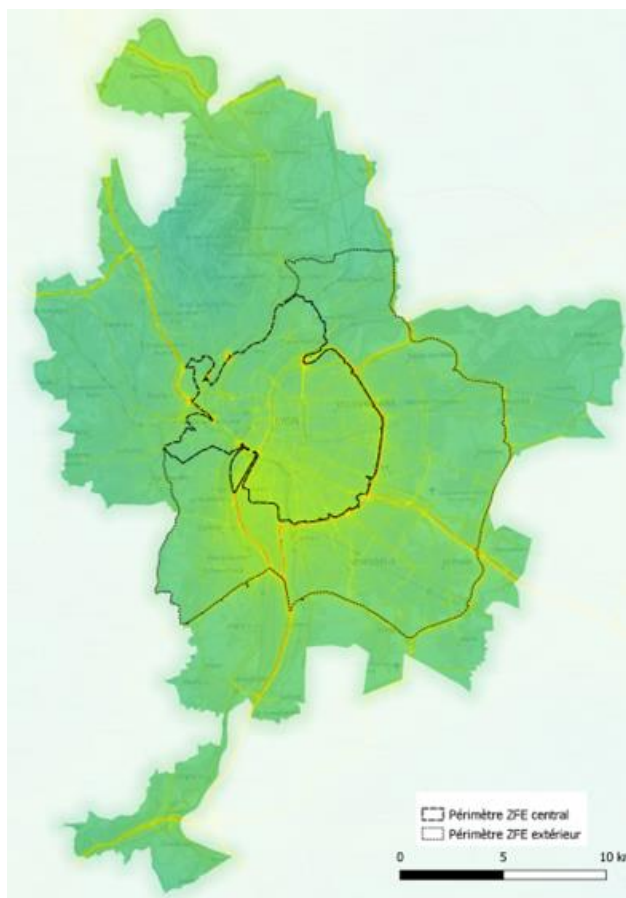


Figure 17 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO_2 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre le tendancier 2026 et le scénario ZFE-m 2026

En 2028 (avec météorologie 2017), l'extension de l'interdiction de circulation dans le périmètre central à l'ensemble des véhicules légers Crit'air 2 amène une réduction importante des concentrations de fond jusqu'à plus de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les axes structurants, et par conséquent de l'exposition des populations sur le cœur de la métropole.

CONCENTRATIONS EN NO₂ MODELISEE EN 2028
TENDANCIEL (SANS ZFE-M)



CONCENTRATIONS EN NO₂ MODELISEE EN 2028 AVEC LA
ZFE-M



Figure 18 : Moyennes annuelles des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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

