

Évaluation des scénarios de la Zone à Faibles Émissions (ZFE) pour les Véhicules Utilitaires Légers (VUL) et les Poids Lourds (PL)

2024

Grenoble-Alpes Métropole



Diffusion : Décembre 2024

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 (2024) Évaluation des scénarios de la Zone à Faibles Émissions (ZFE) pour les Véhicules Utilitaires Légers (VUL) et les Poids Lourds (PL).**

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

- 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 des membres suivants :

Grenoble-Alpes Métropole

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.

Sommaire

1. Contexte.....	7
2. État des lieux des émissions et de la qualité de l'air sur le territoire métropolitain.....	8
2.1. Contexte réglementaire.....	8
2.2. Les émissions liées au trafic routier	9
2.2.1. Répartition des émissions des différents secteurs d'activités du territoire de la Métropole	9
2.2.2. Répartition des émissions du transport routier par type de véhicules sur le territoire de la Métropole.....	10
2.3. Concentrations et populations exposées	11
2.3.1. Dioxyde d'azote (NO ₂)	11
2.3.2. Particules fines (PM ₁₀ et PM _{2,5})	13
3. Évaluation des réductions d'émissions de polluants atmosphériques attendues par le pas d'interdiction des véhicules utilitaires légers et poids lourds Crit'Air 2	15
3.1. Cadre méthodologique de la démarche d'évaluation.....	15
3.2. Résultats des projections des parcs tendanciels et ZFE pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds entre 2024 et 2030	17
3.2.1. Projection des parcs, tendanciel et ZFE, pour les véhicules utilitaires légers	17
3.2.2. Projection des parcs, tendanciel et ZFE, pour les poids lourds	18
3.3. Méthodologie de calcul des émissions de polluants	20
3.4. Impacts de la ZFE sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre sur le territoire de la Métropole	22
3.4.1. Impacts de la ZFE sur les émissions de dioxydes d'azote (NO _x) des véhicules utilitaires légers et des poids lourds.....	22
3.4.2. Impacts de la ZFE sur les émissions de particules PM ₁₀ des véhicules utilitaires légers et des poids lourds	23
3.4.3. Impacts de la ZFE sur les émissions de particules PM _{2,5} des véhicules utilitaires légers et des poids lourds	24
3.4.4. Impacts de la ZFE sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) des véhicules utilitaires légers et des poids lourds.....	25
4. Bénéfices sanitaires attendus	26
4.1. Une diminution des niveaux de concentrations de polluants et des effets sanitaires positifs.....	26
4.1.1. Exposition de la population aux concentrations de dioxyde d'azote NO ₂	26
4.1.2. Exposition de la population aux concentrations de particules fines PM ₁₀ et PM _{2,5}	29
5. Conclusion.....	33
6. Annexes.....	35

Illustrations

Figure 1 : Périmètre et calendrier de la zone à faibles émissions véhicules utilitaires légers et poids lourds (Source : Grenoblealpesmétropole.fr) 7

Figure 2 : Répartition des émissions de NO_x, de PM₁₀, de PM_{2,5} et GES par secteur d'activité sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2021 (Source : Atmo AuRA - Inventaire v2023) 10

Figure 3 : Répartition des émissions de NO_x, de PM₁₀, de PM_{2,5} et GES par type de véhicules sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2021 (Source : Atmo AURA - Inventaire v2023) 11

Figure 4 : Carte de la concentration annuelle de NO₂ sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA) 12

Figure 5 : Carte de la concentration annuelle en particules fines (PM₁₀) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA) 13

Figure 6 : Carte de la concentration annuelle de particules fines (PM_{2,5}) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA) 14

Figure 7 : Hypothèses de renouvellement des véhicules utilitaires légers issues des données CITEPA-AME avec prise en compte de la fin de vente des véhicules légers thermiques par Atmo AuRA (Source : CITEPA/Atmo AuRA) 16

Figure 8 : Hypothèses de renouvellement des poids lourds porteurs et articulés issues des données CITEPA-AME (Source : CITEPA/Atmo AuRA) 16

Figure 9 : Hypothèses de renouvellement des véhicules utilitaires légers entrant avec la prise en compte de l'interdiction des Crit'Air 2 en 2025 (à gauche) ou en 2028 avec une anticipation du renouvellement (à droite) (Source : Atmo AuRA/GAM) 16

Figure 10 : Hypothèses de renouvellement des poids lourds porteurs (en haut) et articulés (en bas) entrant avec la prise en compte de l'interdiction des Crit'Air 2 en 2025 (à gauche) ou en 2028 avec une anticipation du renouvellement (à droite) (Source : Atmo AuRA/GAM) 17

Figure 11 : Projection du parc tendanciel de véhicules utilitaires légers à partir de l'enquête « plaques » de 2024 (Source : GAM/Atmo AuRA) 18

Figure 12 : Projections du parc de véhicules utilitaires légers à partir de l'enquête « plaques » de 2024 avec la prise en compte de l'interdiction des Crit'Air 2 en 2025 et la dérogation pour les VUL Euro 6d jusqu'en 2028 (à gauche) ou en 2028 et la dérogation pour les VUL Euro 6d jusqu'en 2030 (à droite) (Source : GAM/Atmo AuRA) 18

Figure 13 : Projection du parc tendanciel de poids lourds à partir de l'enquête « plaques » de 2024 (Source : GAM/Atmo AuRA) 19

Figure 14 : Projection du parc de poids lourds à partir de l'enquête « plaques » de 2024 avec la prise en compte de l'interdiction des Crit'Air 2 en 2025 (à gauche) ou en 2028 (à droite) (Source : GAM/Atmo AuRA) 19

Figure 15 : Modèle trafic utilisé pour calculer les émissions de polluants du trafic routier (Source : AURG/SMMAG) 20

Figure 16 : Répartition des compositions de parc en fonction de différentes zones (Source : Atmo AuRA/GAM) 21

Figure 17 : Réductions d'émissions de NO_x, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole (Source : Atmo AuRA) 22

Figure 18 : Réductions d'émissions de PM10, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole (Source : Atmo AuRA)	23
Figure 19 : Réductions d'émissions de PM2,5, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole (Source : Atmo AuRA)	24
Figure 20 : Réductions d'émissions de GES, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole (Source : Atmo AuRA)	25
Figure 21 : Cartes de la concentration annuelle moyenne du dioxyde d'azote (NO ₂) pour la situation de référence 2023, le scénario tendanciel en 2030 et les deux scénarios ZFE en 2030 (Source : Atmo AuRA)	27
Figure 22 : Ecart en concentration des scénarios ZFE à horizon 2030 par rapport au scénario tendanciel 2030 : mise en place de l'interdiction de circulation des VUL et PL Crit'Air 2 et plus en 2025 (à gauche) et en 2028 (à droite) (Source : Atmo AuRA)	28
Figure 23 : Distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote (NO ₂) pour la situation de référence 2023, le scénario tendanciel en 2030, le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2025 et le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2028 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)	29
Figure 24 : Cartes de la concentration annuelle moyenne des particules PM10 pour la situation de référence 2023 et le scénario tendanciel en 2030 (Source : Atmo AuRA)	30
Figure 25 : Distribution de l'exposition de la population aux particules PM10 pour la situation de référence 2023, le scénario tendanciel en 2030, le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2025 et le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2028 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)	31
Figure 26 : Cartes de la concentration annuelle moyenne des particules PM2,5 pour la situation de référence 2023 et le scénario tendanciel en 2030 (Source : Atmo AuRA)	31
Figure 27 : Distribution de l'exposition de la population aux particules PM2,5 pour la situation de référence 2023, le scénario tendanciel en 2030, le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2025 et le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2028 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)	32
Figure 28 : Plan du périmètre et calendrier de la ZFE véhicules particuliers et deux-roues motorisés avec les 13 communes concernées et les VRU exclues du périmètre (Source : grenoblealpesmetropole.fr)	35
Figure 29 : Chaîne de calcul des émissions d'Atmo AURA	36
Figure 30 : Chaîne de calcul des émissions de transports routiers d'Atmo AURA	37
Figure 31 : Chaîne de modélisation des concentrations de polluants d'Atmo AURA	38
Figure 32 : Réductions d'émissions de NOx, pour tous les véhicules, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)	39
Figure 33 : Réductions d'émissions de PM10, pour tous les véhicules, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)	40
Figure 34 : Réductions d'émissions de PM2,5, pour tous les véhicules, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)	40
Figure 35 : Réductions d'émissions de GES, pour tous les véhicules, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)	41

1. Contexte

Grenoble-Alpes Métropole a mis en place à partir de février 2019 une Zone à Faibles Emissions (ZFE) pour les véhicules utilitaires légers (VUL) et les poids lourds (PL) sur un périmètre de 27 communes (Figure 1). La première étape de cette ZFE était l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 5 et non classés en 2019, puis des Crit'Air 4 en 2020 et enfin des VUL et PL Crit'Air 3 en juillet 2022. La prochaine étape prévue était l'interdiction de circulation des Crit'Air 2 en juillet 2025.

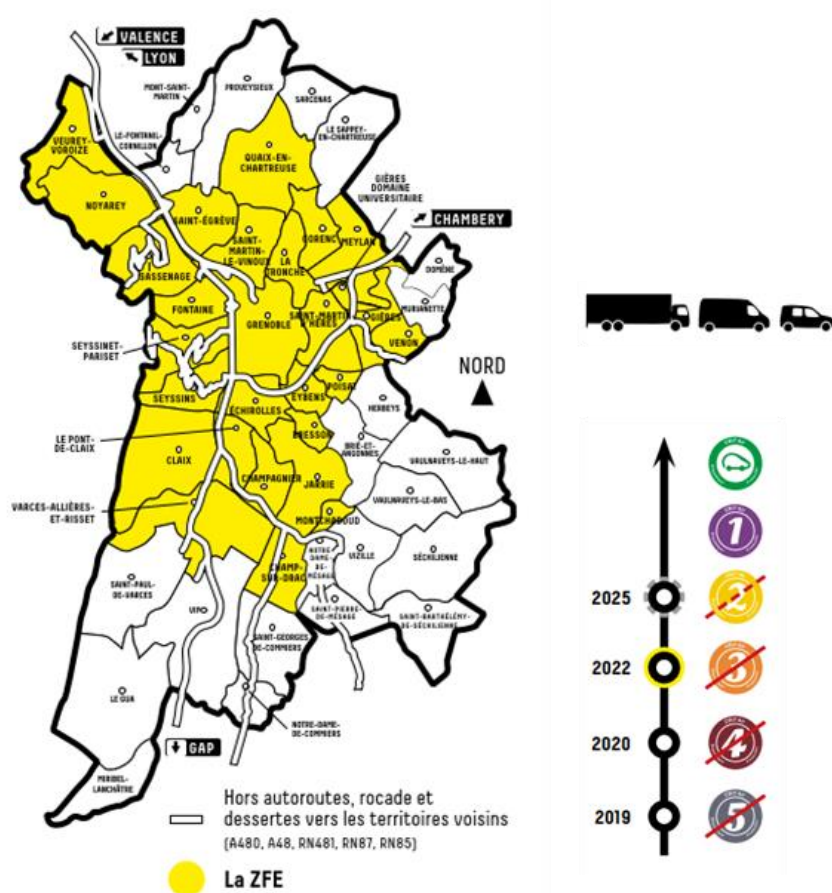


Figure 1 : Périmètre et calendrier de la zone à faibles émissions véhicules utilitaires légers et poids lourds (Source : Grenoblealpesmétropole.fr)

Cependant, en lien avec les 27 communes concernées par l'application de la zone à faibles émissions (ZFE), la métropole a entamé un travail de révision du calendrier de restriction concernant les véhicules utilitaires légers et les poids lourds Crit'Air 2. En effet, les solutions de remplacement disponibles pour les propriétaires de ces véhicules restent insuffisantes à l'heure actuelle. L'offre demeure en deçà des besoins des entreprises, et parfois inadaptée (autonomie des véhicules, charge utile) ou jugée trop coûteuse. Par pragmatisme, et en cohérence avec les calendriers des autres métropoles concernées, la Métropole entame donc le décalage de la mise en œuvre de cette nouvelle étape de la ZFE, initialement prévue en juillet 2025, pour le mois de juillet 2028¹.

¹ <https://www.grenoblealpesmetropole.fr/546-circuler-dans-la-zone-a-faibles-emissions-zfe.htm>

2. État des lieux des émissions et de la qualité de l'air sur le territoire métropolitain

La région grenobloise est une zone particulièrement sensible à la pollution de l'air, notamment en raison d'un relief et d'une climatologie défavorables à la dispersion atmosphérique, associés à des rejets de polluants importants liés principalement au chauffage au bois non performant, au trafic routier et à l'activité industrielle. C'est particulièrement le cas pour trois polluants, qui ont connu des dépassements des seuils réglementaires et des seuils de référence : le dioxyde d'azote (NO₂), les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) et l'ozone (O₃).

Cette partie présente une description de l'état initial de la qualité de l'air, ainsi qu'une évaluation de la population exposée à des dépassements des valeurs réglementaires, des valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), définies en 2021, ainsi que des futures valeurs réglementaires prévues en 2030 par la nouvelle directive européenne, pour les concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) et de particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole en 2023.

2.1. Contexte réglementaire

Actuellement, les concentrations de certains polluants dans l'atmosphère sont régies par des directives européennes, retranscrites en droit français par des décrets ou des arrêtés. Des valeurs limites sont ainsi définies, représentant les niveaux de concentration à ne pas dépasser, dans le but d'éviter, prévenir ou réduire les impacts sur la santé humaine ou l'environnement.

Parallèlement, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) publie régulièrement des lignes directrices relatives à la qualité de l'air pour la protection de la santé. Les seuils recommandés représentent des niveaux d'exposition en dessous desquels aucun effet nocif sur la santé humaine ou les végétaux n'a été observé. La dernière mise à jour de ces valeurs guides, en septembre 2021², présente des données montrant les effets néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé, à des concentrations encore plus faibles qu'admis auparavant.

En septembre 2024, le Parlement Européen a adopté le projet de révision de la directive européenne sur la qualité de l'air, qui a ensuite été validé ensuite par le Conseil de l'Europe en octobre 2024, ce qui a permis sa publication au Journal Officiel Européen en novembre 2024, et ainsi son entrée en vigueur. Les nouvelles valeurs réglementaires visent à s'aligner davantage sur les valeurs guides de l'OMS, bien qu'elles ne les atteignent pas directement dans un premier temps.

² Valeurs guides OMS 2021 :

<https://www.who.int/fr/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>

Le Tableau 1 présente une description des différents seuils réglementaires actuels, des valeurs guides de l'OMS, ainsi que des valeurs de la future directive européenne.

Tableau 1 : Valeurs réglementaires, valeurs guides OMS et projet de future réglementation européenne pour le NO₂ et les particules fines (PM10 et PM2,5)

Polluants	Paramètre	Seuil réglementaire	Valeur guide OMS	Nouvelle directive européenne : valeur 2030
NO₂	Concentration annuelle moyenne	40 µg/m ³	10 µg/m ³	20 µg/m ³
PM10	Concentration annuelle moyenne	40 µg/m ³	15 µg/m ³	20 µg/m ³
PM2,5	Concentration moyenne annuelle	25 µg/m ³	5 µg/m ³	10 µg/m ³

2.2. Les émissions liées au trafic routier

2.2.1. Répartition des émissions des différents secteurs d'activités du territoire de la Métropole

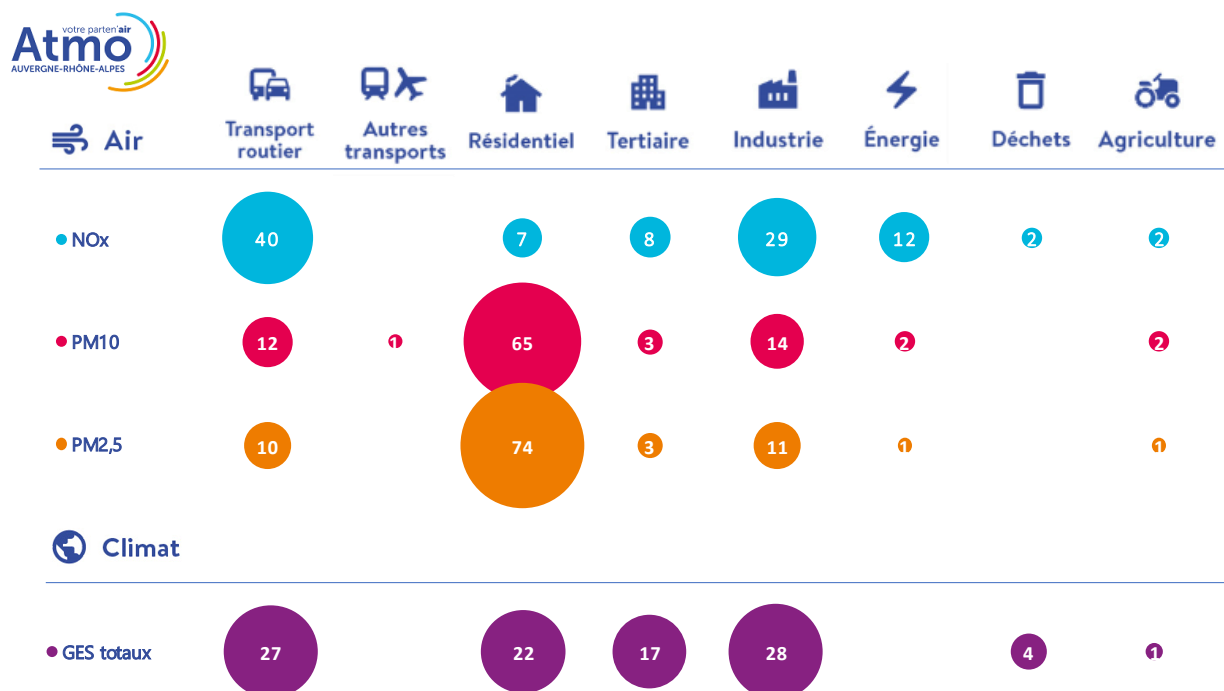
La Figure 2 illustre les répartitions des émissions de polluants ayant des effets sanitaires, tels que les oxydes d'azote (NOx), les particules fines PM10 et PM2,5, ainsi que les gaz à effet de serre (GES), sur le territoire de l'agglomération grenobloise pour l'année 2021. Cette représentation permet de mieux comprendre la contribution relative de chaque secteur d'activité dans l'émission de ces polluants, en mettant en évidence les sources principales de pollution atmosphérique et de GES sur le territoire.

