

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

2025

Grenoble-Alpes Métropole



Diffusion : Mars 2025

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 réglementaire 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	6
2. État des lieux des émissions et de la qualité de l'air sur le territoire métropolitain	7
1.1. Contexte réglementaire	7
1.2. Les émissions liées au trafic routier	8
1.2.1. Répartition des émissions des différents secteurs d'activités du territoire de la Métropole	8
1.2.2. Répartition des émissions du transport routier par type de véhicules sur le territoire de la Métropole.....	9
1.3. Concentrations et populations exposées	10
1.3.1. Dioxyde d'azote (NO ₂)	10
1.3.2. Particules fines (PM10 et PM2,5)	12
3. Évaluation des réductions d'émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre attendues par les premiers pas d'interdiction de la zone à faibles émissions	14
3.1. Cadre méthodologique de la démarche d'évaluation	14
3.2. Résultats des enquêtes « plaques » de 2017 et 2024 pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds	15
3.3. Projection tendancielle de l'enquête plaques de 2017 en 2024, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, et comparaison avec l'enquête plaques de 2024	16
3.4. Méthodologie de calcul des émissions de polluants	18
3.5. Impacts de la ZFE sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre sur le territoire de la Métropole	19
4. Conclusion	22
5. Annexes	23

Illustrations

Figure 1 : Périmètre et calendrier de la zone à faibles émissions véhicules utilitaires légers et poids lourds (Source : Grenoblealpesmétropole.fr)	6
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)	9
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).....	10
Figure 4 : Carte de la concentration annuelle de NO ₂ sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA).....	11
Figure 5 : Carte de la concentration annuelle en particules fines (PM10) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA).....	12
Figure 6 : Carte de la concentration annuelle de particules fines (PM2,5) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA).....	13
Figure 7 : Répartition des véhicules utilitaires légers et des poids lourds pour l'enquête « plaques » de 2024 (Source : Jonction/GAM)	15
Figure 8 : Parcs de véhicules utilitaires légers et de poids lourds issus des enquêtes plaques de 2017 et de 2024 (Source : GAM/Atmo AuRA)	16
Figure 9 : Projection tendancielle du nombre de véhicules utilitaires légers et de poids lourds à partir de l'enquête « plaques » de 2017 et comparaison avec l'enquête « plaques » de 2024 (Source : GAM/Atmo AuRA)	17
Figure 10 : Parcs roulants pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds issus des enquêtes « plaques » de 2017, projetée tendanciellement, et de 2024 (Source : GAM/Atmo AuRA).....	18
Figure 11 : Modèle trafic utilisé pour calculer les émissions de polluants du trafic routier (Source : AURG/SMMAG).....	19
Figure 12 : Réductions des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, pour les poids lourds, sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole entre 2017 et 2024 avec la mise en place de la ZFE (Source : Atmo AuRA).....	20
Figure 13 : Réductions des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, pour les véhicules utilitaires légers, sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole entre 2017 et 2024 avec la mise en place de la ZFE (Source : Atmo AuRA)	20
Figure 14 : Réductions des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole entre 2017 et 2024 avec la mise en place de la ZFE (Source : Atmo AuRA).....	21
Figure 15 : Réductions des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, pour tous les véhicules, sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole entre 2017 et 2024 avec la mise en place de la ZFE (Source : Atmo AuRA).....	23
Figure 16 : Chaîne de calcul des émissions d'Atmo AURA	24
Figure 17 : Chaîne de calcul des émissions de transports routiers d'Atmo AURA.....	25

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 est l'interdiction de circulation des Crit'Air 2 en juillet 2028.

L'article L2213-4-1 du Code Général des Collectivités Locales cadrant les ZFE-m, prévoit : « IV. – L'autorité compétente pour prendre l'arrêté en évalue de façon régulière, au moins tous les trois ans, l'efficacité au regard des bénéfices attendus et peut le modifier en suivant la procédure prévue au III du présent article. ».

Une première évaluation réglementaire de la ZFE a ainsi été réalisée en 2021, afin d'estimer l'évolution de la composition du parc roulant et les gains d'émissions de polluants atmosphériques et de GES qui en découlent. En 2024, une nouvelle évaluation de la ZFE est réalisée avec l'ajout du pas d'interdiction des VUL et PL Crit'Air 3 en juillet 2022.

Cette évaluation réalisée à partir du recensement des véhicules circulant sur la Métropole grenobloise en 2021, permet de mesurer les effets de la ZFE-m par rapport à une évolution tendancielle du parc roulant.

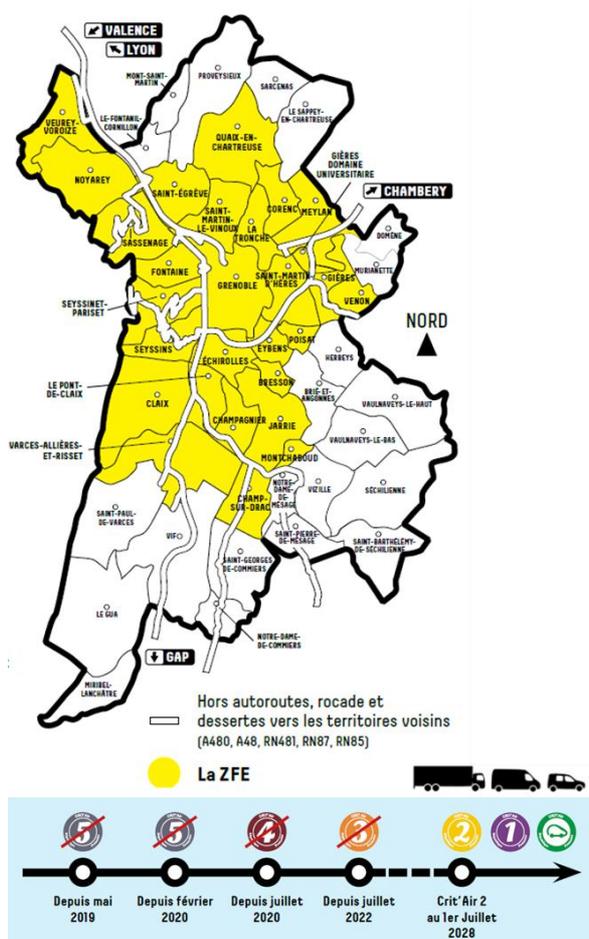


Figure 1 : Périmètre et calendrier de la zone à faibles émissions véhicules utilitaires légers et poids lourds (Source : Grenoblealpesmétropole.fr)

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, en raison de plusieurs facteurs environnementaux et géographiques défavorables. Son relief montagneux, combiné à une climatologie qui limite la dispersion des polluants dans l'atmosphère, crée un environnement propice à l'accumulation des polluants, ce qui aggrave la qualité de l'air. À cela s'ajoutent des sources de pollution importantes, notamment le chauffage au bois non performant, qui contribue de manière significative aux émissions de particules fines, ainsi que le trafic routier dense et l'activité industrielle. Trois polluants en particulier ont été identifiés comme ayant connu des dépassements des seuils réglementaires et des valeurs de référence. Il s'agit du dioxyde d'azote (NO₂), des particules fines, à la fois les PM₁₀ et PM_{2,5}, et de l'ozone (O₃). Ces polluants, qui ont des effets directs sur la santé respiratoire et cardiovasculaire, constituent un enjeu majeur pour la qualité de vie des habitants de la région et nécessitent des actions ciblées pour réduire leur concentration et leurs impacts environnementaux et sanitaires.