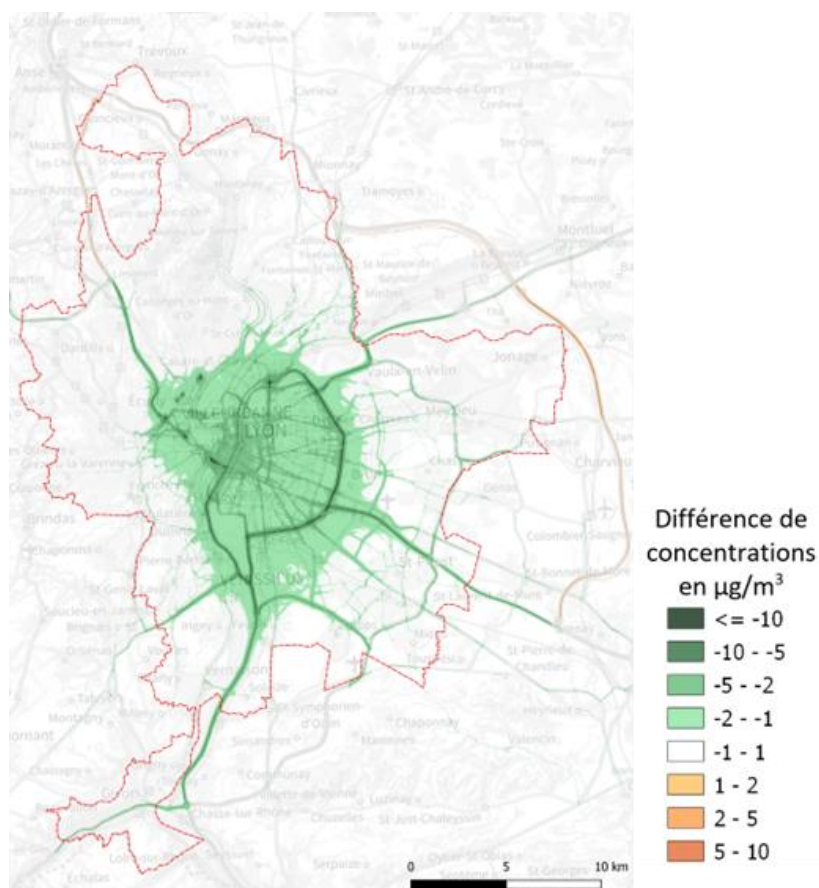


Figure 19 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO_2 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre le tendancier 2028 et le scénario ZFE-m 2028

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

L'exposition de la population au NO_2 aux différentes échéances tend à diminuer. L'action ZFE-m permet d'avoir un effet légèrement plus important qu'en situation tendancier.

En 2028, l'effet de la ZFE-m avec l'extension de l'interdiction de circulation dans le périmètre central à l'ensemble des véhicules légers Crit'Air 2 amène une baisse conséquente des concentrations et donc de l'exposition de la population soumise à un dépassement de la valeur cible OMS (environ -5%).

Métropole de Lyon	2025		2026		2028	
	référence	scénario	référence	scénario	référence	scénario
Moyenne annuelle NO_2						
Valeur limite = OMS 2005 ($>40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	150 hab 0.01%	130 hab 0.01%	50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%
Niveau recommandé OMS 2021 ($>10 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 385 400 100%	1 384 000 99.9%	1 383 700 99.8%	1 376 300 99.3%	1 367 300 98.7%	1 299 700 93.8%

Tableau 6 : Exposition de la population à des dépassements de la valeur réglementaire en dioxyde d'azote NO_2 modélisées pour le scénario tendancier (référence) et le scénario ZFE-m aux horizons 2025, 2026 et 2028.

La même tendance est constatée sur l'exposition moyenne de la population au dioxyde d'azote avec une baisse en 2028 de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le périmètre ZFE central et de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'échelle de la métropole.