Le transport routier est la principale source d'émission d'oxydes d'azote (NOx) sur le territoire, représentant environ 40% des émissions totales. Cette contribution majeure fait du secteur du transport un facteur clé dans la dégradation de la qualité de l'air, particulièrement en milieu urbain, où les concentrations de NOx peuvent atteindre des niveaux préoccupants pour la santé publique. En ce qui concerne les particules fines, le transport routier est responsable d'une part significative des émissions, avec environ 12% des émissions de PM10 et 10% des émissions de PM2,5 à l'échelle du territoire.

Pour les gaz à effet de serre (GES), le transport routier représente environ 27% des émissions totales en 2021. Cette part élevée reflète l'empreinte carbone importante des véhicules thermiques.

Il est important de noter que ces émissions ne sont pas exclusivement imputables au secteur du transport routier. D'autres secteurs, tels que le résidentiel, le tertiaire, l'énergie et l'industrie, contribuent également aux émissions de polluants atmosphériques et de GES.

Contribution des différentes activités dans les émissions polluantes en % - CU (38) Métropole Grenoble-Alpes-Métropole (2021)



Source : Inventaire régional Atmo Auvergne-Rhône-Alpes v2023

Figure 2 : Répartition des émissions de NOx, de PM10, de PM2,5 et GES par secteur d'activité sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2021 (Source : Atmo AuRA - Inventaire v2023)

2.2.2. Répartition des émissions du transport routier par type de véhicules sur le territoire de la Métropole

Les répartitions des émissions de NOx, de PM10, de PM2,5 et de gaz à effet de serre (GES) par type de véhicules sur Grenoble-Alpes Métropole en 2021 révèlent des informations essentielles sur la pollution liée au transport routier dans cette région. Il en ressort que les véhicules particuliers représentent une part prépondérante dans l'émission de polluants, étant responsables de 54% des émissions de NOx, environ 70% des émissions de particules fines (PM10 et PM2,5), et environ 61% des émissions de GES. Ces données sont d'autant plus significatives qu'elles correspondent à une proportion élevée de kilomètres parcourus : les véhicules particuliers couvrent en effet 77% du total des distances parcourues par l'ensemble du transport routier.

Cependant, malgré leur faible part dans les kilomètres parcourus sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole, qui avoisine seulement 5%, les poids lourds jouent un rôle disproportionné dans les émissions de polluants. En effet, ils sont responsables d'environ 9% des émissions de NOx, d'environ 14% des émissions de PM10 et de 12% des émissions de PM2,5, ainsi que d'environ 17% des émissions de GES.

Un phénomène similaire est observé pour les véhicules utilitaires légers (VUL), qui représentent 16% des kilomètres parcourus dans la métropole. Bien que leur part en termes de distance parcourue soit plus importante que celle des poids lourds, leur impact en matière d'émissions est également notable. Ces véhicules contribuent à hauteur d'environ 34% des émissions de NOx, 15% des émissions de particules fines (PM10 et PM2,5), et environ 18% des émissions de gaz à effet de serre (GES) (Figure 3).

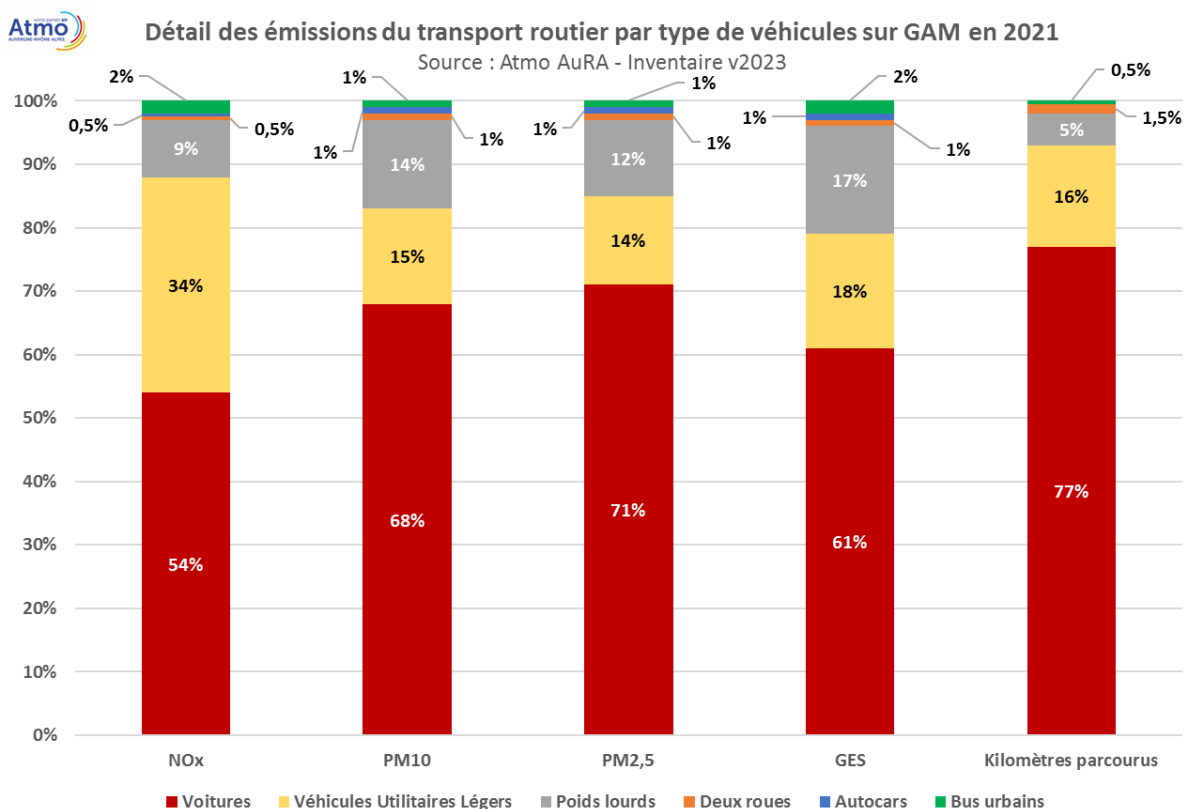


Figure 3 : Répartition des émissions de NOx, de PM10, de PM2,5 et GES par type de véhicules sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2021 (Source : Atmo AURA - Inventaire v2023)

2.3. Concentrations et populations exposées

2.3.1. Dioxyde d'azote (NO₂)

La Figure 4 présente une carte détaillée illustrant la concentration annuelle de dioxyde d'azote (NO₂) sur le territoire de la Métropole grenobloise pour l'année 2023. Cette carte permet de visualiser les variations des niveaux de pollution à travers différents secteurs géographiques de la métropole, en mettant particulièrement en évidence les zones les plus affectées par la circulation routière. Les zones situées à proximité des axes de circulation, notamment les grands boulevards, les artères principales et les zones urbaines densément peuplées, sont particulièrement exposées à des concentrations de NO₂ qui sont proches, voire supérieures, de la valeur limite réglementaire établie pour la qualité de l'air.

Tableau 2 : Part de la population exposée à un dépassement de la valeur limite réglementaire, du seuil de l'OMS et de la potentielle future valeur réglementaire pour le NO₂ (Source : Atmo AuRA)

2023	Part de la population exposée à un dépassement		
	Valeur limite réglementaire	Future valeur réglementaire (nouvelle directive européenne)	Seuil OMS
NO ₂	0%	2,5%	91%

En 2023, aucun habitant du territoire de Grenoble-Alpes Métropole n'est exposé à des niveaux de dioxyde d'azote (NO_2) dépassant la valeur limite réglementaire fixée à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cependant, une part significative de la population est confrontée à des concentrations bien supérieures aux seuils recommandés pour une qualité de l'air optimale. En effet, 91% des habitants sont exposés à des concentrations dépassant la valeur guide de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) de 2021, qui est de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De plus, 2,5% de la population vit dans des zones où les concentrations de NO_2 dépassent la future valeur réglementaire prévue en 2030 par la directive européenne à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau 2).

Ces populations exposées sont présentes en particulier dans les zones urbaines densément peuplées et à proximité des axes de circulation importants.

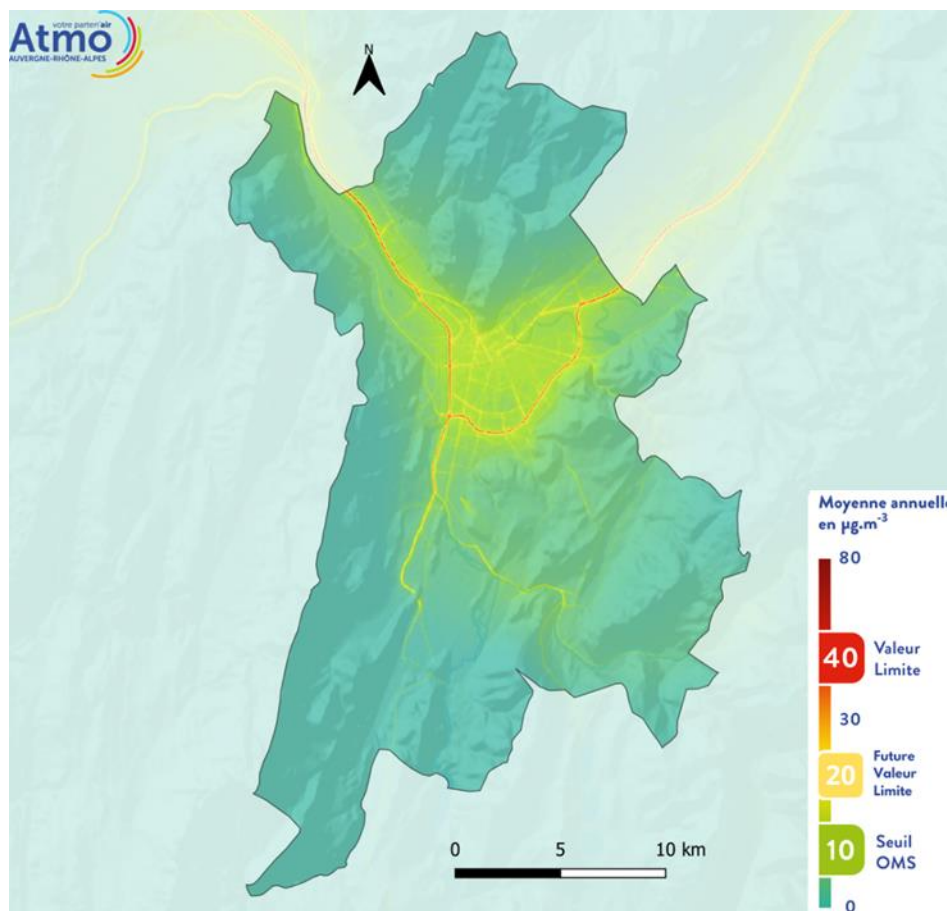


Figure 4 : Carte de la concentration annuelle de NO_2 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA)

2.3.2. Particules fines (PM10 et PM2,5)

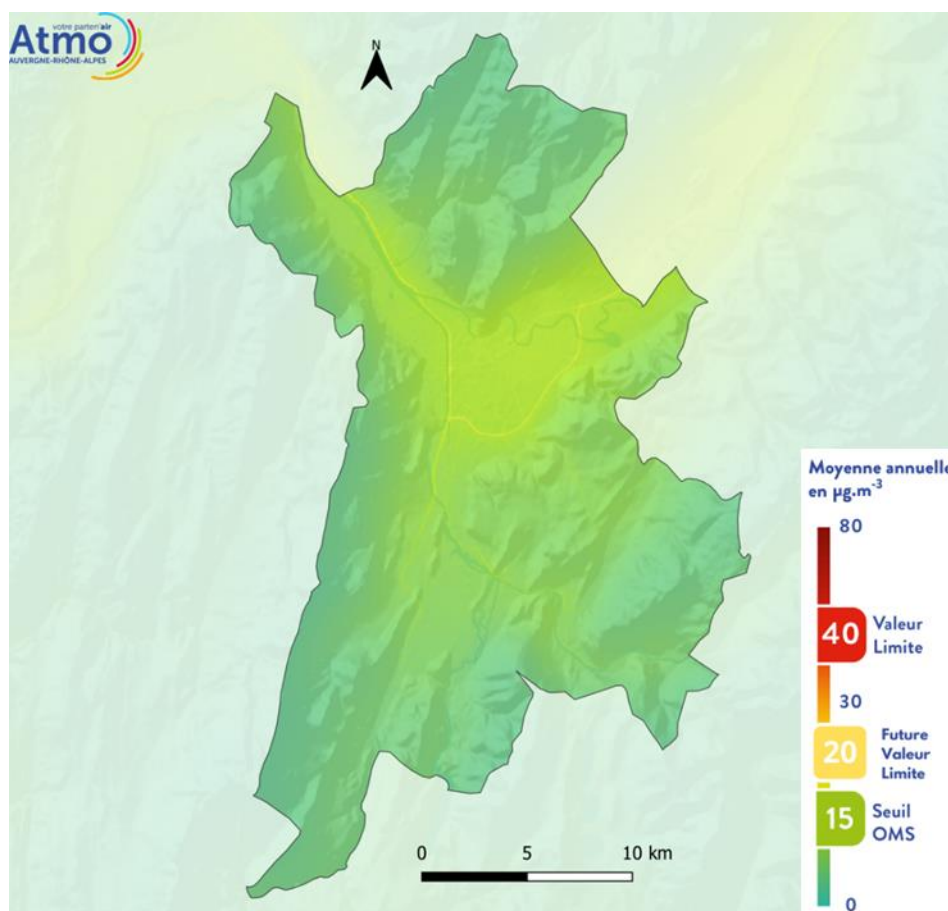


Figure 5 : Carte de la concentration annuelle en particules fines (PM10) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA)

En 2023, aucun habitant du territoire de la métropole grenobloise n'est exposé à des concentrations dépassant la valeur limite réglementaire pour les particules fines PM10 ($40 \mu\text{g/m}^3$) et PM2,5 ($25 \mu\text{g/m}^3$), ce qui montre que la population n'est pas exposée à des niveaux dépassant les seuils actuels. Cette tendance est également observée par rapport à la valeur de la future directive européenne pour les PM10, fixée en 2030 à $20 \mu\text{g/m}^3$, pour laquelle aucun habitant n'est exposé à un dépassement de ce seuil. Cependant, en ce qui concerne les PM2,5, 28% de la population est exposée à des concentrations supérieures à la future valeur limite de la directive européenne prévue à $10 \mu\text{g/m}^3$ en 2030. En ce qui concerne les seuils recommandés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 64% de la population est exposée à un dépassement du seuil pour les PM10, fixé à $15 \mu\text{g/m}^3$, tandis que pour les PM2,5, 100% de la population est exposée à des concentrations supérieures au seuil recommandé par l'OMS, qui est de $5 \mu\text{g/m}^3$ (Tableau 3).