Cette section présente une description détaillée de l'état initial de la qualité de l'air sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole en 2023. Elle montre une évaluation complète de l'exposition de la population aux niveaux de pollution, en particulier en ce qui concerne les dépassements des valeurs réglementaires en vigueur, ainsi que des valeurs guides définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 2021. En outre, cette évaluation prend en compte les futures valeurs réglementaires de la nouvelle directive européenne. Les polluants étudiés, à savoir le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}), sont au cœur de l'analyse, en raison de leur impact direct sur la santé publique et de leur présence persistante dans l'air du territoire. Cette description permet ainsi d'établir un état des lieux précis de la situation actuelle en matière de qualité de l'air, en mettant en lumière les zones où la population est particulièrement exposée à des niveaux de pollution susceptibles de dépasser les seuils recommandés.

1.1. 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 2021¹, présente des données montrant les effets néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé, à des concentrations encore plus faibles qu'admises 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

¹ 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>

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.

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 actuel	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

1.2. Les émissions liées au trafic routier

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

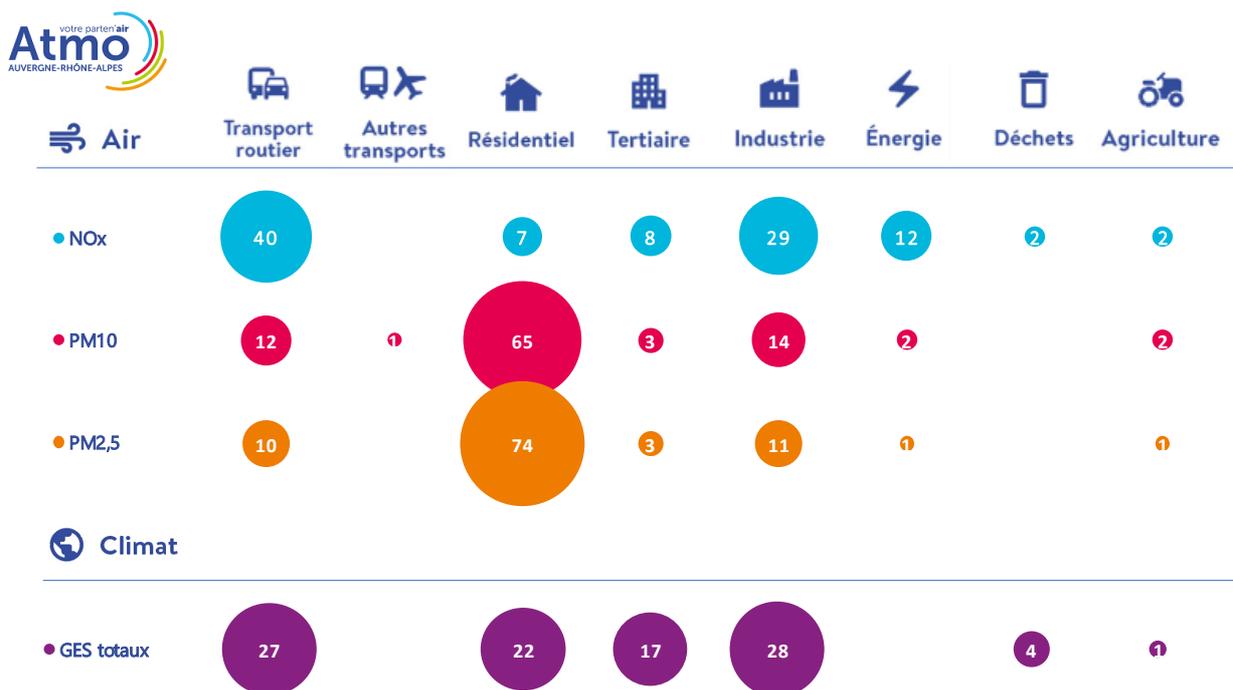
La Figure 2 illustre les répartitions des émissions de polluants ayant des effets sanitaires, tels que les oxydes d'azote (NO_x), les particules fines PM10 et PM2,5, ainsi que les gaz à effet de serre (GES), sur le territoire de l'agglomération grenobloise pour l'année 2021. Cette représentation permet 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 (NO_x) 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 NO_x 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)

1.2.2. 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).

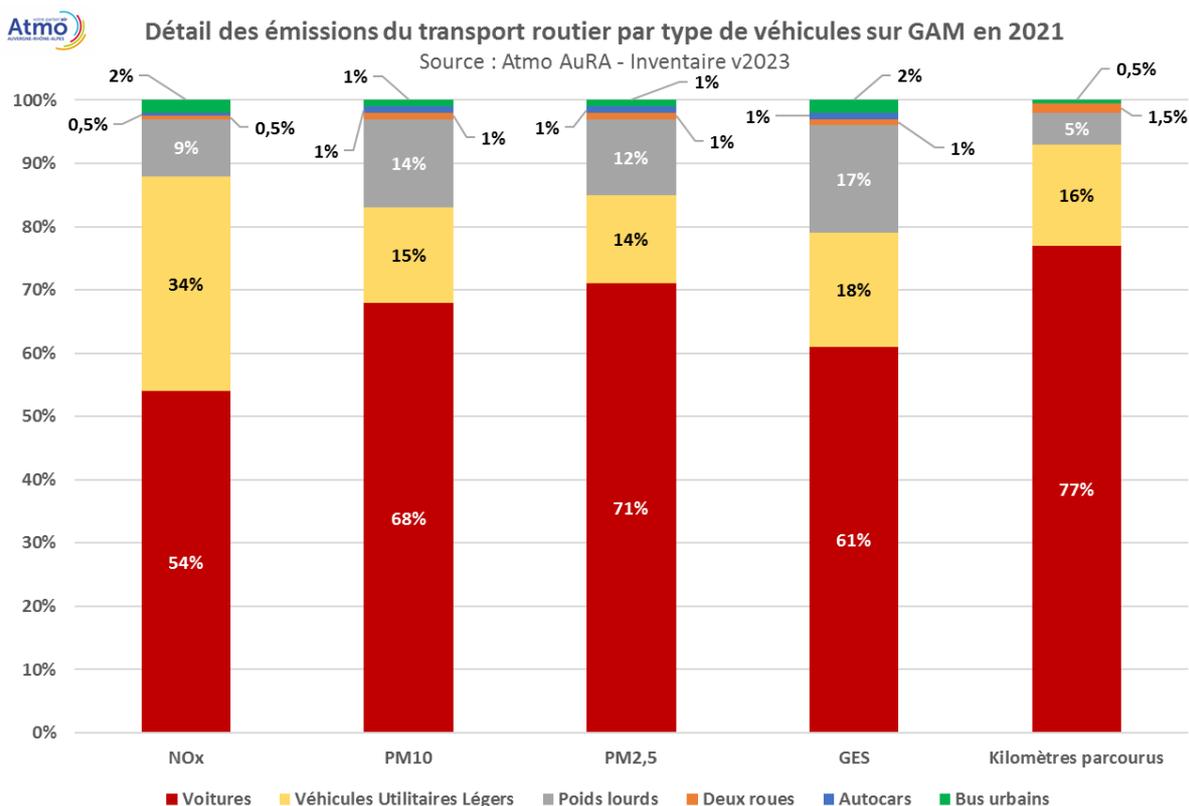


Figure 3 : Répartition des émissions de NOx, de PM10, de PM2,5 et GES par type de véhicules sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2021 (Source : Atmo AURA - Inventaire v2023)

1.3. Concentrations et populations exposées

1.3.1. 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.