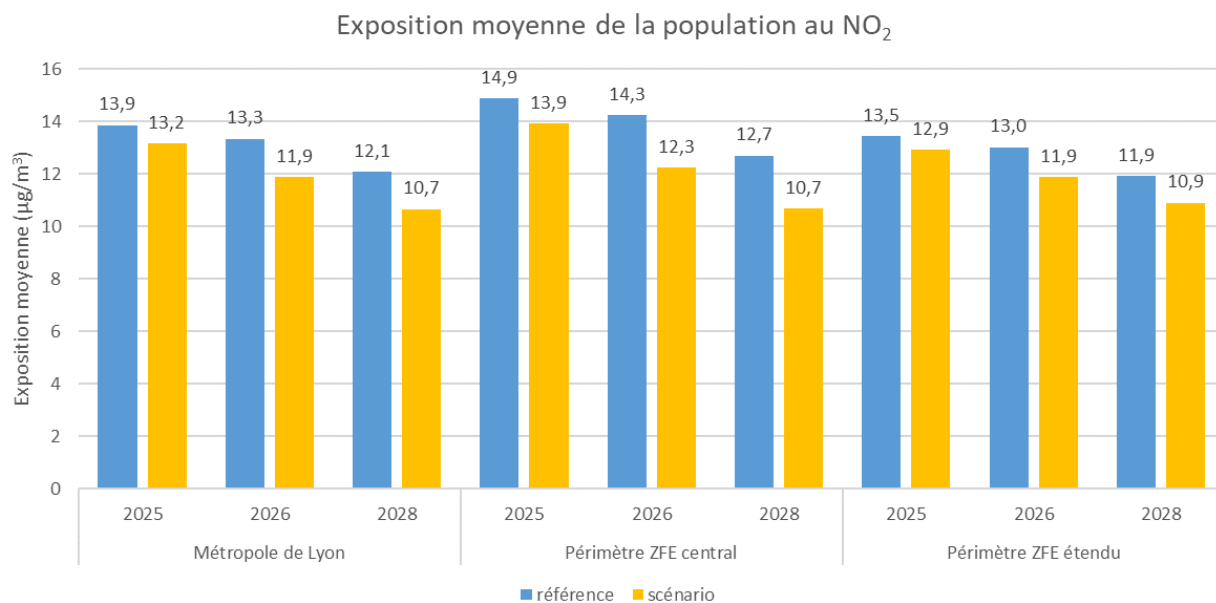


Figure 20 : Expositions moyennes au NO₂ (IPP) pour le tendancier 2025/2026/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2026/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m (central et intermédiaire)

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 à partir de l'interdiction des véhicules Crit'Air 2. Au vu des faibles modifications de concentrations, seules les cartes de concentration à 2028 pour les PM10 sont présentées.

Avec le dernier pas d'interdiction en 2028, la baisse des concentrations de particules PM10 est au maximum entre 1 et 2 µg/m³ sur les axes structurants comme le périphérique. En situation de fond, cette baisse est inférieure à 1 µg/m³.