Tableau 3 : Part de la population exposée à un dépassement de la valeur limite réglementaire, du seuil de l'OMS et de la potentielle future valeur réglementaire pour les PM10 et les PM2,5 (Source : Atmo AuRA)

2023	Part de la population exposée à un dépassement		
	Valeur limite réglementaire	Future valeur réglementaire (nouvelle directive européenne)	Seuil OMS
PM10	0%	0%	64%
PM2,5	0%	28%	100%

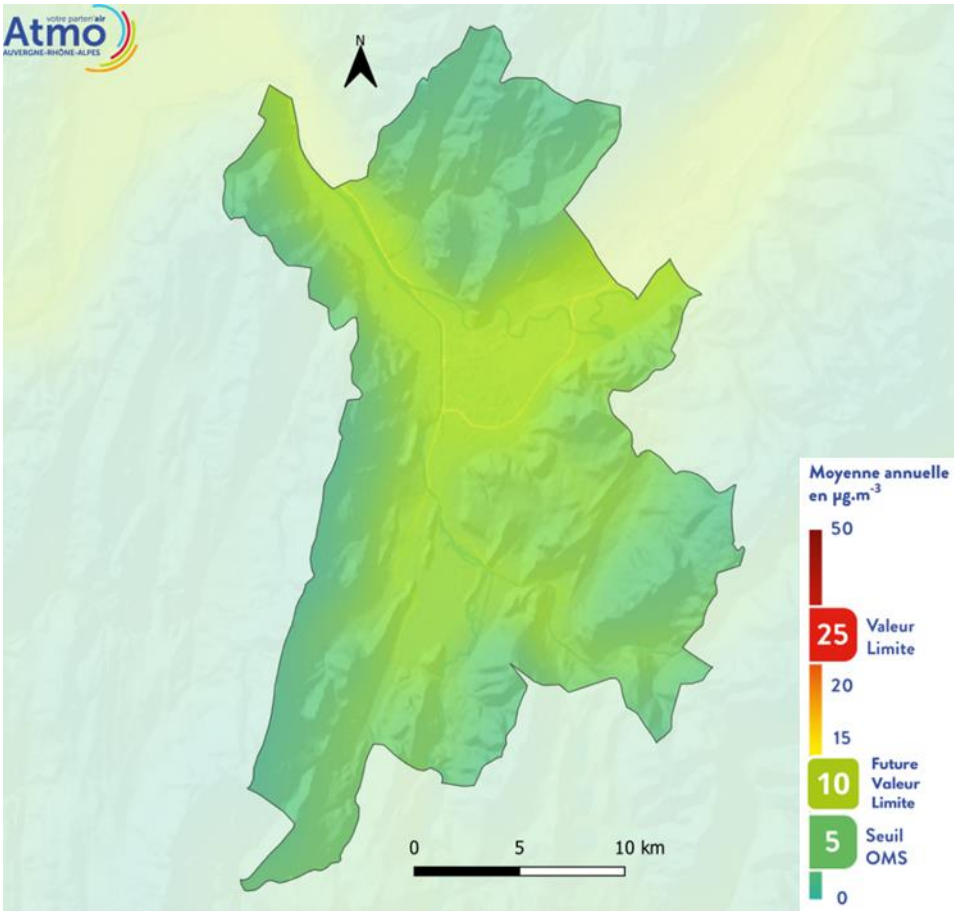


Figure 6 : Carte de la concentration annuelle de particules fines (PM2,5) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA)

3. Évaluation des réductions d'émissions de polluants atmosphériques attendues par le pas d'interdiction des véhicules utilitaires légers et poids lourds Crit'Air 2

3.1. Cadre méthodologique de la démarche d'évaluation

Cette partie présente l'évaluation des effets de la ZFE sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre sur le périmètre du territoire de Grenoble-Alpes Métropole pour deux scénarios ZFE, ainsi qu'une évaluation des effets sur l'exposition des populations.

Les deux scénarios étudiés pour la ZFE sont :

- En 2025 : interdiction des VUL et PL Crit'Air 2 sur les 27 communes du périmètre en dehors des VRU et des voies exemptées ;
- En 2028 : interdiction des VUL et PL Crit'Air 2 sur les 27 communes du périmètre en dehors des VRU et des voies exemptées.

L'évaluation des effets de la ZFE est réalisée en comparant un scénario tendanciel et un scénario ZFE, qui prend en compte les restrictions.

Le parc local de véhicules roulants, utilisé pour les différents scénarios, se base sur des projections de l'enquête « plaques » réalisée en février 2024 :

- de façon tendancielle en utilisant des hypothèses de renouvellement national et local des véhicules qui sortent du parc et qui sont remplacés, hypothèses mises en place par le CITEPA et utilisées dans l'outil de projection de parcs de véhicules d'Atmo AuRA (Mocat Parc) (Figure 7 et Figure 8). Est également prise en compte l'interdiction de vente des véhicules légers thermiques (véhicules particuliers et véhicules utilitaires légers) à partir de 2035, votée par l'Union Européenne en 2023. Cette interdiction n'est pas incluse dans les hypothèses de renouvellement pour le scénario CITEPA-AME (Avec Mesures Existantes) v2024 car ce scénario inclut toutes les mesures adoptées ou exécutées jusqu'au 31 décembre 2021. Le choix a été fait par Atmo AuRA d'utiliser, dans tous les projets de mobilités nécessitant des projections de parcs, les nouvelles hypothèses qui prennent en compte l'interdiction de vente des véhicules thermiques à partir de 2035.
- ou en prenant en compte les étapes de la ZFE : les hypothèses de renouvellement estimées pour chaque pas d'interdiction ont été validées conjointement avec Grenoble Alpes Métropole (Figure 9 et Figure 10).

Pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE, les parcs de véhicules particuliers (VP) et de deux-roues motorisés (2RM) sont pris en compte avec la mise en place de la ZFE VP/2RM, et son calendrier de restriction : depuis le 1^{er} janvier 2024, les véhicules avec une vignette Crit'Air 4 et plus ne peuvent plus circuler sur le périmètre de la ZFE, qui comprend 13 communes de la Métropole en excluant les VRU (Annexe 1). Puis, à partir du 1^{er} janvier 2025, cette interdiction s'étendra aux VP et 2RM Crit'Air 3.

Cette comparaison permet de mettre en évidence les réductions d'émissions liées à la mise en place de la ZFE par rapport à l'évolution tendancielle du parc, puis les impacts sur la population exposée aux concentrations des différents polluants.

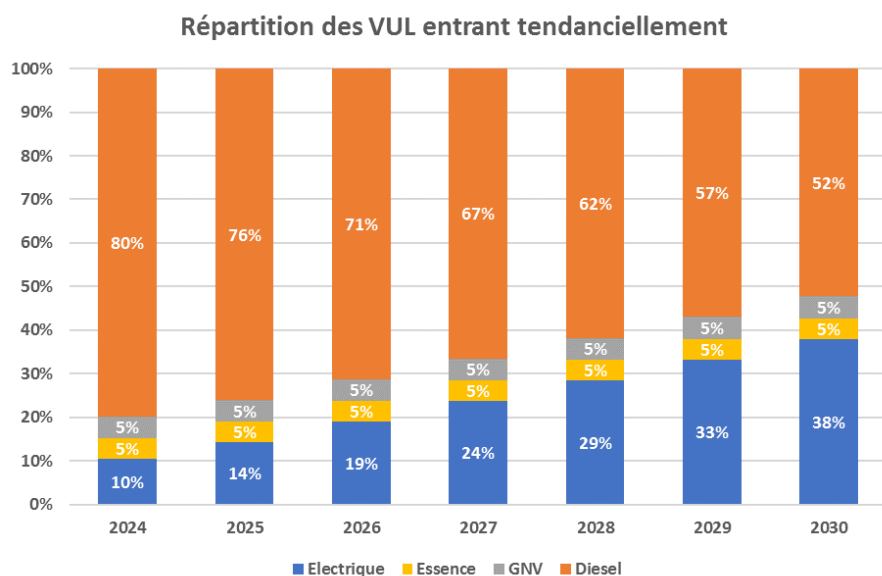


Figure 7 : Hypothèses de renouvellement des véhicules utilitaires légers issues des données CITEPA-AME avec prise en compte de la fin de vente des véhicules légers thermiques par Atmo AuRA (Source : CITEPA/Atmo AuRA)

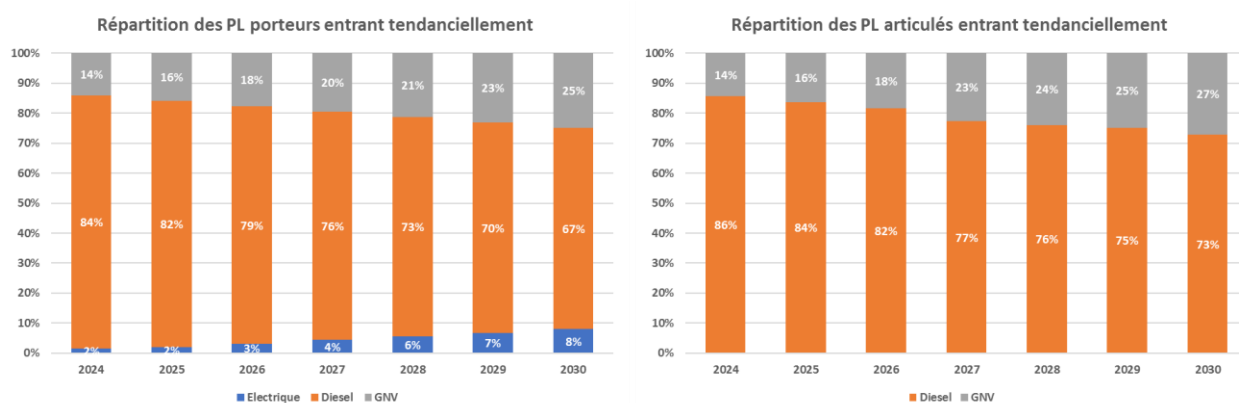


Figure 8 : Hypothèses de renouvellement des poids lourds porteurs et articulés issues des données CITEPA-AME (Source : CITEPA/Atmo AuRA)

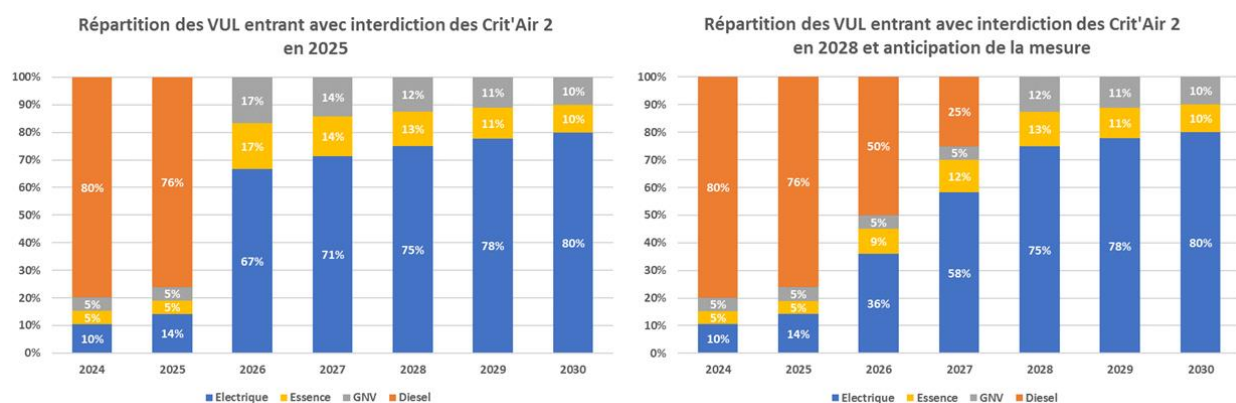


Figure 9 : Hypothèses de renouvellement des véhicules utilitaires légers entrant avec la prise en compte de l'interdiction des Crit'Air 2 en 2025 (à gauche) ou en 2028 avec une anticipation du renouvellement (à droite) (Source : Atmo AuRA/GAM)

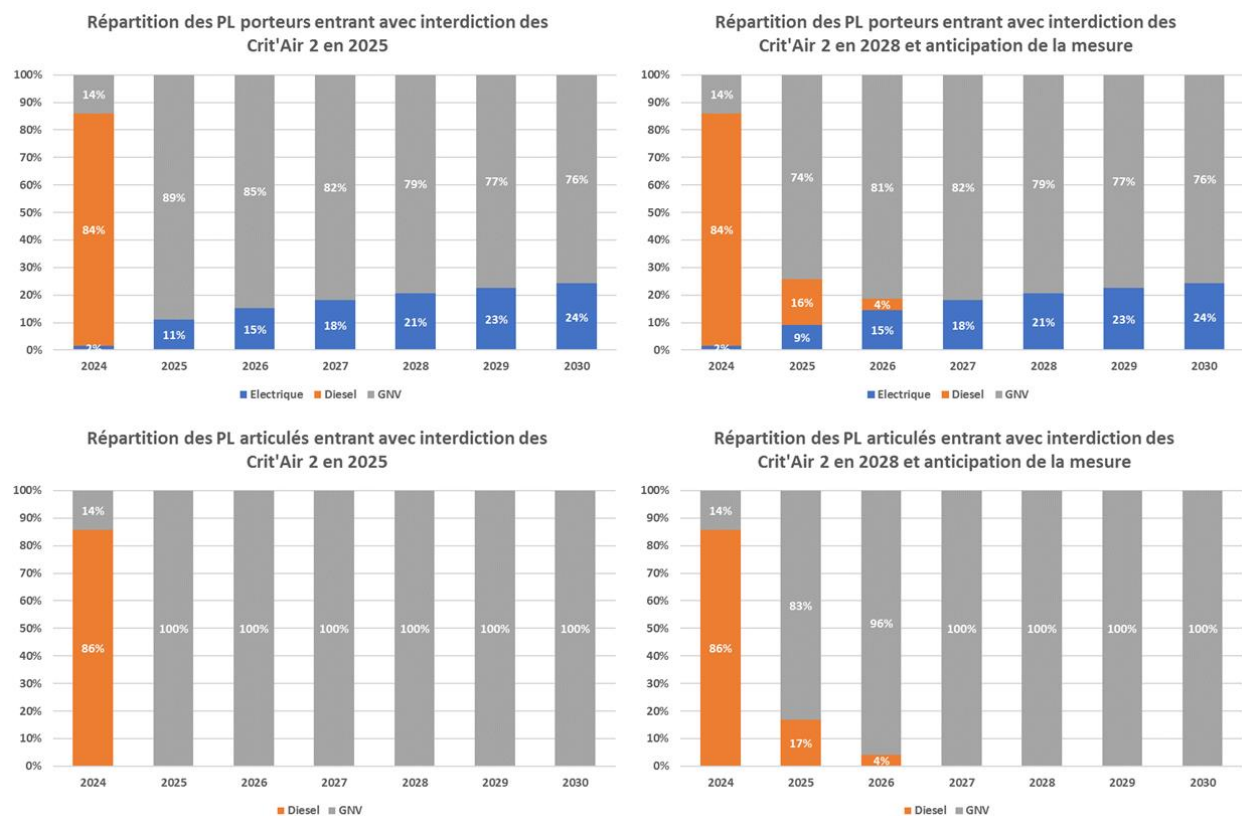


Figure 10 : Hypothèses de renouvellement des poids lourds porteurs (en haut) et articulés (en bas) entrant avec la prise en compte de l'interdiction des Crit'Air 2 en 2025 (à gauche) ou en 2028 avec une anticipation du renouvellement (à droite) (Source : Atmo AuRA/GAM)

3.2. Résultats des projections des parcs tendanciels et ZFE pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds entre 2024 et 2030

3.2.1. Projection des parcs, tendanciel et ZFE, pour les véhicules utilitaires légers

La Figure 11 montre l'évolution tendancielle du parc de véhicules utilitaires légers sur le territoire de la métropole à partir des données de l'enquête « plaques » de 2024 et jusqu'en 2030.

En 2024, les VUL ayant une vignette Crit'Air 3 et plus représentent environ 21% du parc, les véhicules Crit'Air 2 représentent plus de 72% et les véhicules Crit'Air 1 et électriques sont présents à hauteur de 6%.

En 2030, sans mise en place d'une étape supplémentaire de la ZFE, le pourcentage de véhicules Crit'Air 3 et plus descendrait à 11% avec la quasi-disparition des Crit'Air 5 et non classés, les Crit'Air 2 seraient assez stables avec 73% de présence dans le parc, et les pourcentages de Crit'Air 1 et électriques augmenteraient pour atteindre respectivement 7% et 10% du parc.

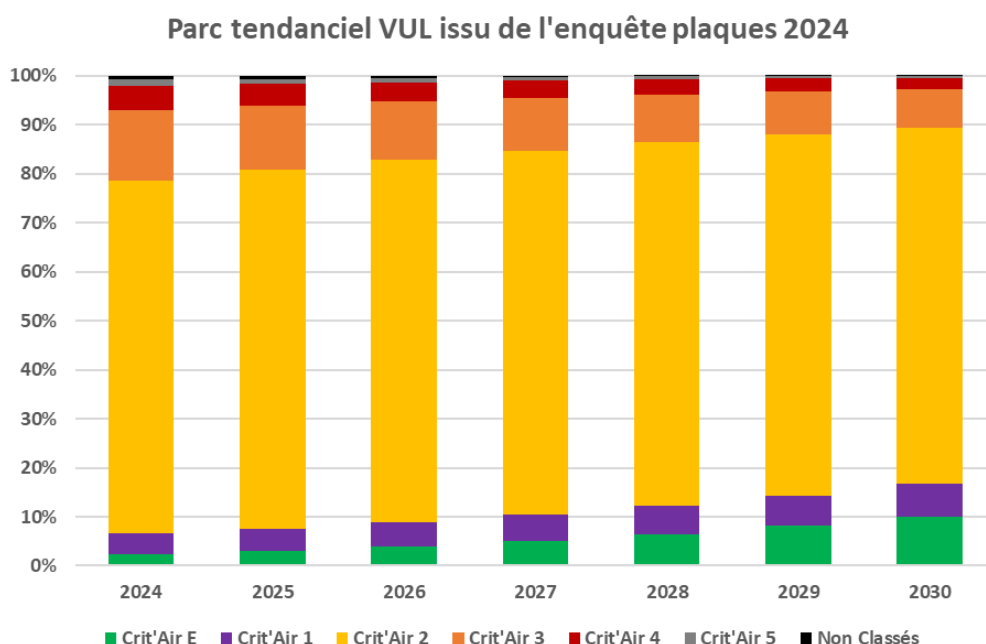


Figure 11 : Projection du parc tendanciel de véhicules utilitaires légers à partir de l'enquête « plaques » de 2024 (Source : GAM/Atmo AuRA)

La mise en place de la dernière étape de la ZFE en 2025 ou en 2028 correspond à l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 2, et d'une dérogation pour les VUL Euro 6d respectivement jusqu'en 2028 ou jusqu'en 2030. Ces véhicules seraient majoritairement remplacés par des véhicules Crit'Air 1 et électriques qui représenteraient respectivement 23% et 67% du parc en 2030 (Figure 12). Les véhicules Crit'Air 2 et plus restant en 2030 seraient des véhicules, soit dérogés, soit qui ne respecteraient pas l'interdiction de circulation.