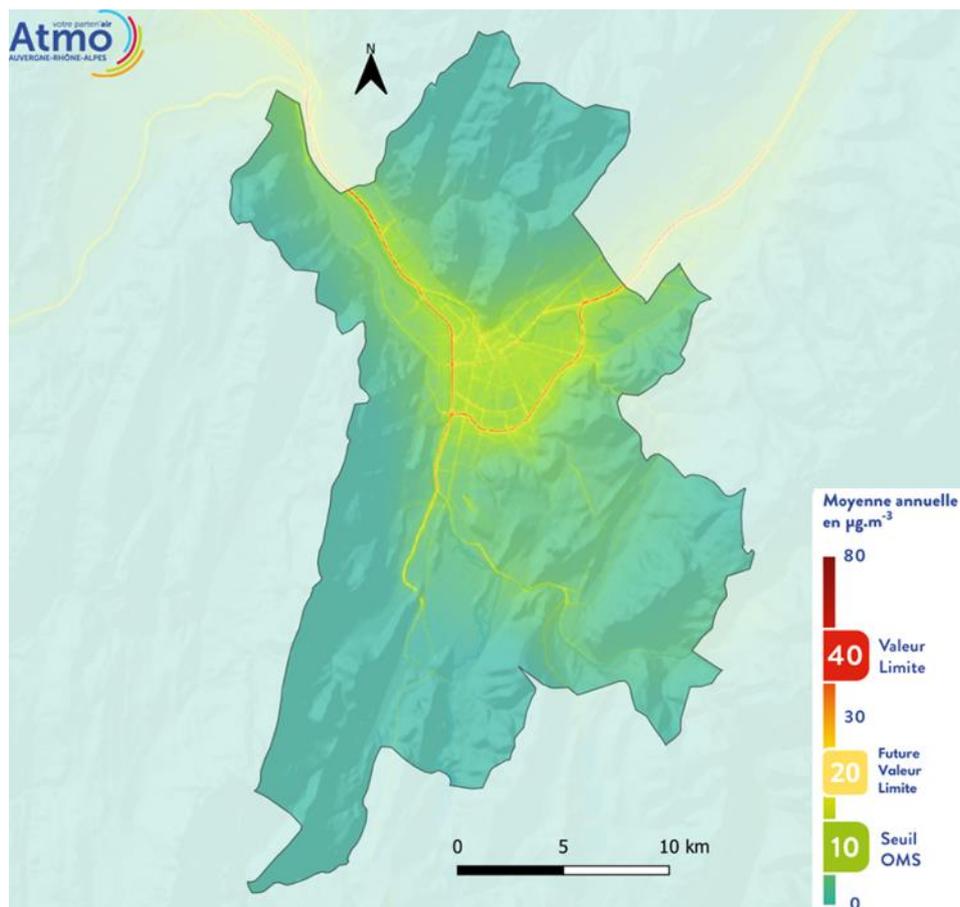


Figure 4 : Carte de la concentration annuelle de NO_2 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA)

1.3.2. Particules fines (PM10 et PM2,5)

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 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et PM2,5 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ce qui montre que la population ne rencontre pas de dépassement des seuils légaux actuels. Cette tendance est également observée par rapport à la valeur de la future directive européenne pour les PM10, fixée en 2030 à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau 3).

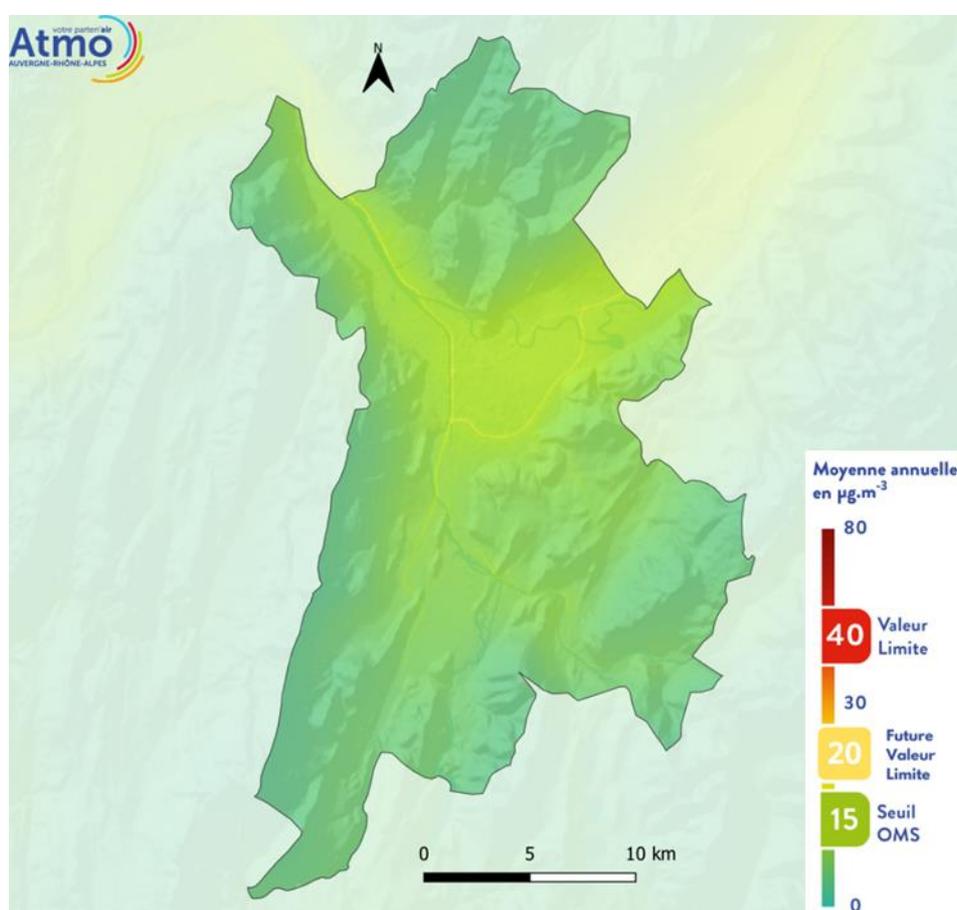


Figure 5 : Carte de la concentration annuelle en particules fines (PM10) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA)