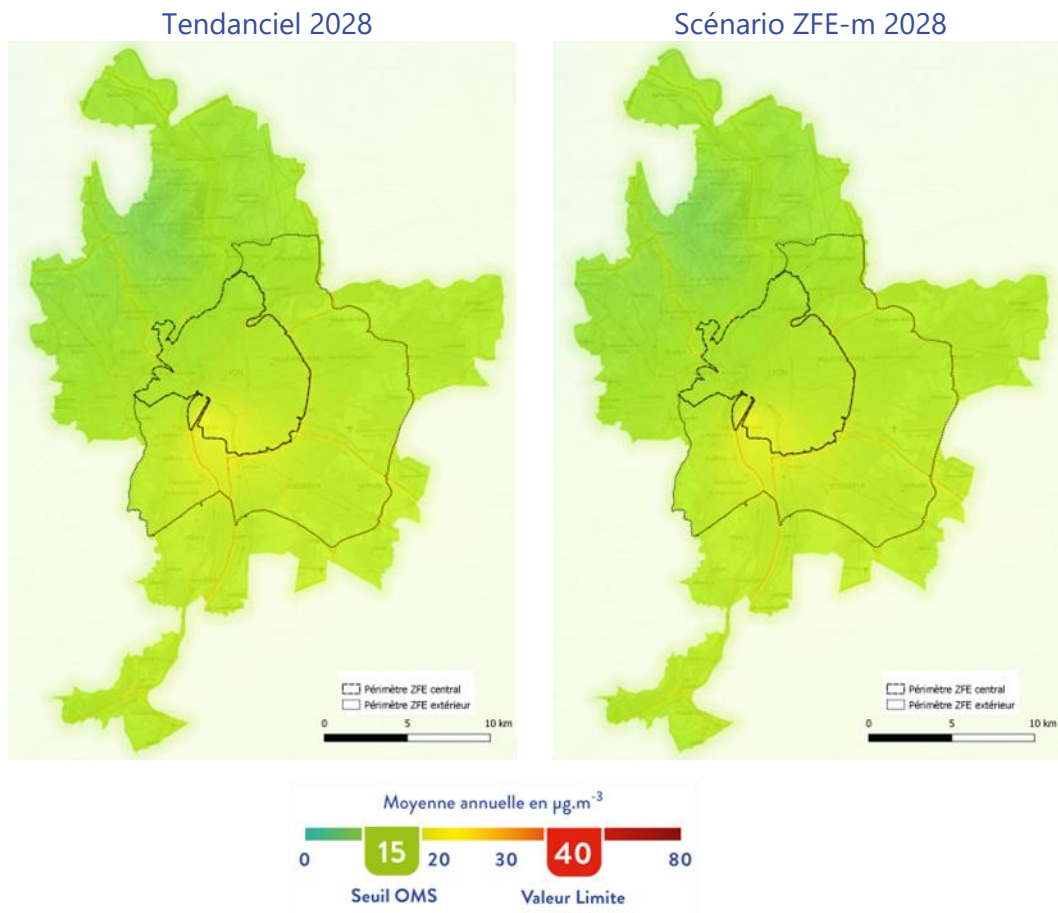


Figure 21 : Concentrations moyennes annuelles des concentrations en particules PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ déterminées pour le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028 sur la Métropole de Lyon

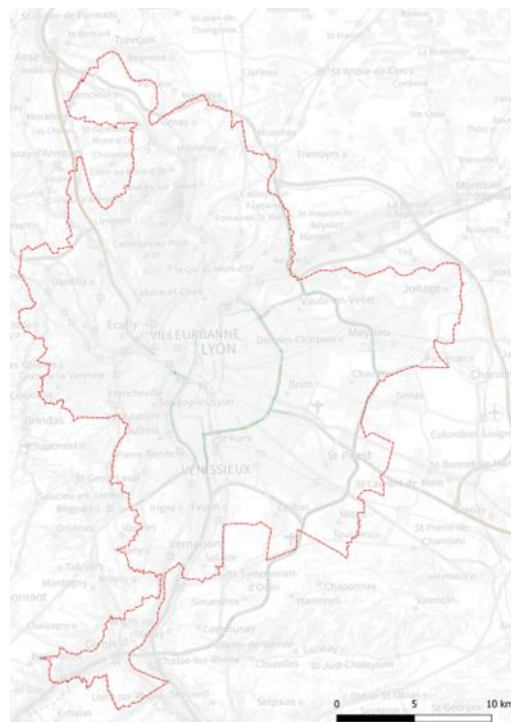


Figure 22 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028

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 différents pas d'interdiction tend à rester stable. L'action ZFE-m a un effet peu significatif par rapport à la situation tendanciel comme le traduit le Tableau 7.

Métropole de Lyon	2025		2026		2028	
	référence	scénario	référence	scénario	référence	scénario
Moyenne annuelle PM10						
Valeur limite (>40 µg/m ³)	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%
Niveau recommandé OMS 2005 (>20 µg/m ³)	188 300 13.6%	174 100 12.6%	177 400 12.8%	150 700 10.9%	171 900 12.4%	139 500 10.1%
Niveau recommandé OMS 2021 (>15 µg/m ³)	1 358 300 98.0%	1 357 000 97.9%	1 356 400 97.9%	1 354 500 97.7%	1 355 700 97.8%	1 353 100 97.6%

Tableau 7: Exposition de la population à des dépassements des recommandations OMS (2005) en particules fines PM10 modélisées pour le scénario tendanciel (référence) et le scénario ZFE-m aux horizons 2025, 2026 et 2028