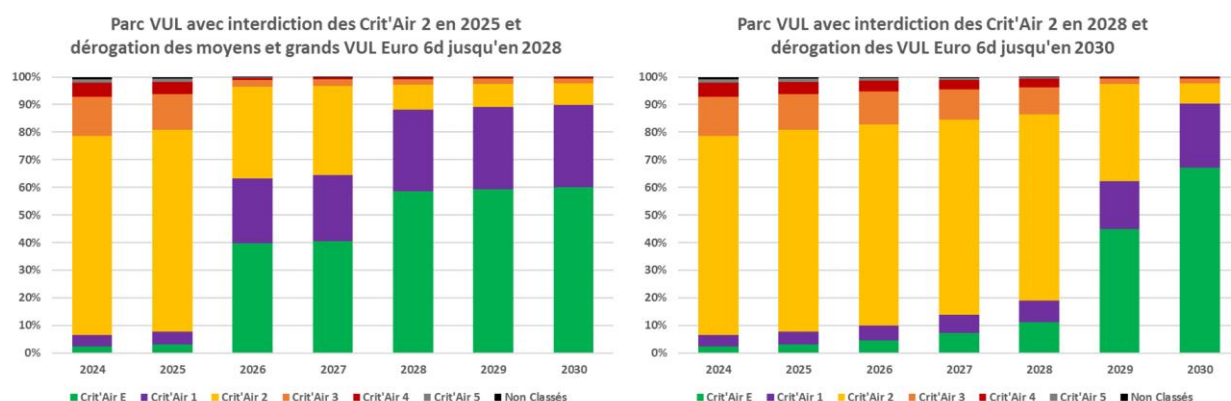


Figure 12 : Projections du parc de véhicules utilitaires légers à partir de l'enquête « plaques » de 2024 avec la prise en compte de l'interdiction des Crit'Air 2 en 2025 et la dérogation pour les VUL Euro 6d jusqu'en 2028 (à gauche) ou en 2028 et la dérogation pour les VUL Euro 6d jusqu'en 2030 (à droite) (Source : GAM/Atmo AuRA)

3.2.2. Projection des parcs, tendanciel et ZFE, pour les poids lourds

L'évolution tendancielle (c'est-à-dire sans mise en place d'une étape supplémentaire de la ZFE) du parc de poids lourds montre une augmentation de la part des vignettes Crit'Air 1, entre 2024 et 2030, en passant de 6% à 14%.

L'augmentation des Crit'Air 1 se ferait suite à la sortie du parc des Crit'Air 3 et plus qui représentent 13% du parc en 2024 et plus que 6% du parc en 2030 (Figure 13).

Les poids lourds Crit'Air 2 évolueraient très peu sur cette période et représenteraient environ 80% du parc.

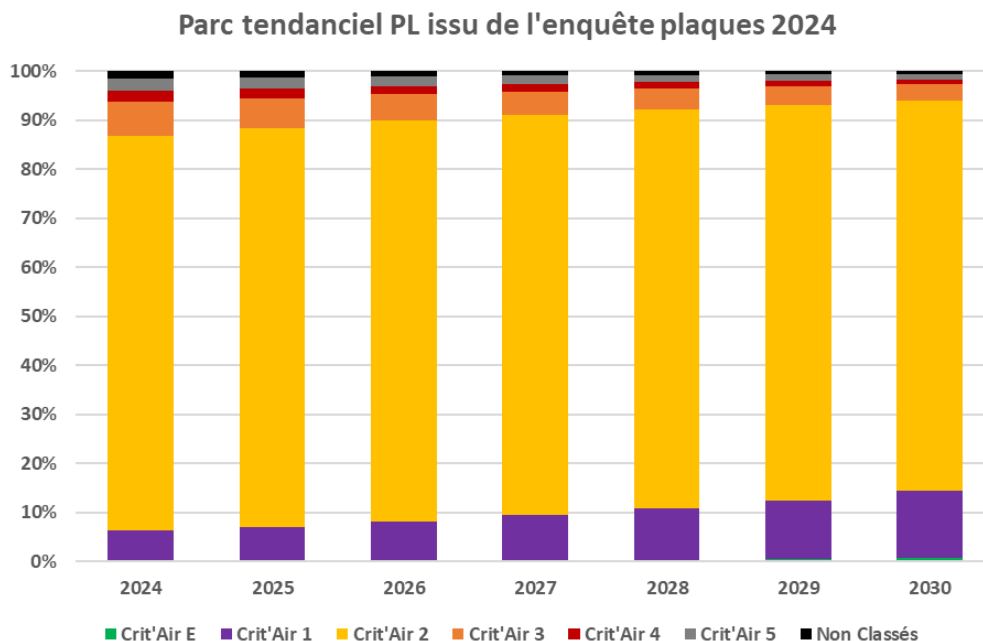


Figure 13 : Projection du parc tendanciel de poids lourds à partir de l'enquête « plaques » de 2024 (Source : GAM/Atmo AuRA)

La mise en place de l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 2 en 2025 ou en 2028 entraînerait un quasi-renouvellement de ces véhicules vers des PL Crit'Air 1 et électriques, avec respectivement 80% et 10% de véhicules en 2030 (Figure 14). Les véhicules Crit'Air 2 et plus restant après l'étape d'interdiction de circulation seraient des véhicules, soit dérogés, soit qui ne respecteraient pas l'interdiction de circulation.

Pour le décalage du pas d'interdiction en 2028, entre 2024 et 2027, un nombre plus important de PL Crit'Air 1 rentrerait dans le parc par rapport à l'évolution tendancielle, car il est considéré une anticipation de l'étape d'interdiction des Crit'Air 2.

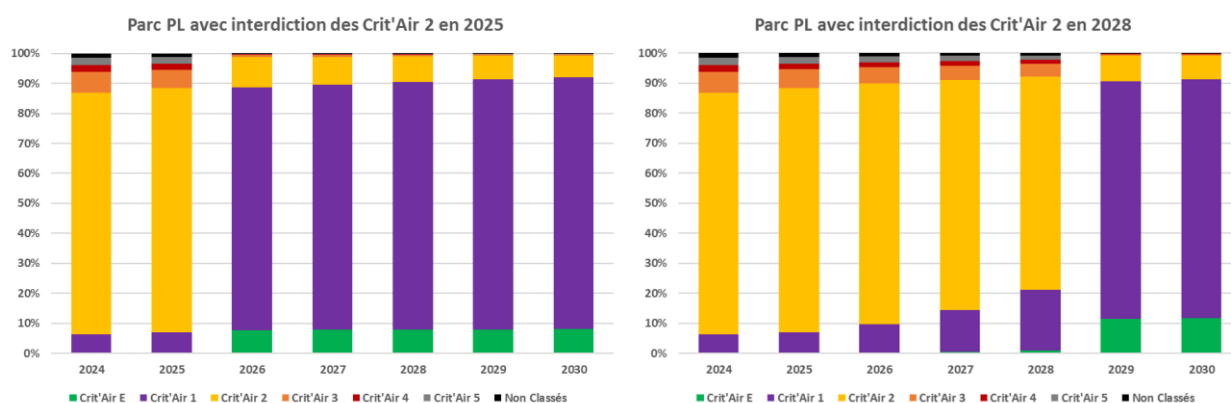


Figure 14 : Projection du parc de poids lourds à partir de l'enquête « plaques » de 2024 avec la prise en compte de l'interdiction des Crit'Air 2 en 2025 (à gauche) ou en 2028 (à droite) (Source : GAM/Atmo AuRA)

3.3. Méthodologie de calcul des émissions de polluants

Les calculs d'émissions ont été réalisés par tronçon routier, puis agrégés par commune. Les distances parcourues par tous les types de véhicules sur la Métropole grenobloise proviennent du modèle trafic (Figure 15) géré conjointement par l'AURG³ et le SMMAG⁴ : Modélisation de référence « Cœur de Ville Cœur de Métropole » mise à jour en 2022.

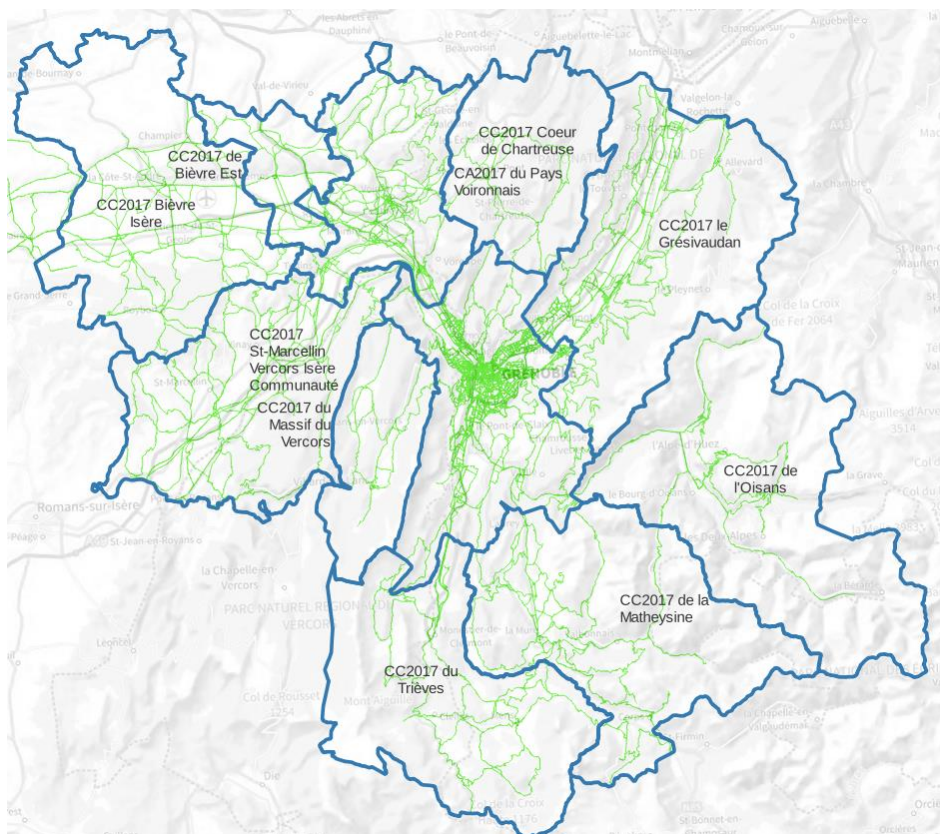


Figure 15 : Modèle trafic utilisé pour calculer les émissions de polluants du trafic routier (Source : AURG/SMMAG)

Les facteurs unitaires de consommations et d'émissions des véhicules, proviennent de la base européenne COPERT V5.4.36 utilisée par le CITEPA et les AASQA⁵ pour la réalisation des inventaires nationaux et territoriaux.

Quelques ajustements ont été apportés pour les besoins de l'étude pour les véhicules non documentés dans COPERT.

Pour les VL électriques, la consommation unitaire retenue provient d'hypothèses partagées au niveau national (comprises entre 12 et 20 kWh/100 km selon la cylindrée du véhicule).

³ Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise

⁴ Syndicat Mixte des Mobilités de l'Aire Grenobloise

⁵ Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

Pour estimer les gains d'émission sur les territoires en dehors du périmètre de la ZFE, des hypothèses de proportion de parc ZFE et tendanciel circulant dans différentes zones ont été définies comme suit :

- Première zone : la zone ZFE qui comprend les 27 communes du périmètre de la ZFE avec un parc 100% ZFE ;
- Deuxième zone : la reste des communes de la métropole qui sont en dehors du périmètre de la ZFE avec un parc défini à 67% ZFE et à 33% tendanciel ;
- Troisième zone : la 1^{ère} couronne qui correspond aux premiers EPCI autour de la Métropole et les VRU de la zone ZFE avec un parc défini à 50% ZFE et à 50% tendanciel ;
- Quatrième zone : la 2^{ème} couronne qui correspond aux premières communes autour de la 1^{ère} couronne avec un parc défini à 30% ZFE et à 70% tendanciel.

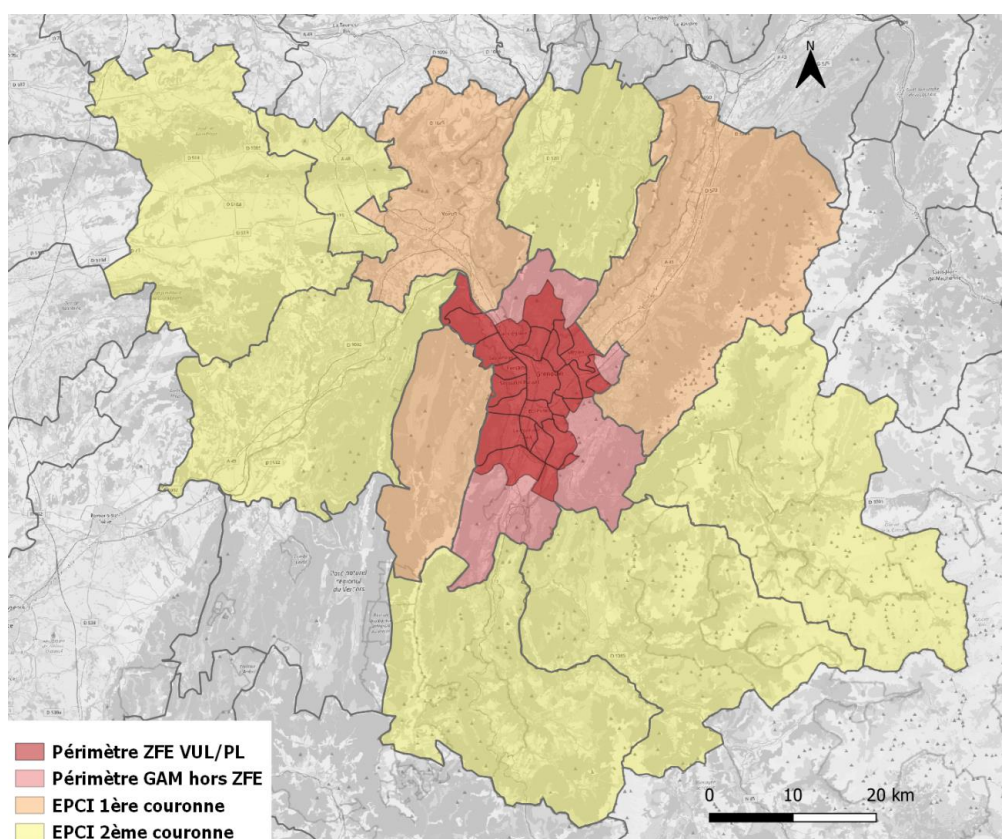


Figure 16 : Répartition des compositions de parc en fonction de différentes zones (Source : Atmo AuRA/GAM)

3.4. Impacts de la ZFE sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre sur le territoire de la Métropole

Les parties suivantes traitent des impacts de la mise en place du pas d'interdiction des Crit'Air 2, dans un premier temps en 2025, puis en prenant en compte le décalage en 2028, sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre des véhicules utilitaires légers et des poids lourds sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole.

Les impacts sur les émissions du trafic routier total sur la Métropole sont donnés dans l'Annexe 3.

3.4.1. Impacts de la ZFE sur les émissions de dioxydes d'azote (NOx) des véhicules utilitaires légers et des poids lourds

Les réductions d'émissions de NOx, des VUL et des PL, sur le territoire de la métropole pour les différents scénarios, tendanciel et ZFE, par rapport aux émissions de 2024, sont données dans la Figure 17.