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%

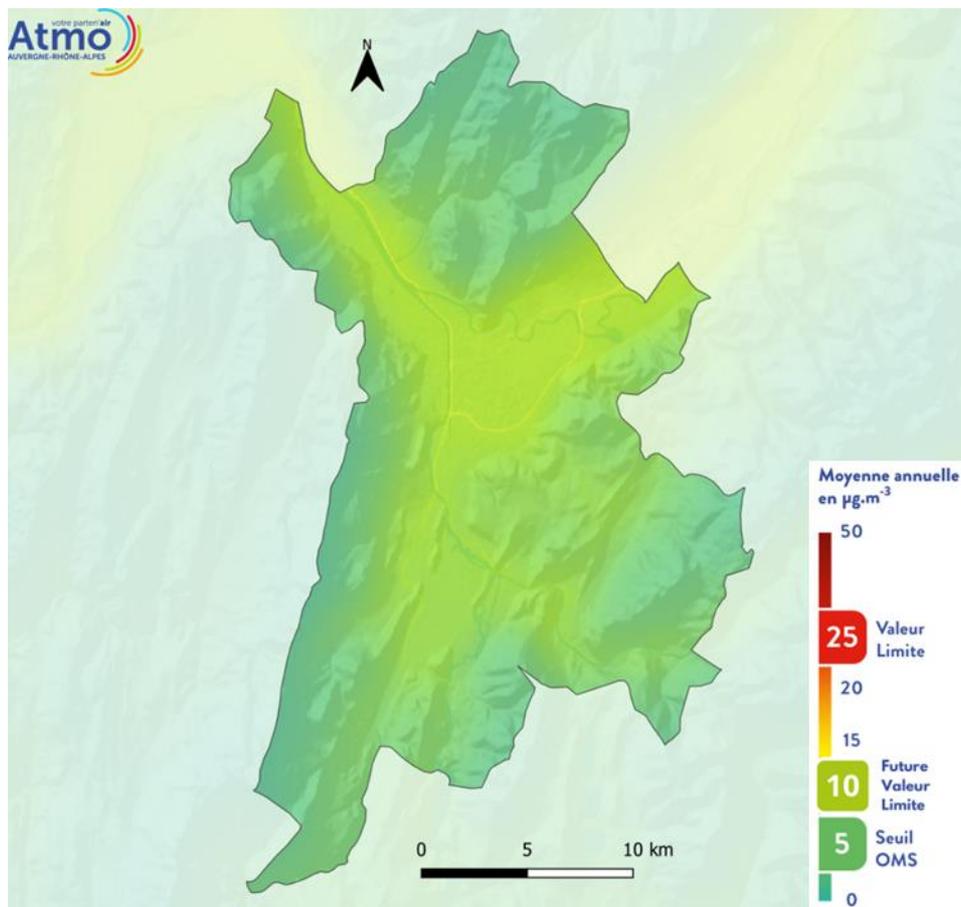


Figure 6 : Carte de la concentration annuelle de particules fines (PM2,5) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2023 (Source : Atmo AuRA)

3. Évaluation des réductions d'émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre attendues par les premiers pas d'interdiction de la zone à faibles émissions

3.1. Cadre méthodologique de la démarche d'évaluation

En 2024, la métropole grenobloise doit réaliser une 2^{ème} évaluation réglementaire de sa zone à faibles émissions pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, 3 ans après la précédente. Pour réaliser cette évaluation des impacts de la ZFE, il est nécessaire de connaître les parcs en circulation ou « parc roulant » sur le périmètre réglementé, qui correspond aux véhicules circulant quotidiennement sur le territoire et qui permet d'alimenter les simulations d'impact sur la qualité de l'air. En effet, c'est l'usage du véhicule qui contribue aux émissions de polluants.

Il faut également prendre en compte le parc en circulation qui est susceptible de venir de l'extérieur du territoire (communes voisines, transport régional, national et européen) et pas uniquement le parc immatriculé sur le territoire (parc dit "statique"). C'est particulièrement le cas pour le transport de marchandises où des véhicules immatriculés sur la métropole peuvent circuler en majorité à l'extérieur du territoire et inversement (environ 50% des véhicules qui circulent quotidiennement sur la Métropole viennent de l'extérieur). Afin de connaître ce parc en circulation sur le territoire plusieurs enquêtes « plaques » ont été réalisées, dont une en 2017, avant la mise en place de la ZFE, et une en début d'année 2024, après la mise en place du 3^{ème} pas d'interdiction de circulation pour les véhicules Crit'Air 3.

Pour mesurer l'impact de la mise en œuvre de la ZFE pour les VUL et les PL, les éléments de méthodes suivants ont été utilisés :

- Définition du parc roulant local par une enquête par relevé de plaques d'immatriculation avant la mise en place de la ZFE ;
- Construction de l'évolution tendancielle du parc local sans réglementation ZFE ;
- Définition du parc roulant local par une enquête par relevé de plaques d'immatriculation après la mise en place de la ZFE.

Ces compositions de parcs ont été construites à l'aide des deux enquêtes « plaques » réalisées en 2017 et en 2024. La première réalisée en 2017 permet d'avoir la situation initiale et de construire le parc tendanciel jusqu'en 2024 sans la mise en place de la ZFE, et la seconde permet d'avoir le parc en 2024 avec la mise en place de la ZFE. 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.

3.2. Résultats des enquêtes « plaques » de 2017 et 2024 pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds

Pour connaître les caractéristiques du parc de véhicules en circulation sur son territoire, Grenoble-Alpes Métropole a mené une enquête « plaques » en février 2024. Cette enquête consiste à réaliser un relevé intégral des plaques d'immatriculation des véhicules qui franchissent un cordon autour du périmètre ZFE (à l'exception des axes non concernés). L'avantage est de rendre compte du parc en circulation sur le périmètre réglementé, en prenant en compte le fait que les véhicules relevés sont statistiquement ceux qui roulent le plus. Le recensement des plaques ainsi obtenu permet ensuite l'interrogation du Système d'Immatriculation des Véhicules (SIV). Il est de la sorte possible de caractériser très précisément les véhicules identifiés (lieu d'immatriculation, modèle, carrosserie, âge, poids, motorisation, énergie, norme euro, etc.) et de leur affecter une vignette Crit'Air. Cette enquête a recensé et qualifié 21 404 véhicules utilitaires légers et poids lourds (potentiellement concernés par la réglementation ZFE). L'enquête a été réalisée sur deux mardi consécutifs, sur une période continue et sur une cinquantaine de points de comptage couvrant 70 voies.

Le parc en circulation est majoritairement composé de véhicules utilitaires légers (VUL), véhicules dont le poids total autorisé en charge (PTAC) n'excède pas 3,5 tonnes. Les poids lourds représentent 11% du parc circulant, et sont constitués de :

- Camions porteurs : ces types de camion possèdent, sur le même châssis, la cabine et un volume de chargement pour transporter les marchandises. Ce volume peut être par exemple une caisse rigide, un plateau, une citerne, une benne, etc. Une remorque peut être attelée pour augmenter la capacité du véhicule ;
- Camions articulés : les véhicules articulés sont constitués d'un tracteur routier auquel est accroché une semi-remorque.