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

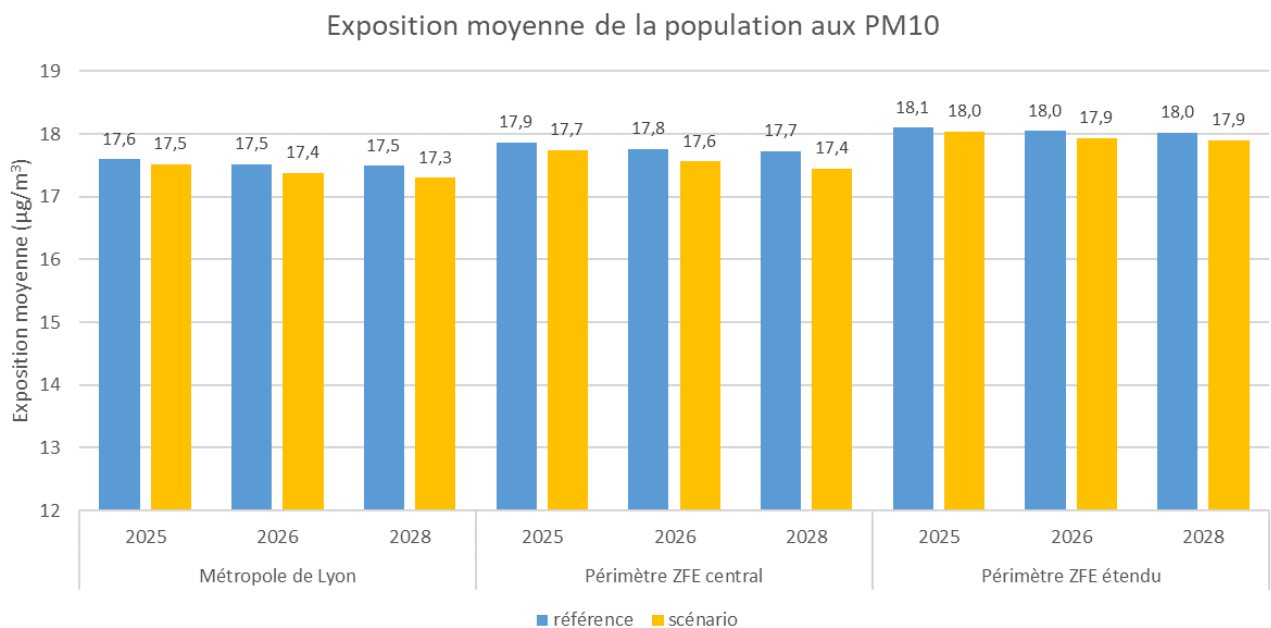


Figure 23 : Expositions moyennes au PM10 (IPP) pour le tendanciel 2025/2026/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2026/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m (central et intermédiaire)

3.2.3 Impact sur les concentrations et l'exposition aux particules fines PM_{2,5}

A l'image des particules PM₁₀, la source principale des particules PM_{2,5} n'est pas le transport routier et les niveaux de concentrations tendanciels modélisés sont très homogènes sur le territoire (Figure 24).

Il n'y a pas de dépassement de la valeur limite réglementaire de 25 µg/m³ en moyenne annuelle. La mise en place de la ZFE-m présente peu d'impact sur les concentrations (Figure 25). Un faible effet est à noter sur les axes structurants, et particulièrement sur le boulevard périphérique Laurent Bonnevey, le boulevard périphérique Nord Lyon (BNPL) et la route métropolitaine M7 avec un impact de moins de 2 µg/m³. L'effet sur les concentrations de fond est inférieur à 1 µg/m³.