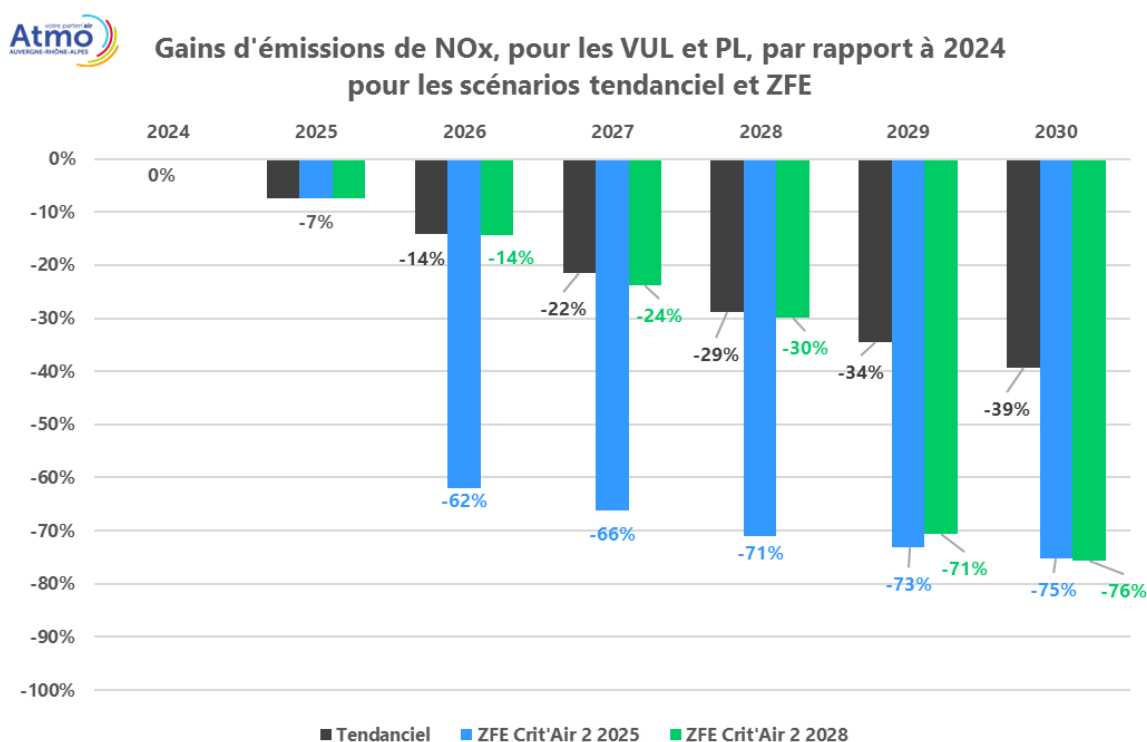


Figure 17 : Réductions d'émissions de NOx, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole (Source : Atmo AuRA)

Les réductions d'émissions du scénario tendanciel seraient au maximum de 39% en 2030 par rapport à 2024, ce qui représente un gain d'environ 160 tonnes pour les émissions des VUL et PL sur le territoire de la Métropole.

La mise en place de l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 2 en juillet 2025 permettrait un gain supplémentaire important en 2026. À l'échelle de l'agglomération, la réduction maximale serait de 62% par rapport à 2024, soit un gain d'environ 250 tonnes. En 2030, ce gain serait de 75%, soit un gain d'environ 310 tonnes par rapport à 2024 sur les émissions des VUL et PL, et de plus de 150 tonnes par rapport au scénario tendanciel en 2030.

Le décalage de l'interdiction de circulation des VUL et PL Crit'Air 2 en juillet 2028, impliquerait des gains d'émissions quasiment similaires par rapport au tendanciel entre 2024 et 2028, puis dès 2029 des gains similaires au scénario ZFE précédent, pour atteindre environ 76% de gains d'émissions en 2030 par rapport à 2024, soit environ 310 tonnes de NOx en moins émis par les VUL et PL.

3.4.2. Impacts de la ZFE sur les émissions de particules PM10 des véhicules utilitaires légers et des poids lourds

La Figure 18 montre que le scénario tendanciel permet une diminution constante des émissions de PM10 jusqu'en 2030, pour atteindre environ 13%, ce qui représente un gain d'environ 4 tonnes pour les émissions des VUL et PL sur le territoire de la Métropole.

L'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 2 en juillet 2025 permettrait un gain d'émissions de 11% par rapport au tendanciel en 2026, avec une diminution de 17% des émissions sur le territoire de la Métropole (environ 4 tonnes). Le décalage de l'interdiction de circulation des VUL et PL Crit'Air 2 en juillet 2028, impliquerait des gains d'émissions quasiment similaires par rapport au tendanciel entre 2024 et 2028, puis en 2030 des gains similaires au scénario ZFE précédent, pour atteindre environ 19% de gains d'émissions par rapport à 2024, soit environ 5 tonnes de PM10 en moins émis par les VUL et PL.

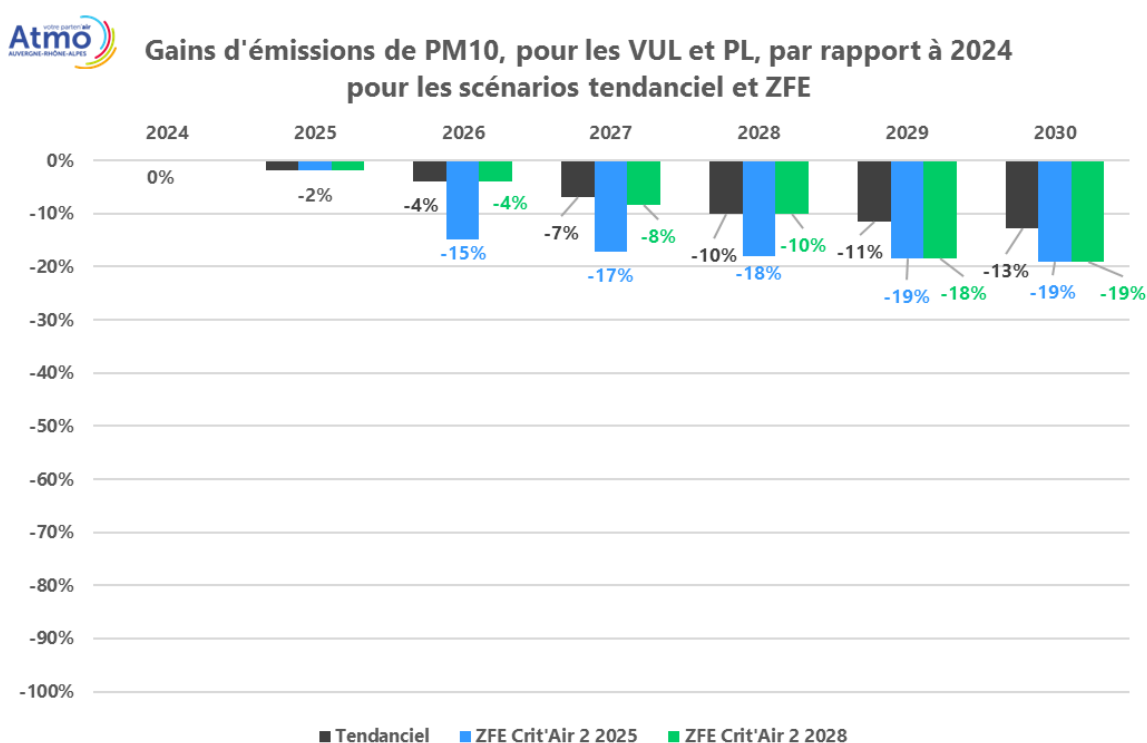


Figure 18 : Réductions d'émissions de PM10, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole (Source : Atmo AuRA)

3.4.3. Impacts de la ZFE sur les émissions de particules PM_{2,5} des véhicules utilitaires légers et des poids lourds

La Figure 19, pour les émissions de PM_{2,5}, montre également des diminutions constantes pour le scénario tendanciel sur les différentes années jusqu'en 2030 pour atteindre 19% par rapport à 2024, soit un gain d'environ 3 tonnes.

L'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 2 en juillet 2025 permettrait un gain d'émissions de 17% par rapport au tendanciel en 2026, soit une diminution de 23% des émissions sur le territoire de la Métropole (environ 4 tonnes) par rapport à 2024. Le décalage de l'interdiction de circulation des VUL et PL Crit'Air 2 en juillet 2028, impliquerait des gains d'émissions quasiment similaires par rapport au tendanciel entre 2024 et 2028, puis en 2030 des gains similaires au scénario ZFE précédent, pour atteindre environ 28% de gains d'émissions par rapport à 2024, soit environ 5 tonnes de PM_{2,5} en moins émis par les VUL et PL.

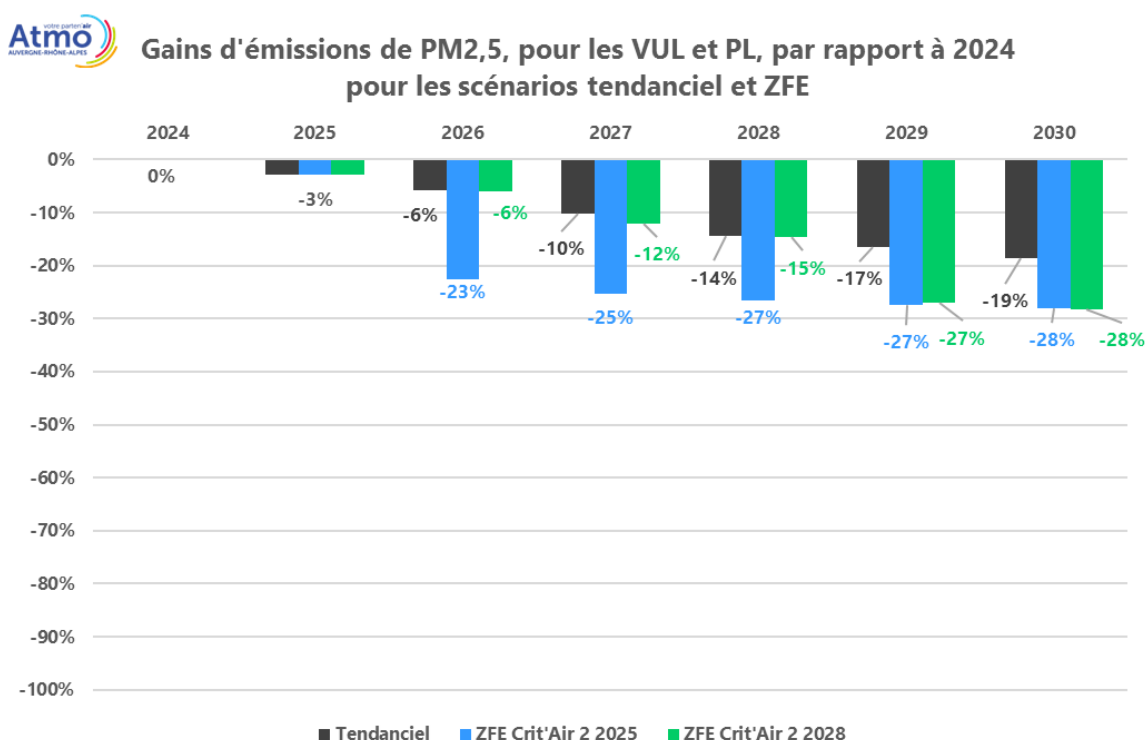


Figure 19 : Réductions d'émissions de PM_{2,5}, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole (Source : Atmo AuRA)

3.4.4. Impacts de la ZFE sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) des véhicules utilitaires légers et des poids lourds

Pour les émissions de GES, les gains du scénario tendanciel atteignent 17% en 2030 par rapport à 2024, soit une diminution d'environ 28 600 tonnes des émissions des VUL et PL.

En 2026, l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 2, mise en place en juillet 2025, permettrait un gain d'émission supplémentaire de 17% par rapport au tendanciel, et de 22% par rapport à 2024, soit un gain d'environ 36 500 tonnes. En décalant l'étape des Crit'Air 2 à juillet 2028, l'impact sur les émissions en 2030 serait légèrement supérieur à celui du scénario ZFE précédent, avec une amélioration supplémentaire de 3 %. Cela porterait le gain total à 35 % par rapport à 2024, correspondant à une réduction de 58 400 tonnes d'émissions des VUL et PL sur le territoire de la Métropole.

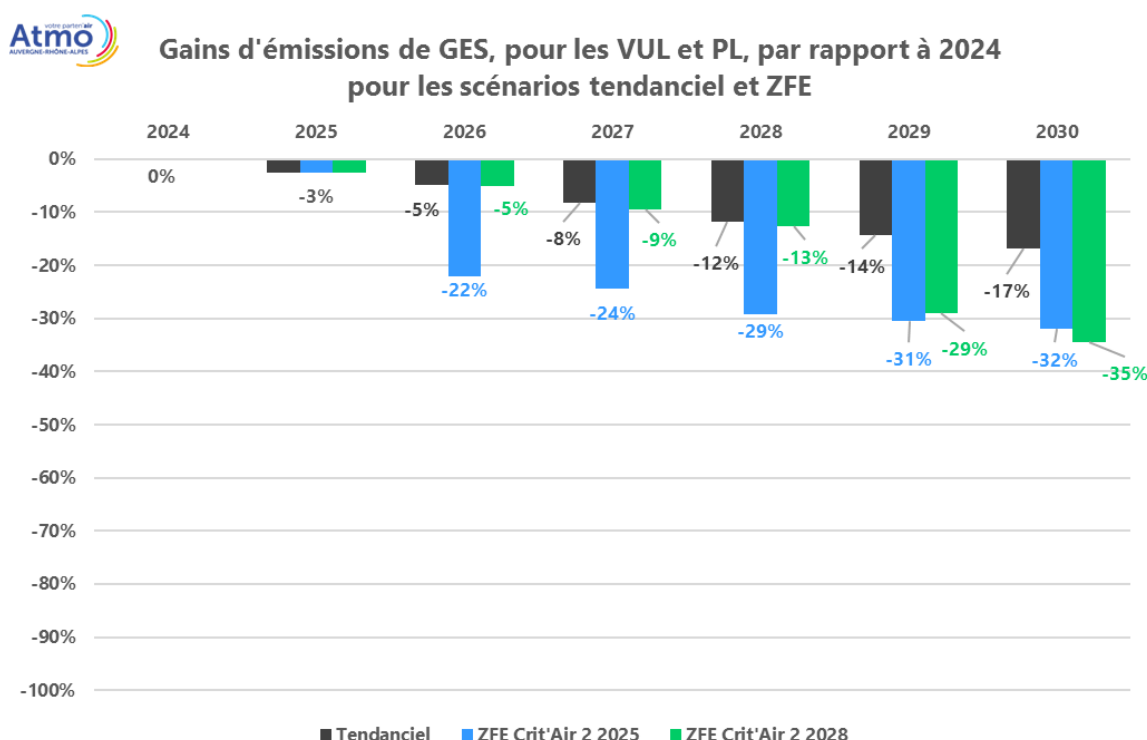


Figure 20 : Réductions d'émissions de GES, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole (Source : Atmo AuRA)

4. Bénéfices sanitaires attendus

4.1. Une diminution des niveaux de concentrations de polluants et des effets sanitaires positifs

Les résultats précédents correspondent aux réductions en émissions de polluants atmosphériques. Ces variations d'émissions de polluants vont influencer sur les concentrations dans l'air qui dépendent également des conditions météorologiques, des conditions de dispersion, de la topographie, etc.

La chaîne de modélisation utilisée pour évaluer l'impact de la ZFE sur la qualité de l'air est une chaîne développée par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Elle intègre plusieurs échelles spatiales.

Pour cette étude, seul le modèle à fine échelle (10 mètres) de dispersion en milieu urbain SIRANE, développé par l'Ecole Centrale de Lyon, est utilisé. Il intègre les émissions du trafic routier et la météorologie de l'année 2023 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 issu de la situation 2023 à laquelle les évolutions tendancielle des modélisations PREPA AME v2021 effectuées par l'INERIS pour 2030 sont appliquées. Il s'agit donc d'une estimation des concentrations de fond en 2030 qui permet de prendre en compte les évolutions tendancielle des secteurs autres que le trafic routier.

Les prochains paragraphes présentent l'évolution des concentrations dans l'air selon le scénario tendanciel et les scénarios ZFE.

Le croisement des cartes de concentrations annuelles de polluants, avec la répartition de la population permet d'estimer l'exposition de la population aux polluants atmosphériques.

4.1.1. Exposition de la population aux concentrations de dioxyde d'azote NO₂

La Figure 21 montre les cartes projetées de la concentration annuelle en NO₂ pour la situation initiale 2023, le scénario tendanciel en 2030 et les deux scénarios ZFE à horizon 2030 : avec mise en place de l'interdiction de circulation des véhicules VUL et PL Crit'Air 2 en 2025 et en 2028. La Figure 22 présente les gains en concentrations attendus pour chaque scénario ZFE par rapport à la situation tendanciel 2030.

En 2030, la mise en place de la ZFE associée au renouvellement tendanciel permettrait de réduire sensiblement la concentration annuelle de NO₂ sur le territoire de la Métropole et sur le centre urbain, notamment à proximité des principaux axes routiers. La carte de différence entre les deux scénarios montre une diminution des concentrations de NO₂ pouvant atteindre au maximum 4 µg/m³ sur les principaux axes de circulation, soit une baisse de 15% des concentrations totales. L'impact est moindre à distance des grands axes de trafic, avec une baisse inférieure à 1 µg/m³ sur le fond urbain.

Les différences de concentrations de NO₂ entre les deux scénarios ne sont pas significatives : le report de l'interdiction de circulation des véhicules VUL et PL Crit'Air 2 de 2025 à 2028 n'a pas d'effet sur les concentrations à horizon 2030.