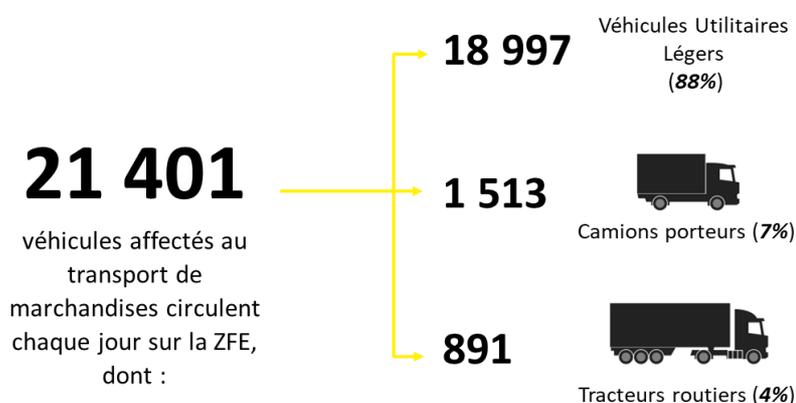


Figure 7 : Répartition des véhicules utilitaires légers et des poids lourds pour l'enquête « plaques » de 2024 (Source : Jonction/GAM)

En 2024, il est observé qu'environ 20% des véhicules utilitaires en circulation (soit 3 638 véhicules) circulent avec une vignette Crit'Air non conforme, ce qui inclut les véhicules en dérogation et ceux en infraction. On note que la grande majorité des véhicules utilitaires et des poids-lourds circulant sur le périmètre de la ZFE est classée Crit'Air 2.

La Figure 8 montre les répartitions par vignette Crit'Air des véhicules utilitaires légers et des poids lourds pour les enquêtes plaques réalisées sur la métropole en 2017 et en 2024.

En 2017, la répartition des véhicules utilitaires légers (VUL) en fonction de leur vignette Crit'Air montre que les véhicules classés Crit'Air 4 et plus représentaient environ 19% du parc, tandis que les véhicules Crit'Air 3 constituaient environ 30% et ceux classés Crit'Air 2 environ 49%. Les VUL

bénéficiant de la vignette Crit'Air 1 ou électriques étaient encore relativement minoritaires, représentant moins de 3% du parc. Concernant les poids lourds (PL), la répartition était différente, avec 28% des PL classés Crit'Air 2, 34% en Crit'Air 3 et 38% en Crit'Air 4 et plus, dont 17% étaient classés Crit'Air 4 et 14% Crit'Air 5.

En 2024, une évolution notable est observée dans la répartition des véhicules. Les VUL disposant d'une vignette Crit'Air 3 et plus représentent désormais environ 21% du parc, dont environ 14% sont classés Crit'Air 3. Les véhicules Crit'Air 2 connaissent une nette augmentation, représentant désormais environ 72% du parc, tandis que les véhicules Crit'Air 1 et électriques représentent environ 7% de l'ensemble. Du côté des poids lourds (PL), la part des véhicules Crit'Air 3 et plus a considérablement diminué, ne représentant plus que 13% du parc, dont 7% sont classés Crit'Air 3. Les véhicules Crit'Air 1, sont désormais présents à hauteur de 6%, tandis que la majorité des PL, soit plus de 80%, est désormais classée en Crit'Air 2.

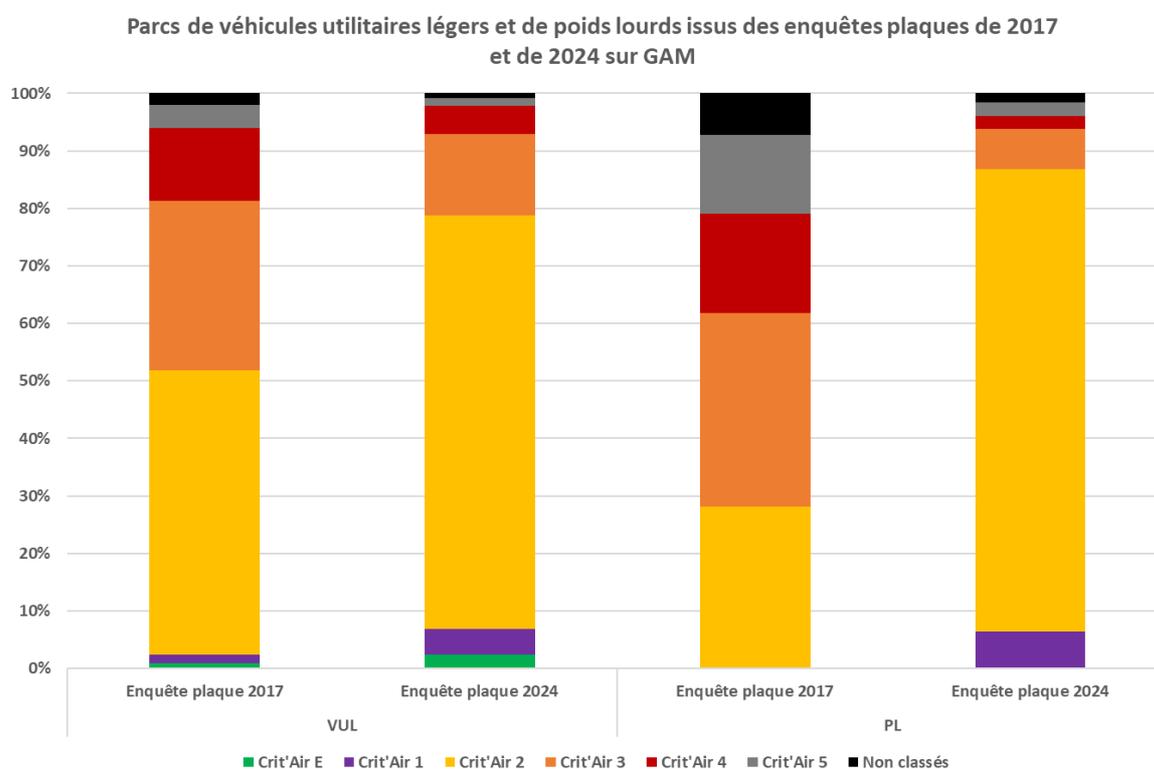


Figure 8 : Parcs de véhicules utilitaires légers et de poids lourds issus des enquêtes plaques de 2017 et de 2024 (Source : GAM/Atmo AuRA)

3.3. Projection tendancielle de l'enquête plaques de 2017 en 2024, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, et comparaison avec l'enquête plaques de 2024

Les projections de l'enquête « plaques » de 2017 de façon tendancielle utilisent les 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). Est également prise en compte l'interdiction de vente des véhicules légers thermiques (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.

Cette projection est présentée dans la Figure 9 qui permet de comparer ces résultats aux données réelles obtenues à partir de l'enquête plaques de 2024, afin d'évaluer l'évolution effective des parcs de véhicules au fil du temps. Cette comparaison permet d'analyser la pertinence des tendances anticipées et d'identifier d'éventuelles différences, tout en offrant un aperçu des changements dans la composition du parc en termes de catégories de vignettes Crit'Air et de types de véhicules, qu'il s'agisse de VUL ou de PL.