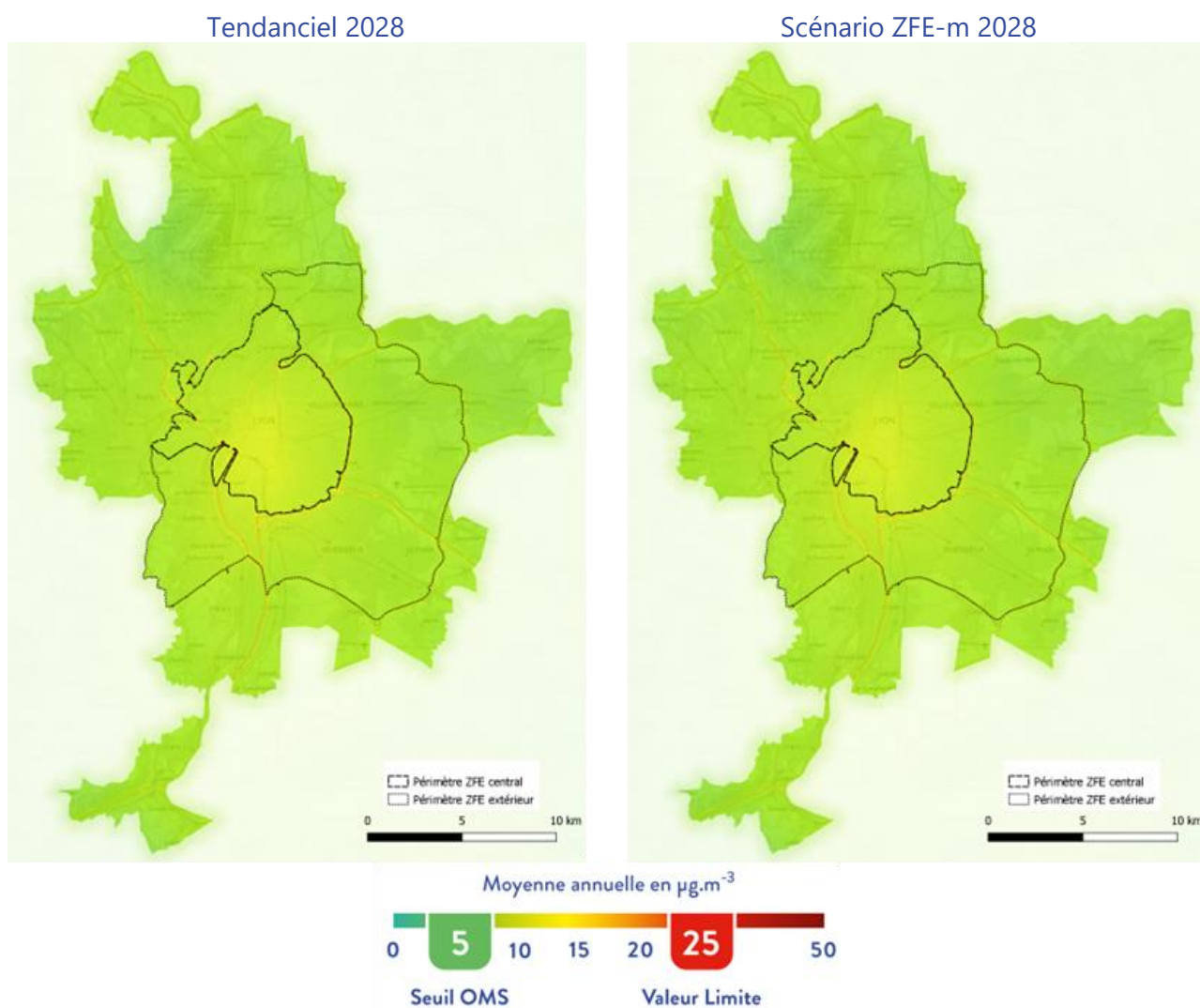


Figure 24 : Concentrations moyennes annuelles des concentrations en particules PM_{2,5} en µg/m³ déterminées pour le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028 sur la Métropole de Lyon