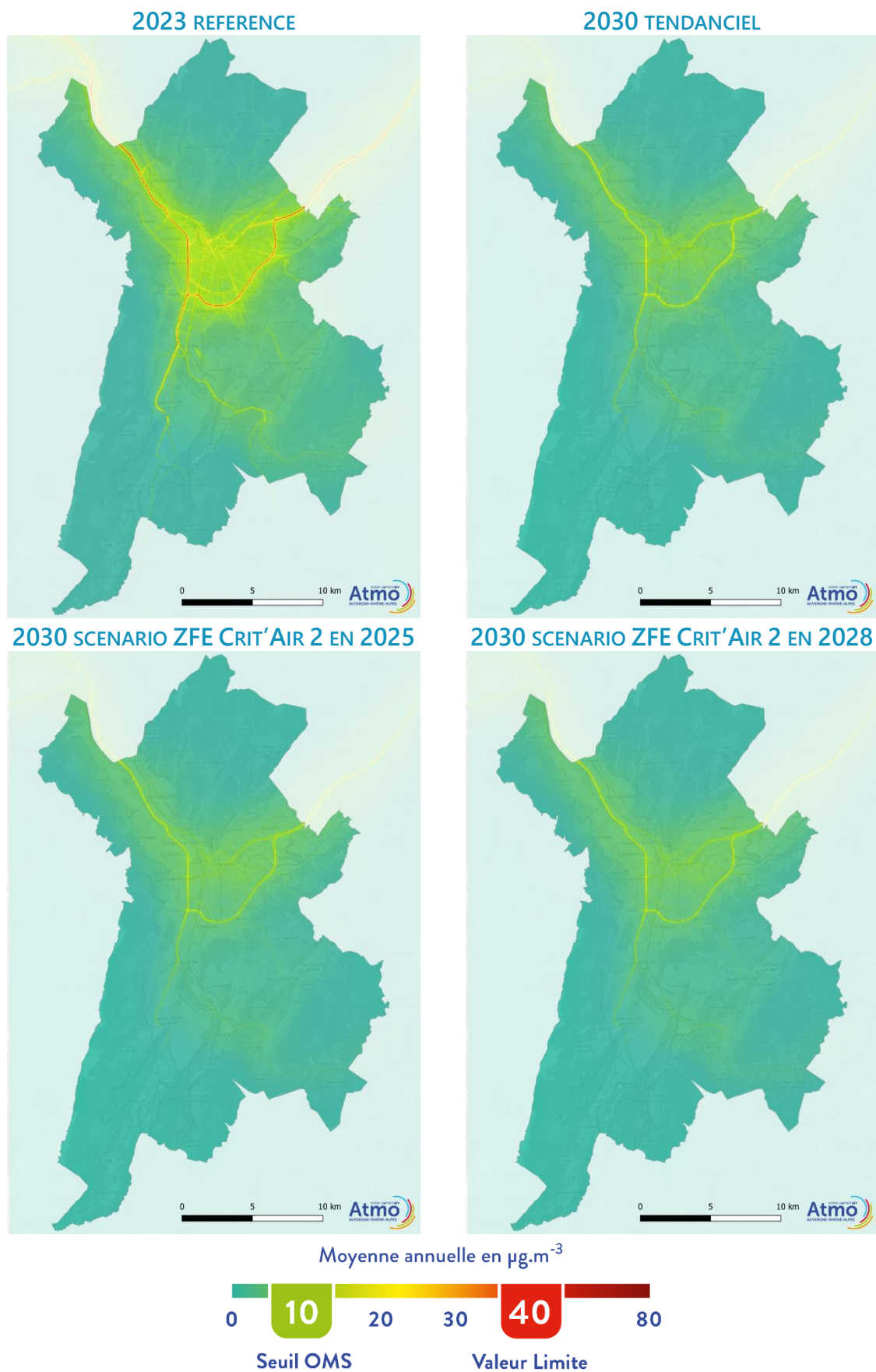
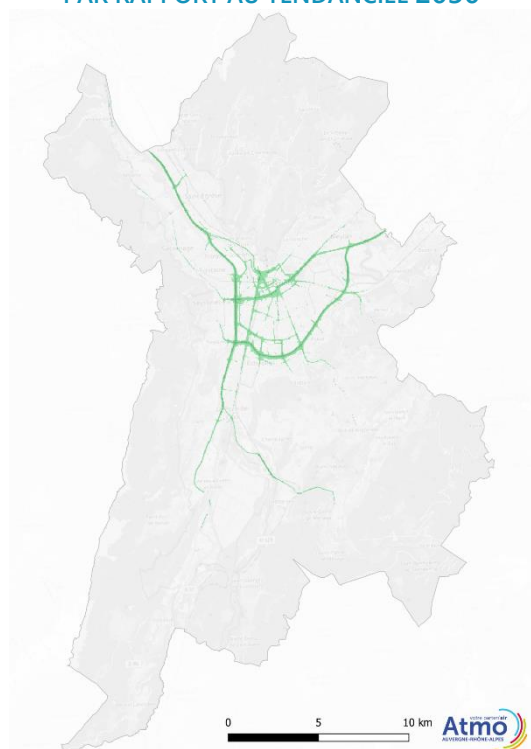


Figure 21 : Cartes de la concentration annuelle moyenne du dioxyde d'azote (NO_2) pour la situation de référence 2023, le scénario tendanciel en 2030 et les deux scénarios ZFE en 2030 (Source : Atmo AuRA)

**GAINS EN 2030 DU
SCENARIO ZFE CRIT'AIR 2 EN 2025
PAR RAPPORT AU TENDANCIEL 2030**



**GAINS EN 2030 DU
SCENARIO ZFE CRIT'AIR 2 EN 2028
PAR RAPPORT AU TENDANCIEL 2030**

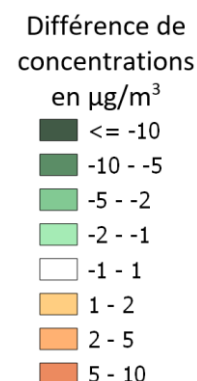
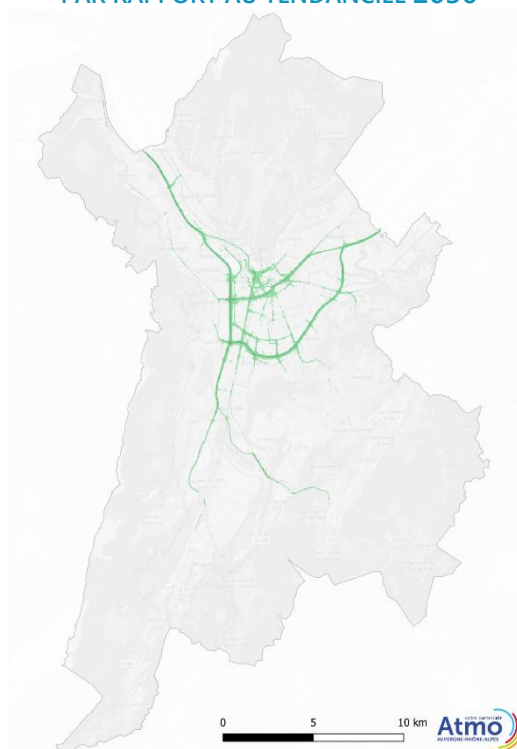


Figure 22 : Ecart en concentration des scénarios ZFE à horizon 2030 par rapport au scénario tendanciel 2030 : mise en place de l'interdiction de circulation des VUL et PL Crit'Air 2 et plus en 2025 (à gauche) et en 2028 (à droite) (Source : Atmo AuRA)

Le croisement des cartes de concentrations annuelles avec des cartes de répartition de la population permet de décrire l'exposition de la population au NO_2 . La Figure 23 montre la distribution des populations exposées pour la situation de référence 2023 et les différents scénarios 2030 sur l'agglomération.

L'exposition moyenne de la population au NO_2 est de $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le périmètre de la métropole en 2023. Grâce à la baisse des concentrations induites par l'évolution tendancielle des émissions, notamment du transport routier, cette exposition diminue et atteindrait $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en situation tendancielle 2030. La mise en place de l'interdiction de circuler des VUL et PL Crit'Air 2 et plus entraînerait un gain supplémentaire sur l'exposition moyenne de la population de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2030. L'année de mise en place de la ZFE, 2025 ou 2028, n'impacterait pas cette valeur.

Concernant la valeur guide OMS pour le NO_2 ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), environ 91% de la population de la métropole est exposée à un dépassement de cette valeur en 2023. En 2030, sans interdiction de circulation des VUL et PL Crit'Air 2, 80% de la population seraient toujours exposée à ce dépassement. La mise en place de l'étape d'interdiction, que ce soit en 2025 ou en 2028, permettrait qu'environ 30 000 habitants de la métropole passeraient sous le seuil OMS du NO_2 en 2030.

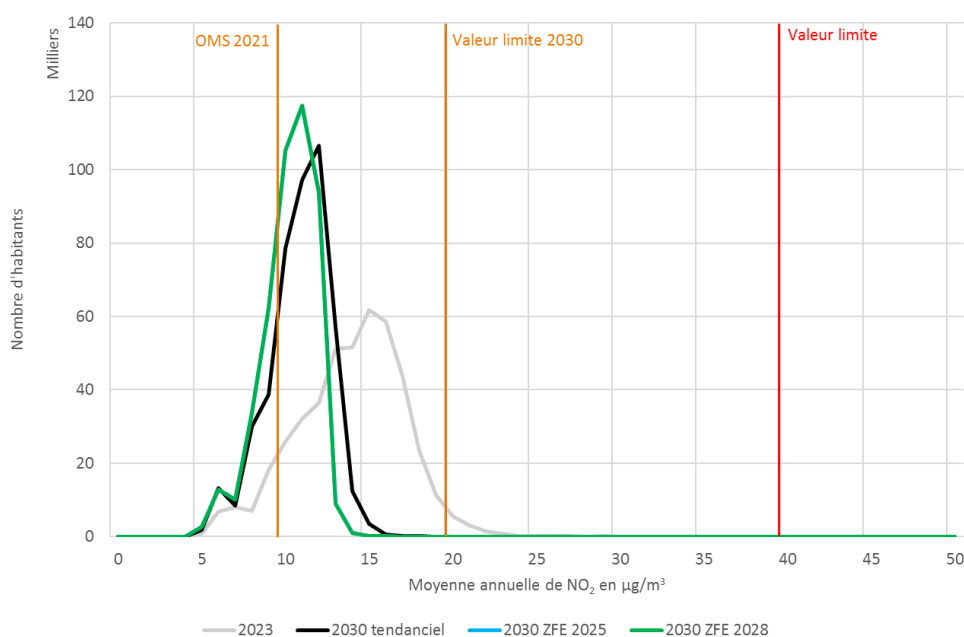


Figure 23 : Distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote (NO₂) pour la situation de référence 2023, le scénario tendanciel en 2030, le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2025 et le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2028 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)

4.1.2. Exposition de la population aux concentrations de particules fines PM10 et PM2,5

Même si le transport routier n'est pas le principal émetteur de particules fines PM10 et PM2,5, des impacts non négligeables de la mise en place de la ZFE seraient observés sur les émissions de ces deux polluants pour le trafic routier, notamment avec des gains plus importants pour les PM2,5, pour les deux scénarios ZFE.

Comme le transport ne représente qu'entre 10 et 12% des émissions totales de particules sur la métropole, ces baisses d'émissions ne se répercutent pas sur les concentrations de particules modélisées sur le territoire pour les différents scénarios. Les gains de concentrations de PM10 et PM2,5 engendrés par la mise en place de la ZFE sont ainsi négligeables.

Les cartes de concentrations de la situation de référence 2023 et du tendanciel 2030, ainsi que les distributions de l'exposition des populations pour les différents scénarios sont présentées pour les PM10 dans les Figure 24 et Figure 25, et dans les Figure 26 et Figure 27 pour les PM2,5. Les cartes de concentrations des scénarios ZFE à horizon 2030 ne sont pas présentés, étant identiques à la situation tendancielle 2030 pour les deux polluants.

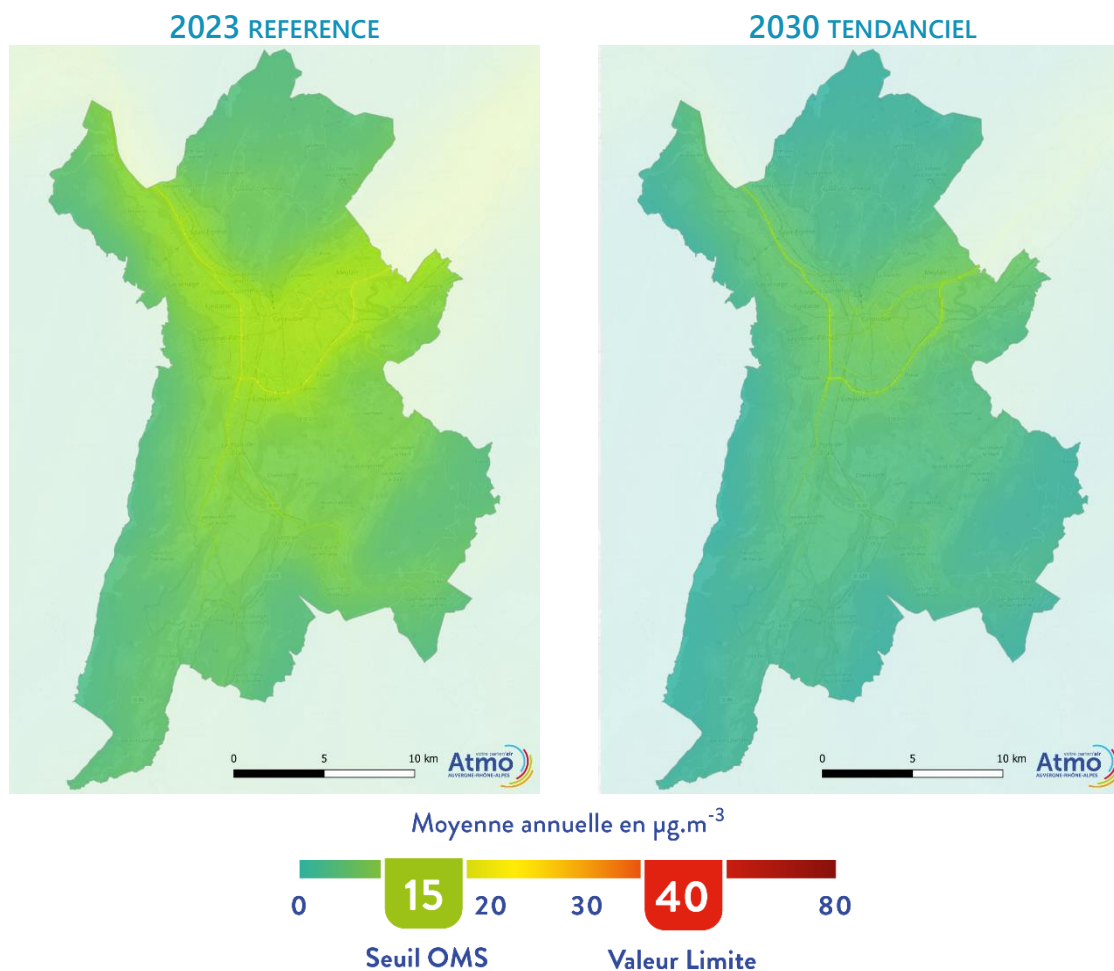


Figure 24 : Cartes de la concentration annuelle moyenne des particules PM10 pour la situation de référence 2023 et le scénario tendanciel en 2030 (Source : Atmo AuRA)

L'exposition moyenne sur le périmètre de la métropole passerait entre la situation de référence 2023 et le tendanciel 2030 de 15 à 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10, et de 9 à 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2,5.

La quasi-totalité de la population du territoire de la métropole serait exposée à un dépassement de la valeur guide OMS pour les PM2,5 (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2030. En revanche, aucun habitant ne serait exposé à des dépassement de cette valeur guide pour les PM10 (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à cette même échéance.

La mise en place de l'interdiction de circulation des VUL et PL Crit'Air 2 en 2025 ou en 2028 n'a pas d'impact sur l'exposition de la population de la métropole aux particules PM10 et PM2,5.