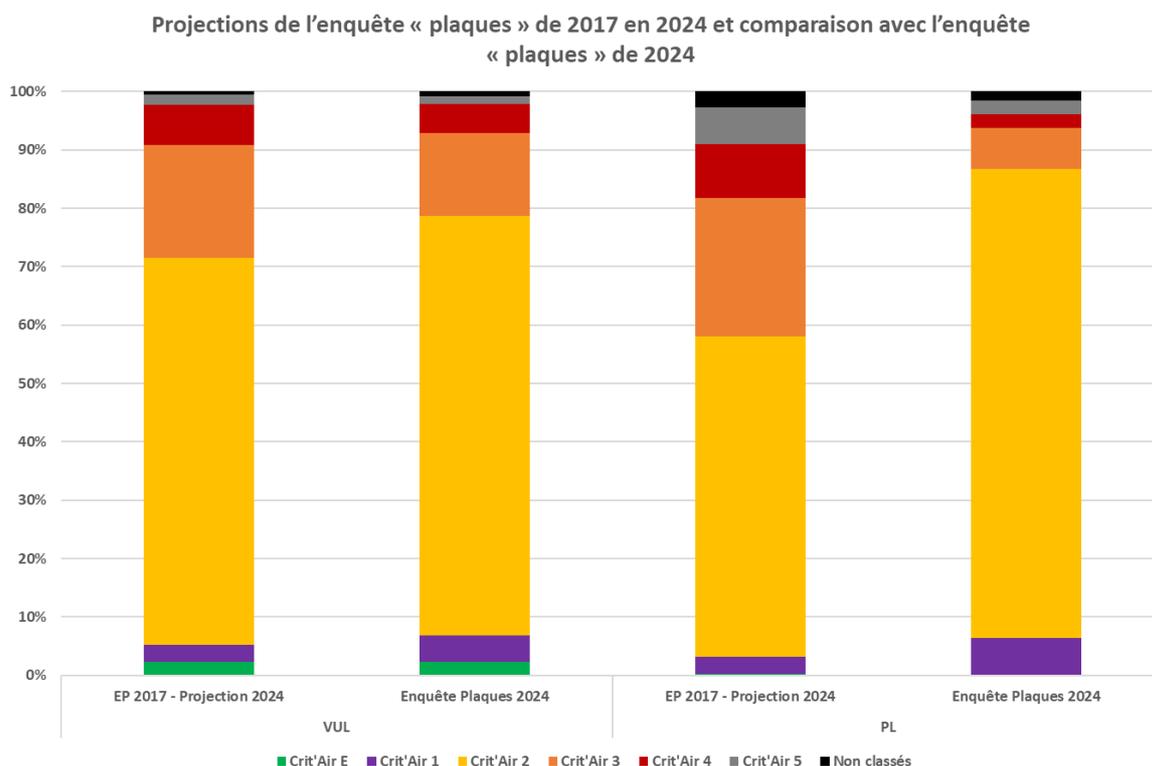


Figure 9 : Projection tendancielle du nombre de véhicules utilitaires légers et de poids lourds à partir de l'enquête « plaques » de 2017 et comparaison avec l'enquête « plaques » de 2024 (Source : GAM/Atmo AuRA)

La Figure 10 présente les parcs roulants pour les VUL et les PL issus des projections de l'enquête « plaques » de 2017 et des données de l'enquête de 2024. La projection en parc roulant (pondération de chaque véhicule par son kilométrage annuel variant notamment selon le type, l'âge et l'énergie du véhicule) est nécessaire préalablement au calcul des émissions. Les données de kilométrage annuel sont issues des hypothèses nationales du CITEPA.

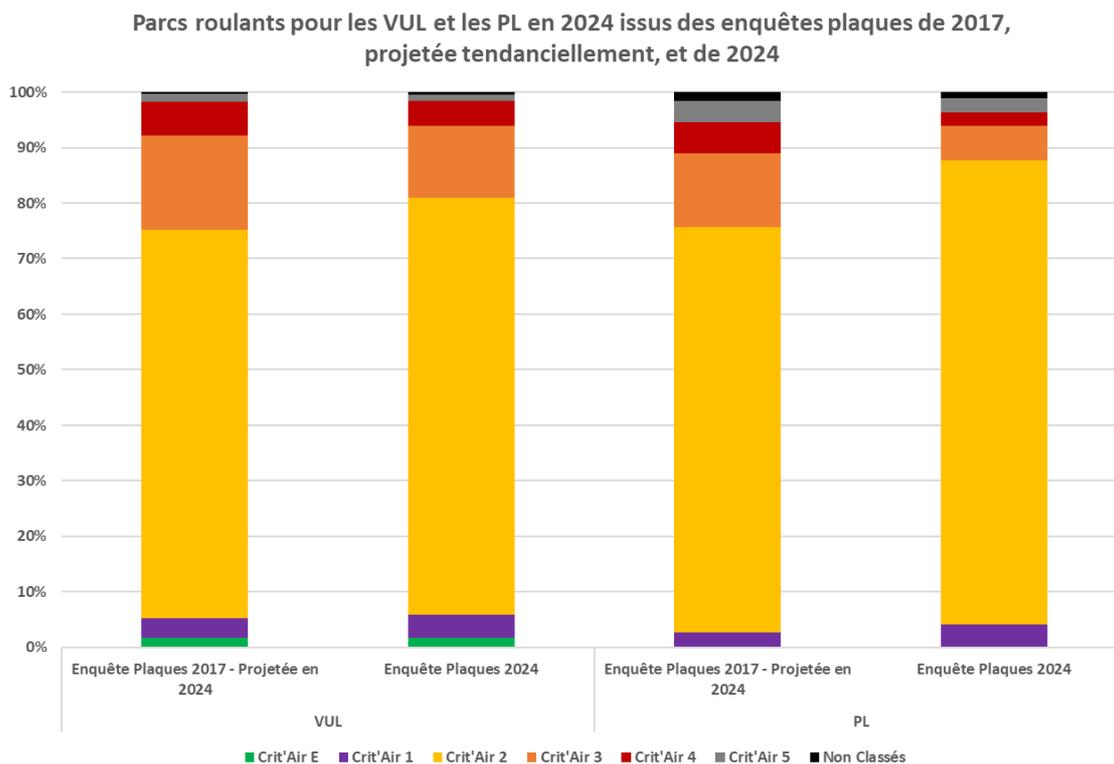


Figure 10 : Parcs roulants pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds issus des enquêtes « plaques » de 2017, projetée tendanciellement, et de 2024 (Source : GAM/Atmo AuRA)

3.4. 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 11) géré conjointement par l'AURG² et le SMMAG³ : Modélisation de référence « Cœur de Ville Cœur de Métropole » mise à jour en 2022.

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 AASQA⁴ pour la réalisation des inventaires nationaux et territoriaux.

² Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise

³ Syndicat Mixte des Mobilités de l'Aire Grenobloise

⁴ Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

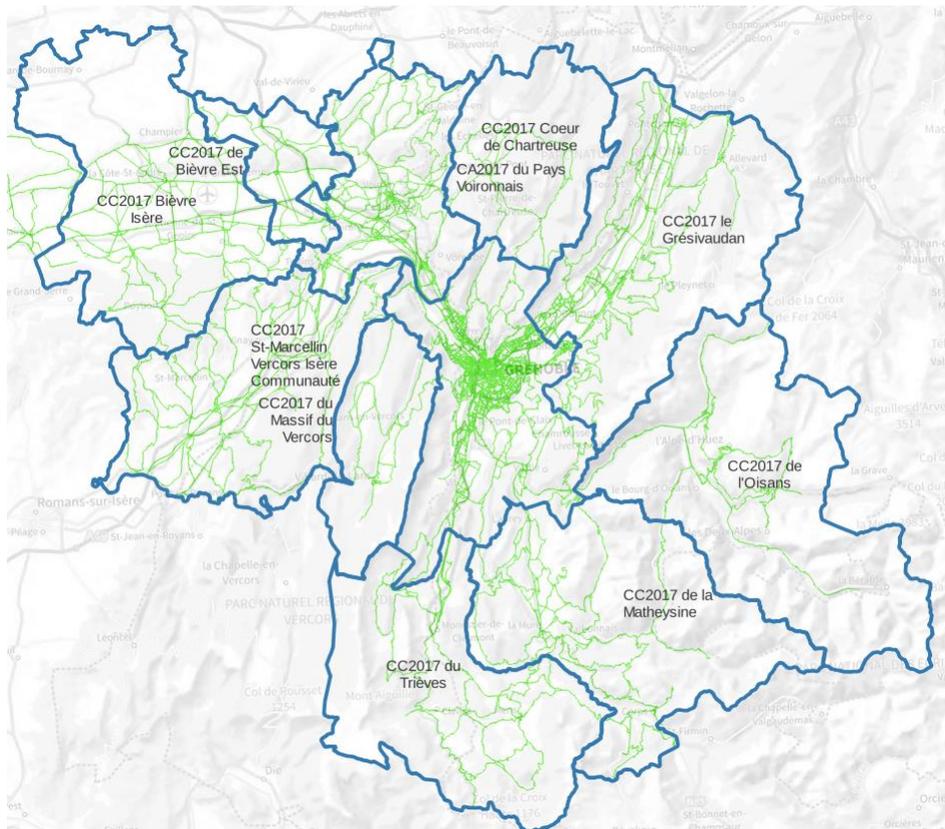


Figure 11 : Modèle trafic utilisé pour calculer les émissions de polluants du trafic routier (Source : AURG/SMMAG)

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

Cette section présente les gains en termes de réduction des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, évalués entre 2017 et 2024, liés au renouvellement tendanciel des véhicules, ainsi que les gains supplémentaires réalisés grâce à l'instauration de la zone à faibles émissions pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds (Figure 12, Figure 13 et Figure 14). Les impacts sur les émissions du trafic routier total sur la métropole grenobloise sont donnés dans l'Annexe 1.

Pour les dioxydes d'azote, l'instauration de la ZFE a un impact significatif sur la baisse des émissions, entraînant une réduction supplémentaire de 9% supplémentaire pour les VUL et PL par rapport au renouvellement tendanciel, ce qui se traduit par un gain d'environ 80 tonnes. En considérant l'ensemble de la période de 2017 à 2024, les émissions de NOx des VUL et PL ont globalement diminué de 50 %, représentant ainsi une réduction totale d'environ 420 tonnes. Cette baisse est particulièrement marquée pour les poids lourds, en raison d'un parc plus ancien en 2017 par rapport aux VUL, et d'un renouvellement plus rapide durant cette période avec l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 3 et plus dans les zones concernées par la ZFE. La mise en place de la ZFE entraîne un gain supplémentaire de 14% sur les émissions des PL, soit environ 60 tonnes de gains.

Évolution des émissions de polluants atmosphériques et de GES des poids lourds sur Grenoble-Alpes-Métropole entre 2017 et 2024 avec la mise en place de la ZFE

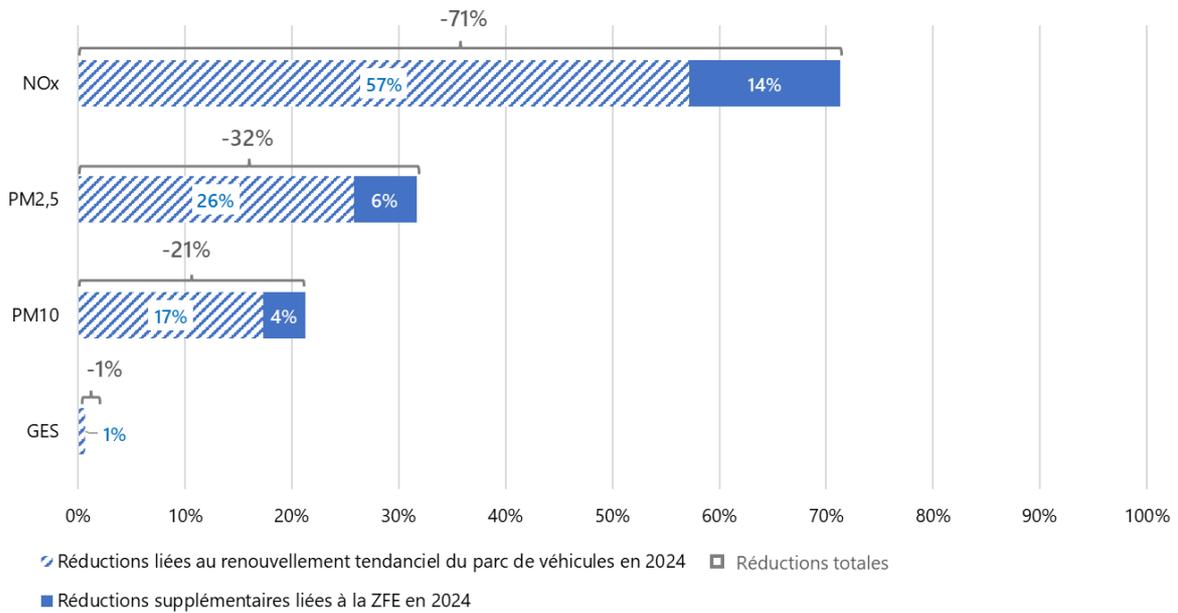


Figure 12 : Réductions des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, pour les poids lourds, sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole entre 2017 et 2024 avec la mise en place de la ZFE (Source : Atmo AuRA)

Pour les particules fines PM10 et PM2,5, les gains d'émissions supplémentaires liés à la mise en place de la ZFE sont compris entre 4% et 7% pour les VUL et les PL, ce qui correspond à des gains estimés entre 1 et 2 tonnes. Entre 2017 et 2024, les émissions de PM10 et PM2,5 ont diminué d'environ 10 tonnes pour l'ensemble des émissions combinées des VUL et des PL.