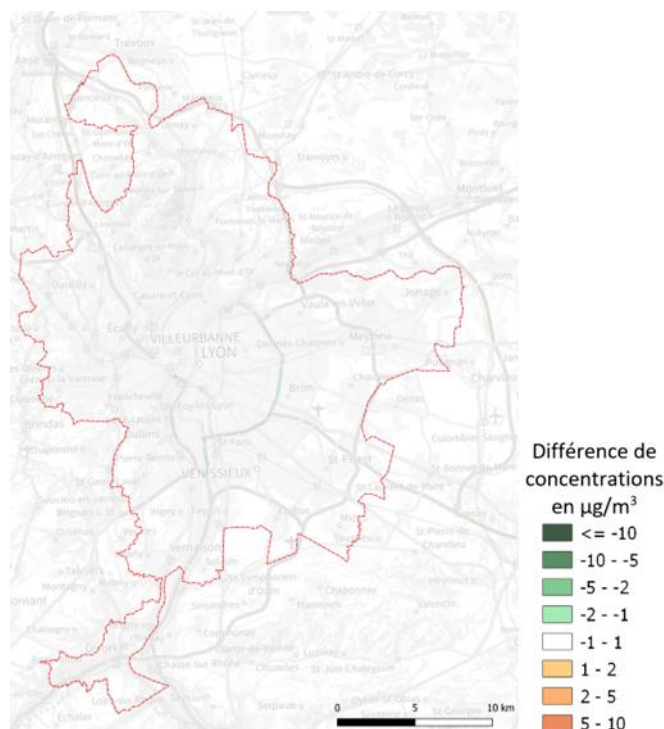


Figure 25 : Différence des concentrations moyennes annuelles particules fines PM2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre le tendanciel 2028 et le scénario ZFE-m 2028

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 tendanciel pour ce polluant comme le traduit le Tableau 8 Tableau 7.

Métropole de Lyon	2025		2026		2028	
	référence	scénario	référence	scénario	référence	scénario
Moyenne annuelle PM2,5						
Valeur limite (>25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%	<50 hab 0.00%
Niveau recommandé OMS 2005 (>10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 054 100 76.1%	1 043 400 75.3%	1 045 100 75.4%	1 022 100 73.7%	1 036 600 74.8%	1 015 000 73.2%
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%	1 385 900 100%	1 385 900 100%

Tableau 8: Exposition de la population à des dépassements des recommandations OMS (2005) en particules fines PM2.5 modélisées pour le scénario tendanciel (référence) et le scénario ZFE-m aux horizons 2025, 2026 et 2028