Distribution de l'exposition de la population aux PM10
Grenoble Alpes Métropole

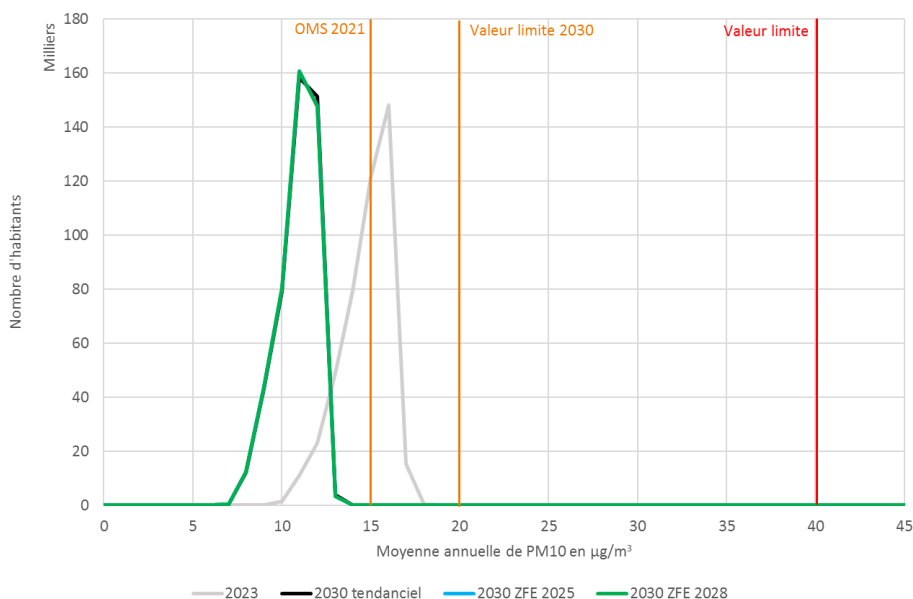


Figure 25 : Distribution de l'exposition de la population aux particules PM10 pour la situation de référence 2023, le scénario tendanciel en 2030, le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2025 et le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2028 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)

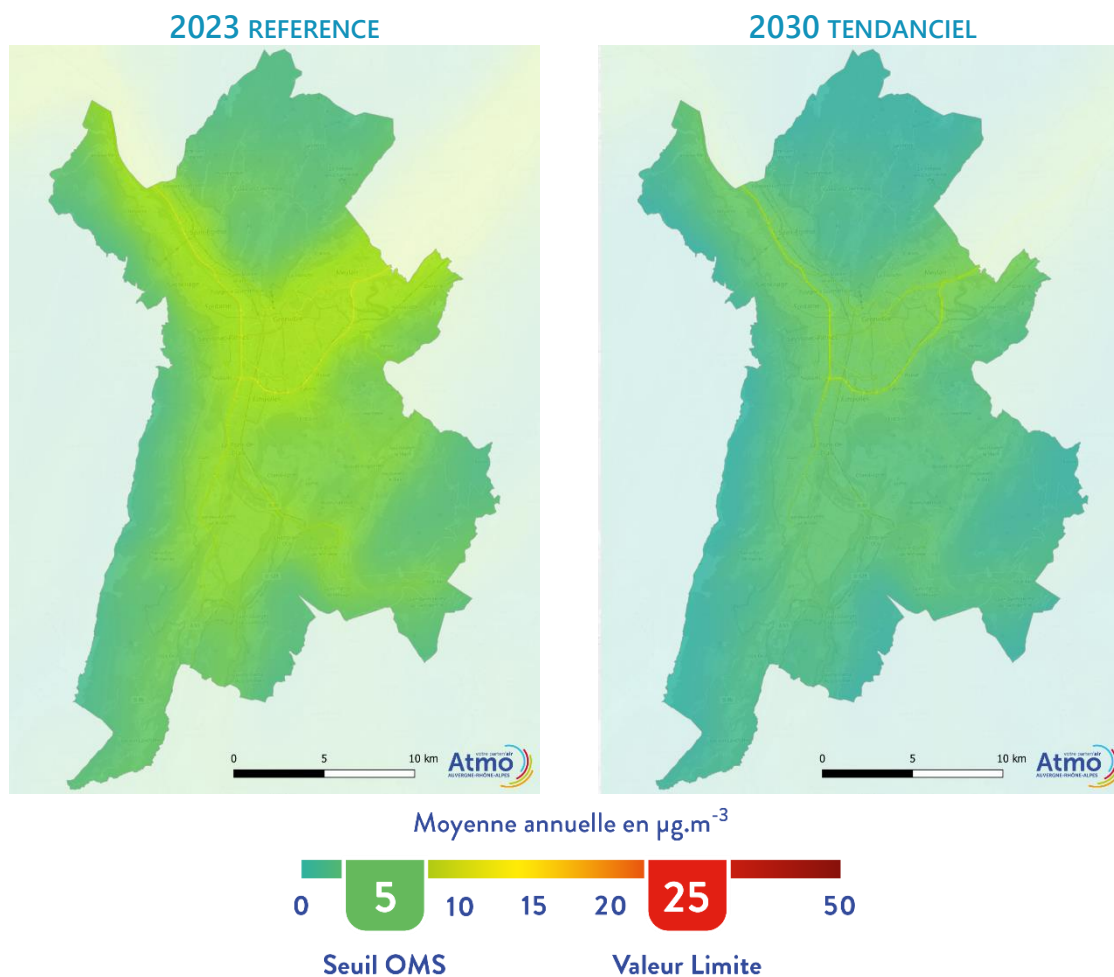


Figure 26 : Cartes de la concentration annuelle moyenne des particules PM2,5 pour la situation de référence 2023 et le scénario tendanciel en 2030 (Source : Atmo AuRA)

Distribution de l'exposition de la population aux PM_{2,5}
Grenoble Alpes Métropole

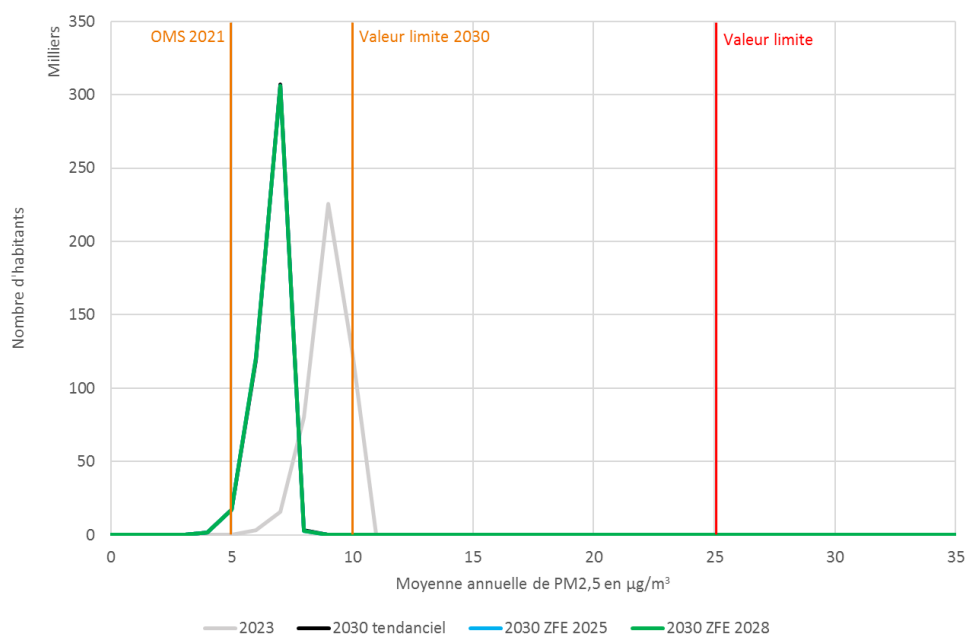


Figure 27 : Distribution de l'exposition de la population aux particules PM_{2,5} pour la situation de référence 2023, le scénario tendanciel en 2030, le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2025 et le scénario ZFE Crit'Air 2 en 2028 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)

5. Conclusion

L'état de la qualité de l'air sur la Métropole de Grenoble pour la situation initiale en 2023 ne montre pas de dépassement :

- des valeurs réglementaires pour le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules PM10 et PM2,5 ;
- ni de la future valeur prévue en 2030 pour la réglementation européenne pour les PM10.

Par rapport aux futures valeurs réglementaires de 2030, pour le NO₂ et les PM2,5, respectivement 2,5% et 28% de la population est exposée à un niveau de la qualité de l'air dépassant ces seuils.

Pour les valeurs OMS, le constat est différent avec 100% de la population exposée à un dépassement de la valeur pour les PM2,5, 64% de la population exposée pour les PM10 et 91% de la population exposée pour le NO₂.

Sur le territoire de la Métropole, le transport routier est responsable d'environ 40% des émissions de NOx, de respectivement 12% et 10% des émissions de particules fines PM10 et PM2,5, et 27% des émissions de gaz à effet de serre (GES). Parmi ce secteur, les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, malgré une plus faible part des kilomètres parcourus par rapport aux véhicules particuliers, sont responsables de 45% des émissions de NOx, d'environ 20% des émissions de PM10, de 15% des émissions de PM2,5 et de 35% des émissions de GES.

L'objectif de cette étude est d'évaluer le décalage du pas d'interdiction de circulation des véhicules utilitaires légers et des poids lourds Crit'Air 2 de juillet 2025 à juillet 2028 sur le périmètre actuel de la zone à faibles émissions de la Métropole.

En 2024, les VUL Crit'Air 3 et plus représentent 21% du parc, les Crit'Air 2 dominant avec 72%, et les Crit'Air 1 et électriques ne constituent que 6%. Avec l'interdiction des Crit'Air 2 d'ici 2025 ou 2028, le parc en 2030 serait majoritairement composé de véhicules Crit'Air 1 (23 %) et électriques (67%), les Crit'Air 2 et plus restants étant soit dérogés, soit non conformes.

Sans nouvelle étape de la ZFE, la part des poids lourds Crit'Air 1 augmenterait de 6% en 2024 à 14% en 2030, principalement en raison de la sortie des Crit'Air 3 et plus, tandis que les Crit'Air 2 resteraient présents à environ 80%. L'interdiction des Crit'Air 2 en 2025 ou 2028 entraînerait un remplacement massif par des Crit'Air 1 (80%) et électriques (10%) en 2030, avec une anticipation partielle dès 2024-2027 en cas de décalage en 2028.

En 2030, le décalage de l'interdiction de circulation des VUL et PL Crit'Air 2 n'impliquerait pas de différences significatives dans les gains d'émissions par rapport à l'interdiction qui était prévue en juillet 2025.

Les réductions d'émissions les plus importantes concerneraient les NOx, avec une diminution de plus de 75 % (environ 310 tonnes) des émissions des VUL et PL dans les deux scénarios ZFE en 2030, comparé à 2024. Par rapport au scénario tendanciel en 2030, cela représenterait une réduction de plus de 35 % (soit environ 150 tonnes).

La mise en place de la ZFE et le renouvellement tendanciel des véhicules réduiraient les concentrations de NO₂, surtout près des axes routiers majeurs, avec une baisse maximale de 4 µg/m³ (15%). Cet impact serait moins marqué dans les zones de fond urbain. De plus, le décalage de l'interdiction n'aurait pas d'effet notable sur les concentrations à l'horizon 2030.

En 2023, l'exposition moyenne est de 14 µg/m³ pour la population de la Métropole, et elle diminuerait à 11 µg/m³ en 2030 grâce à une baisse tendancielle des émissions, principalement liées au transport routier. L'interdiction des véhicules VUL et PL Crit'Air 2 apporterait un gain supplémentaire de 0,5 µg/m³. Par rapport à la valeur guide de l'OMS (10 µg/m³), 91% de la population métropolitaine est exposée à un dépassement de cette valeur en 2023. Ce chiffre

passerait à 80% en 2030 sans restriction. La mise en place de l'étape d'interdiction, que ce soit en 2025 ou en 2028, permettrait qu'environ 30 000 habitants de la métropole passeraient sous le seuil OMS du NO2 en 2030

La mise en place de la ZFE entraînerait une réduction notable des émissions de particules fines pour le trafic routier, particulièrement pour les PM2,5. Cependant, ces baisses n'ont pas d'impact significatif sur les concentrations globales de particules dans l'air, qui restent similaires au scénario tendanciel en 2030.

6. Annexes

Annexe 1. Plan du périmètre et calendrier de la ZFE véhicules particuliers et deux-roues motorisés sur Grenoble-Alpes Métropole

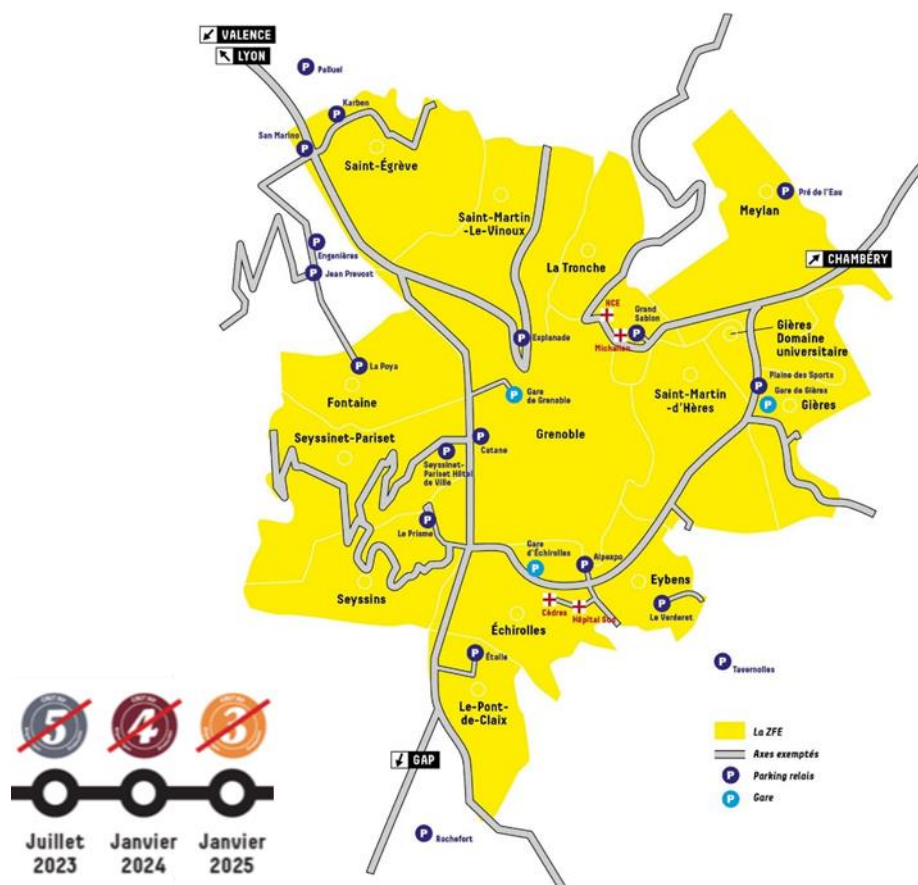


Figure 28 : Plan du périmètre et calendrier de la ZFE véhicules particuliers et deux-roues motorisés avec les 13 communes concernées et les VRU exclues du périmètre (Source : grenoblealpesmetropole.fr)

Annexe 2. Les outils mobilisés pour réaliser l'évaluation des effets de la ZFE sur la qualité de l'air et description des scénarios évalués

Les outils d'évaluation mobilisés

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, observatoire régional de la qualité de l'air, gère des outils permettant d'établir des diagnostics, des prévisions et d'évaluer les impacts des scénarios prospectifs. Trois types d'outils ont été mobilisés de manière intégrée :

Le réseau de stations de mesures

Le réseau de mesures d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes intègre 90 stations fixes dont 7 dans l'agglomération grenobloise. Elles permettent de mesurer plusieurs centaines de composés. Ce réseau permet d'évaluer les niveaux d'exposition de typologies d'environnement variés, leurs évolutions temporelles et de collecter des indications sur l'origine de la pollution.

Calcul des émissions

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes réalise annuellement le calcul des consommations énergétiques, des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de polluants atmosphériques sur l'ensemble du territoire régional pour tous les secteurs d'activités sur la base du référentiel PCIT2/OMINEA (CITEPA). La figure ci-dessous présente de manière synthétique la méthodologie de calcul. Les données produites contribuent au diagnostic, à la définition d'objectifs de plan d'actions et au suivi des politiques Air Énergie Climat du territoire.

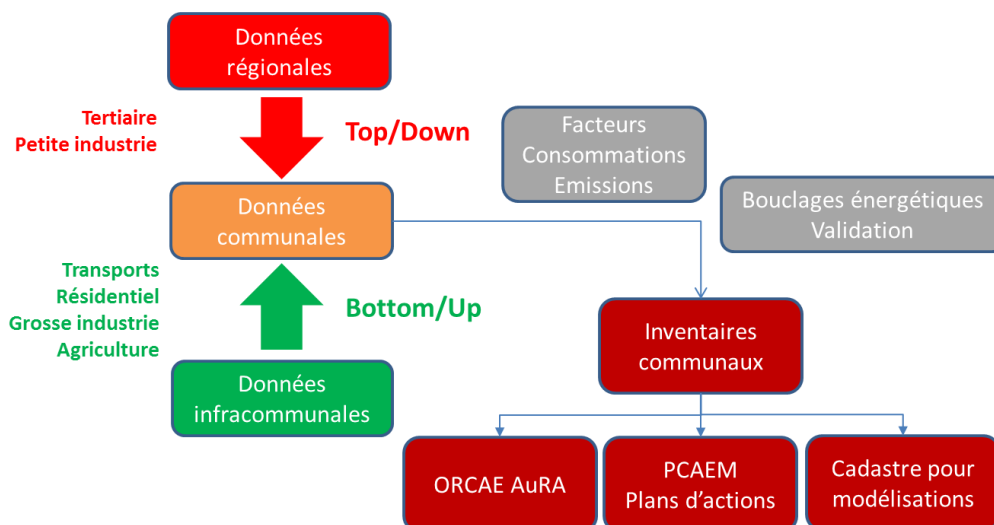


Figure 29 : Chaîne de calcul des émissions d'Atmo AURA

Dans le cadre de l'évaluation du projet ZFE VUL/PL, les outils de calculs ont été mobilisés pour évaluer les scénarios prospectifs en termes d'émissions de GES (CO₂, N₂O, et CH₄) et polluants (oxydes d'azote, particules PM₁₀ et PM_{2,5}).

• Calcul des émissions liées aux transports routiers

La Figure 30 illustre la méthode générale de calcul mise en œuvre par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes dans le cadre de l'évaluation de la ZFE. Elle est basée sur :

- Les volumes de trafic routier issus d'une simulation trafic locale (modélisation du modèle trafic, géré par l'AURG et le SMMAG) ;
- Des données de parcs VUL/PL issues d'enquêtes « plaques » locales, et de parcs VP/2RM/Bus/Autocars issues du SDES, du parc national CITEPA, et des données du SMMAG :
 - Selon les décompositions suivantes :
 - VUL par classe de poids à vide, ainsi que PL porteurs et articulés, bus et autocars
 - VP et 2RM par cylindrée
 - Par carburant
 - Par norme Euro
 - Par vignette Crit'Air
 - Puis projetées selon :
 - Les évolutions tendanciennes du parc CITEPA AME v2024 avec prise en compte de l'interdiction de vente de VP et VUL thermiques en 2035 et une part d'agrocarburants ;
 - Les restrictions liées aux deux ZFE sur GAM avec des hypothèses spécifiques pour les véhicules touchés.
- Les facteurs d'émissions issus de la méthode européenne standardisée COPERT 5.4.36. Pour la consommation d'énergie des véhicules électriques, COPERT donne un facteur de consommation en fonction du type de véhicule. Pour un véhicule particulier, par exemple, un facteur de consommation de 16 kWh/km est donné, puis une transformation en fonction du mix énergétique français permet de calculer des consommations d'énergie en tonne équivalent pétrole.