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

Exposition moyenne de la population aux PM2.5

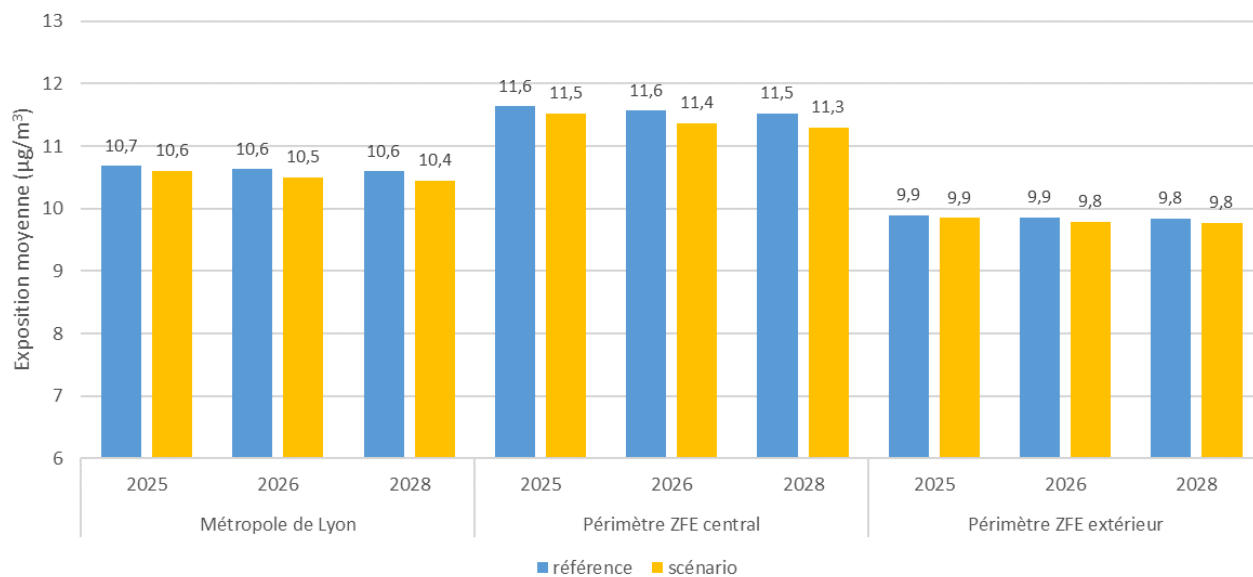


Figure 26 : Expositions moyennes au PM2.5 (IPP) pour le tendancier 2025/2026/2028 (référence) et le scénario ZFE-m 2025/2026/2028 sur les périmètres de la Métropole de Lyon et ZFE-m (central et intermédiaire)

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, 2026 et 2028 sur deux périmètres de la métropole de Lyon (centre et intermédiaire) 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 Crit'Air 4, 5 et non classé et au Crit'Air 3 depuis le 1^{er} janvier 2021, ainsi qu'aux véhicules particuliers non classés et Crit'Air 5 depuis le 1^{er} janvier 2023.

Cette restriction s'applique aux périmètres suivants existants qui concernent :

- Pour le périmètre « Centre » (existant) : Lyon, les secteurs de Villeurbanne, Bron et Vénissieux situées à l'intérieur du boulevard périphérique Laurent Bonneval,
- Pour le périmètre « Etendu » : M6/M7, boulevard périphérique Laurent Bonneval, boulevard périphérique Nord Lyon (BNPL), l'A42, l'A43 intrarocade et les communes sur la moitié Est de Lyon comprise entre Fontaines sur Saône et Sainte-Foy-lès Lyon entre le périphérique et la rocade.

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 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 47% sur le périmètre central et de 33% sur le périmètre intermédiaire en 2026 et respectivement de 69% et 41% en 2028 ;
- Une baisse globale des émissions de NO_x de 28% et 35% sur le périmètre de la Métropole en 2026 et 2028 par rapport au tendanciel.

Pour les émissions de particules fines PM_{2.5} 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 35% et 40% respectivement pour les PM₁₀ et PM_{2.5} sur le périmètre central de la ZFE-m en 2026, et de 16% et 19% en 2028. Sur le périmètre de la métropole de Lyon, la baisse des émissions est estimée à 19% pour les PM₁₀ et 16% pour les PM_{2.5} en 2028.

En situation tendancielle 2025, les concentrations de dioxyde d'azote NO₂ sont plus fortes sur le réseau routier que sur le reste du territoire. Les voies structurantes de l'agglomération (autoroute, périphérique etc) présentent les concentrations les plus élevées qui peuvent dépasser la valeur limite réglementaires de 40 µg/m³ en moyenne annuelle. Par rapport à la situation tendancielle, la mise en place des restrictions de la ZFE-m permet des gains en concentrations en NO₂ jusqu'à plus de 10 µg/m³ dont les plus forts sont observés au niveau des axes à fort trafic. Ces gains s'expliquent par les restrictions sur les véhicules Crit'Air 2 en 2026 et 2028. Sur les concentrations de fond, le gain s'élève à 1,5 µg/m³ sur le périmètre central.

En termes d'exposition des populations à des concentrations supérieures à la valeur recommandée par l'OMS, les restrictions ZFE-m permettent d'abaisser le nombre de personnes en situation de dépassement d'environ 5% en 2028 par rapport au tendanciel.

Les niveaux de concentrations des PM₁₀ et PM_{2.5} modélisées sont plus homogènes sur le territoire et seuls les axes structurants tels que la rocade et le périphérique présentent des concentrations plus

importantes. Il n'y a pas de dépassement de la valeur limite réglementaire de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.