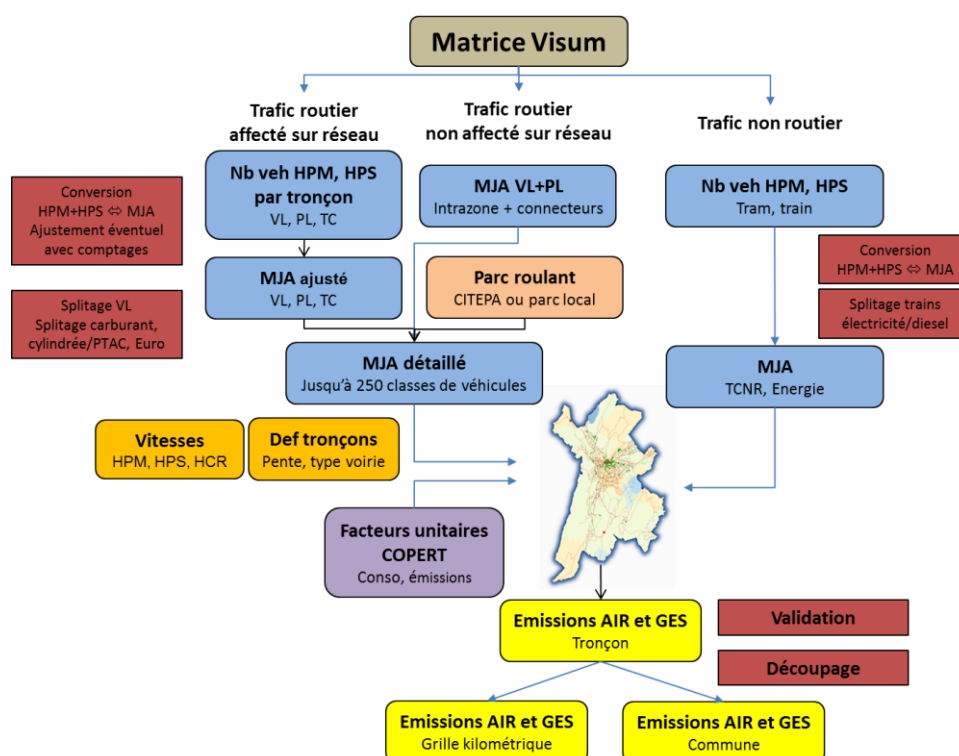


Figure 30 : Chaîne de calcul des émissions de transports routiers d'Atmo AURA

Modélisation des concentrations et exposition de la population

La modélisation des concentrations de polluants atmosphériques pour les scénarios de référence et prospectifs s'appuie sur :

- Le modèle régional CHIMERE, qui simule les concentrations de fond. Ce modèle s'appuie sur le cadastre régional des émissions, les conditions aux limites (pollution importée) ainsi que les conditions météorologiques.
- Le modèle local SIRANE qui reproduit les concentrations de proximité à l'échelle de la rue. Il repose essentiellement sur les émissions par tronçon évaluées avec l'outil MOCAT ainsi que la caractérisation de chaque rue du domaine (rue ouverte vs canyon).

L'exposition de la population aux concentrations de polluants atmosphériques est déduite par croisement de ces modélisations avec la couche de population du LCSQA pour le périmètre d'étude.

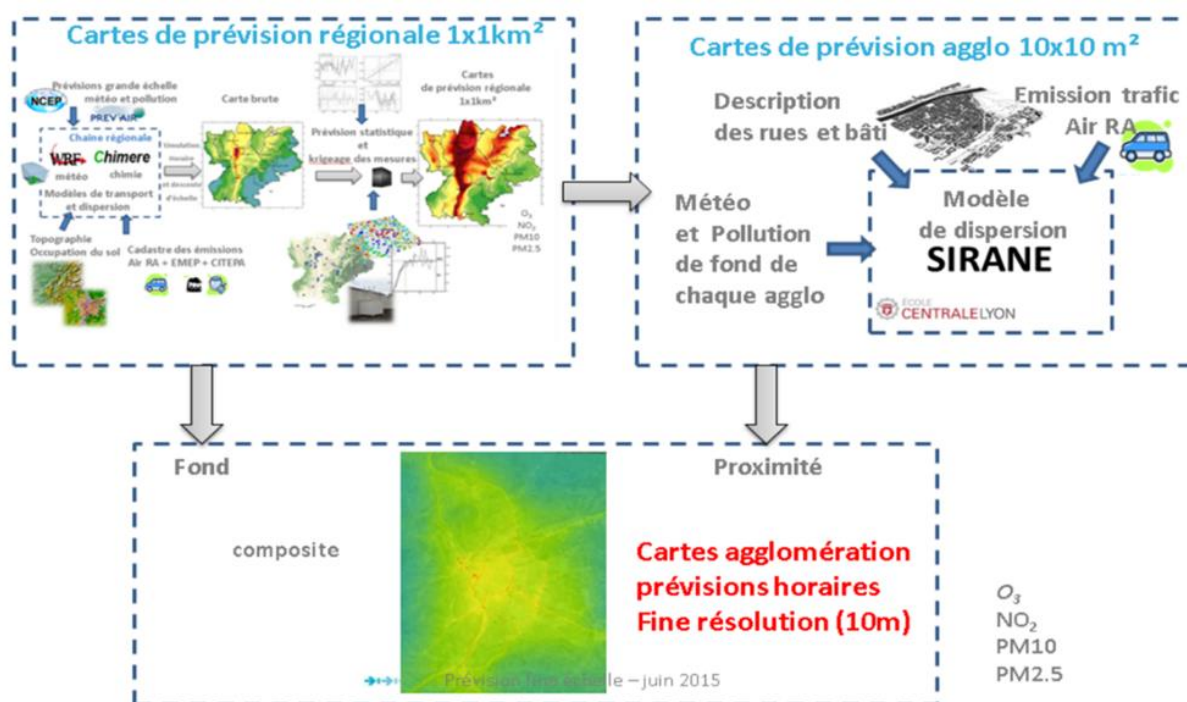


Figure 31 : Chaîne de modélisation des concentrations de polluants d'Atmo AURA

Annexe 3. Impacts de la ZFE sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre sur le territoire de la Métropole

Impacts de la ZFE sur les émissions de NOx pour tous les véhicules routiers

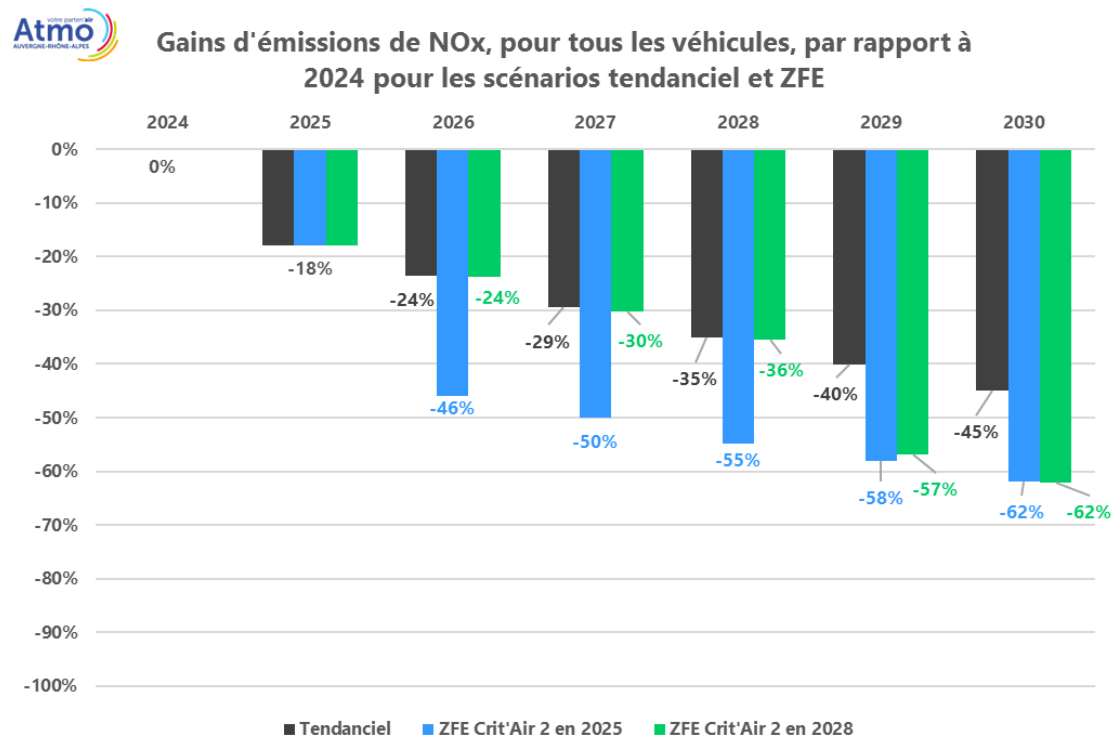


Figure 32 : Réductions d'émissions de NOx, pour tous les véhicules, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)

Impacts de la ZFE sur les émissions de PM10 et de PM2,5 pour tous les véhicules routiers

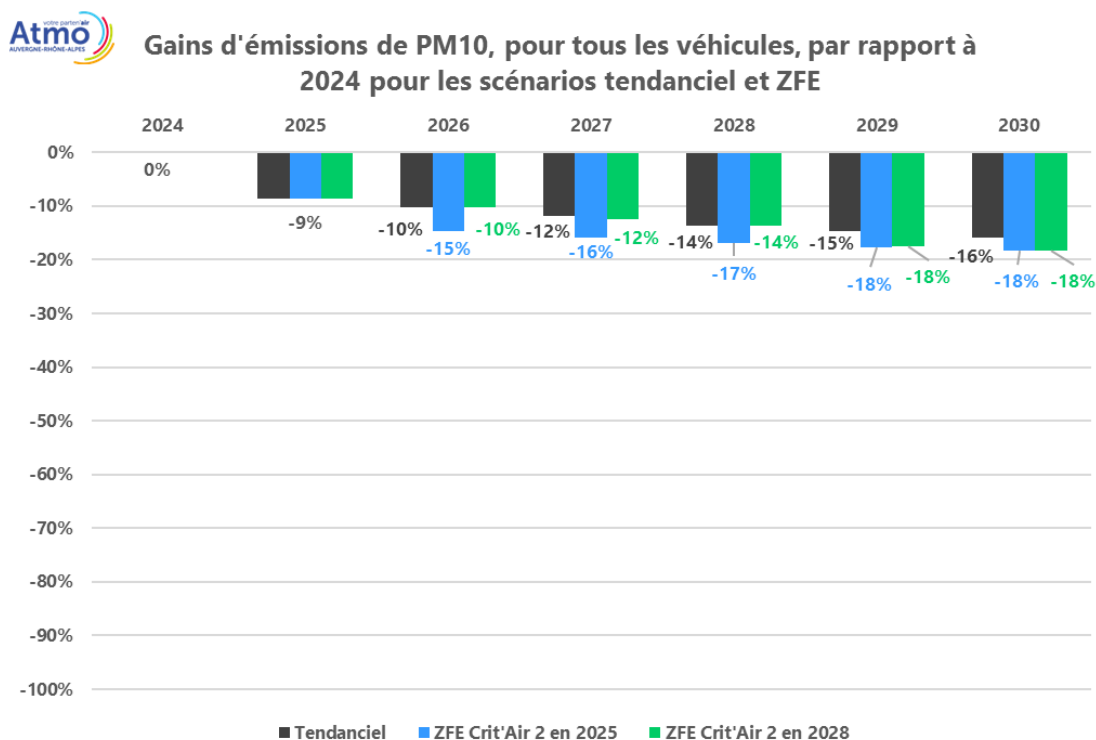


Figure 33 : Réductions d'émissions de PM10, pour tous les véhicules, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)

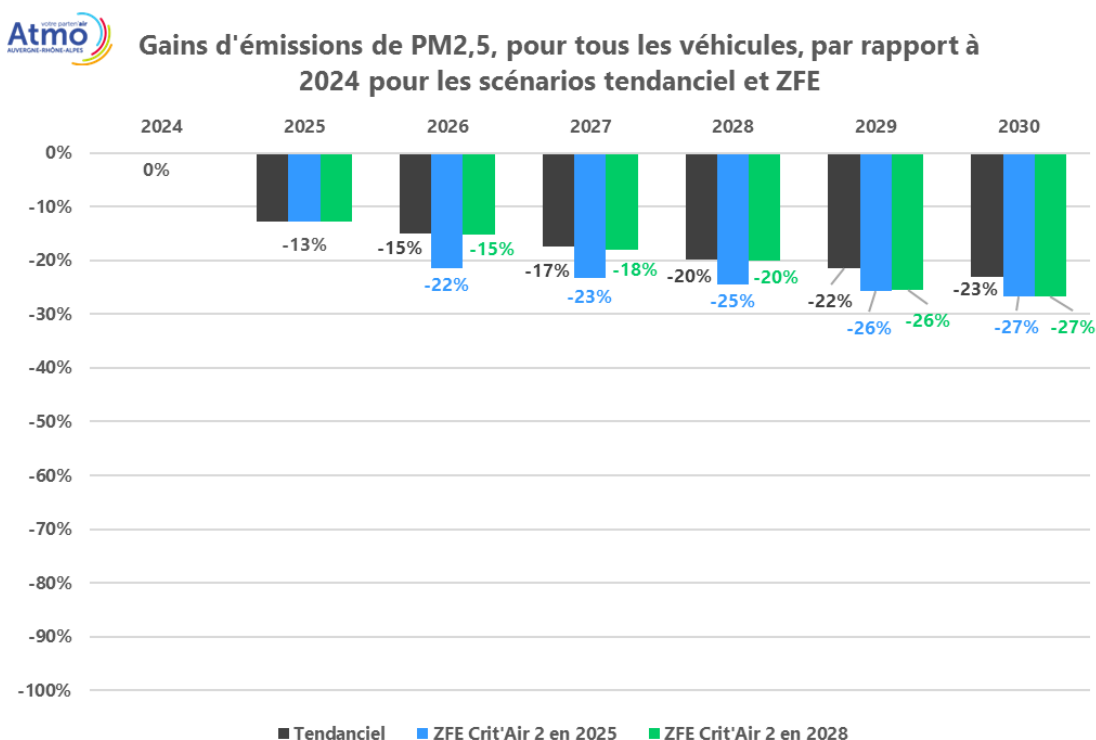


Figure 34 : Réductions d'émissions de PM2,5, pour tous les véhicules, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)

Impacts de la ZFE sur les émissions de GES pour tous les véhicules routiers



Gains d'émissions de GES, pour tous les véhicules, par rapport à 2024 pour les scénarios tendanciel et ZFE

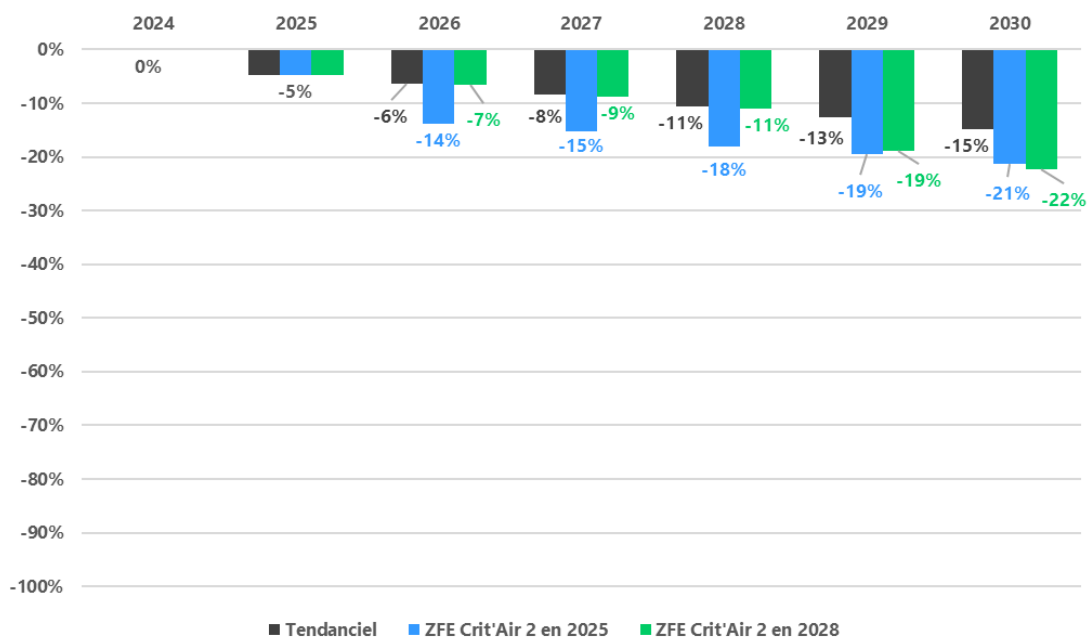


Figure 35 : Réductions d'émissions de GES, pour tous les véhicules, en pourcentage par rapport à 2024 pour le scénario tendanciel et les deux scénarios ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)