Évolution des émissions de polluants atmosphériques et de GES des VUL sur Grenoble-Alpes-Métropole entre 2017 et 2024 avec la mise en place de la ZFE

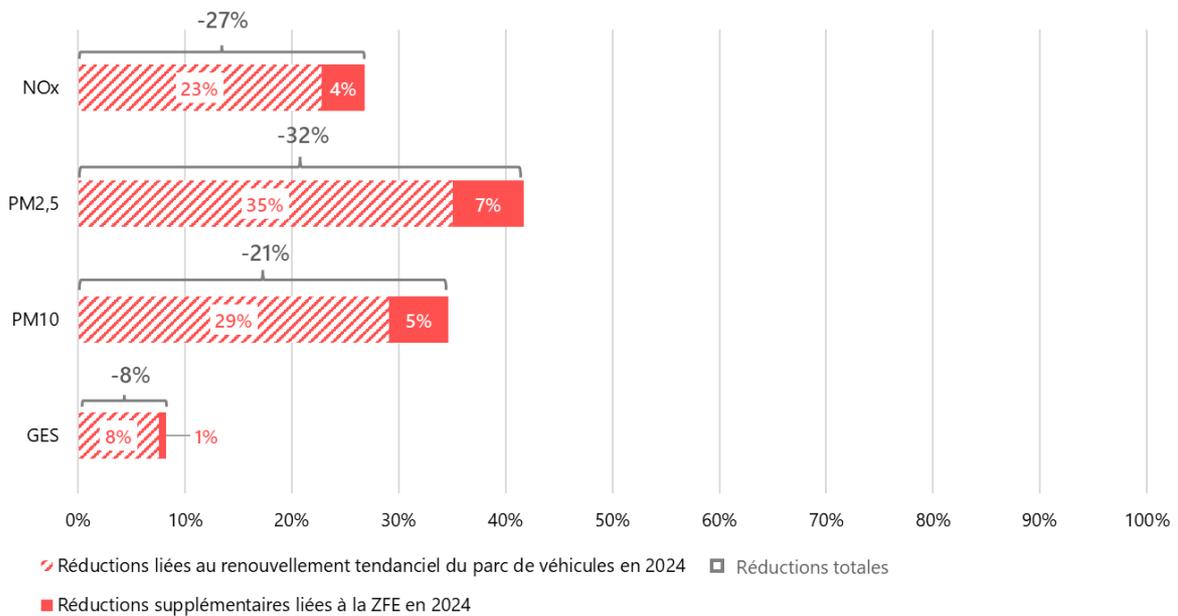


Figure 13 : Réductions des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, pour les véhicules utilitaires légers, sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole entre 2017 et 2024 avec la mise en place de la ZFE (Source : Atmo AuRA)

Pour les gaz à effet de serre, la mise en place de la ZFE n'entraîne quasiment pas de gains d'émission. Ceci s'explique par le renouvellement des véhicules Crit'Air 3 et plus par des véhicules Crit'Air 2 principalement diesel, et très peu par des motorisations alternatives (électrique, Gaz Naturel pour Véhicules-GNV, hydrogène). Entre 2017 et 2024, ce sont principalement pour les VUL que les gains sont observés avec une baisse de 9% de leurs émissions de GES, soit environ 4 800 tonnes.



Évolution des émissions de polluants atmosphériques et de GES des poids lourds et VUL sur Grenoble-Alpes-Métropole entre 2017 et 2024 avec la mise en place de la ZFE

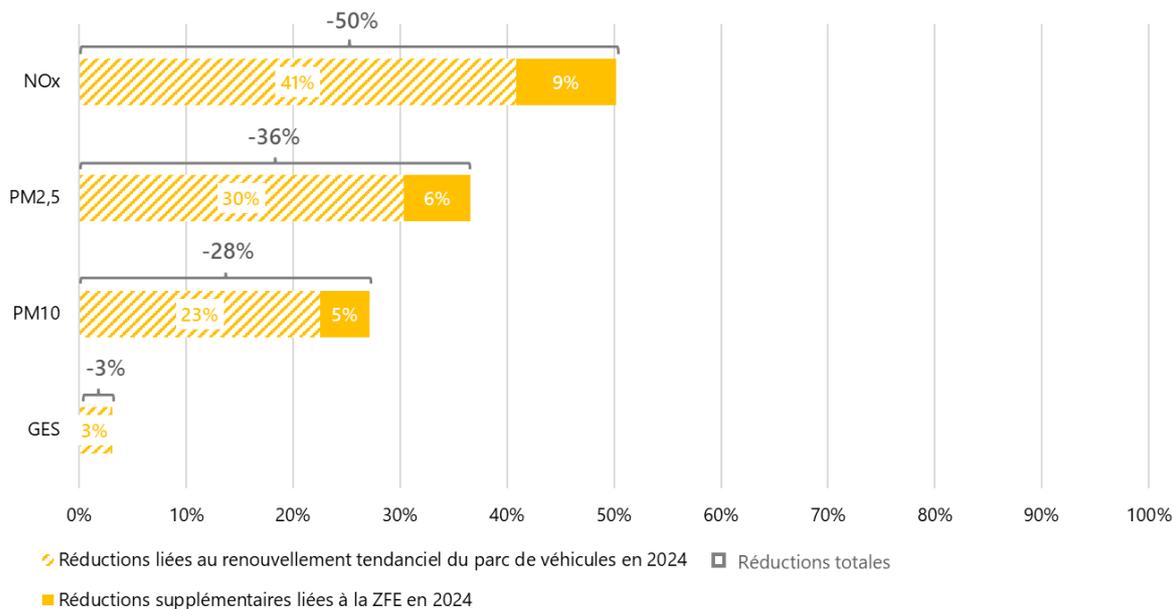


Figure 14 : Réductions des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole entre 2017 et 2024 avec la mise en place de la ZFE (Source : Atmo AuRA)

4. Conclusion

L'état de la qualité de l'air sur la Métropole 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 par 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 l'impact de la mise en place des trois premiers pas d'interdiction de la zone à faibles émissions pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, soit l'interdiction de circulation des Crit'Air 3 et plus entre 2019 et 2022, sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre sur le territoire de la métropole grenobloise.

Deux types de données de parcs ont été utilisés pour réaliser cette évaluation :

- une projection tendancielle en 2024 de l'enquête « plaques » réalisée en 2017 avant la mise en place de la ZFE ;
- l'enquête « plaques » de 2024 qui prend en compte les trois premières étapes de la ZFE.

L'analyse de ces deux enquêtes « plaques » montre que la mise en place des trois premières étapes de réglementation de la ZFE sur les 27 communes de Grenoble-Alpes-Métropole a permis d'accélérer le renouvellement des VUL et des PL les plus polluants (Crit'Air 3, 4, 5 et non classés) avec leur sortie anticipée du parc roulant. Une grande majorité du renouvellement s'est fait vers des véhicules diesel Crit'Air 2, avec un renouvellement moins important vers des véhicules essence ou GNV de Crit'Air 1 et des véhicules électriques.

Un taux non négligeable de véhicules non conformes est observé pour les différentes catégories, notamment pour les VUL avec environ 20% de véhicules Crit'Air 3 et plus en 2024, et environ 13% de PL Crit'Air 3 et plus. Parmi ces véhicules non conformes présents dans le parc en 2024, une partie sont des véhicules possédant une dérogation.

La mise en place de la ZFE a entraîné une réduction supplémentaire des émissions de NOx et de particules fines en 2024 par rapport à un renouvellement tendanciel pour les VUL et les PL. Ces réductions d'émissions induites par la ZFE sont d'environ 9% pour les NOx (80 tonnes), et d'environ 5% pour les PM10 et PM2,5 (entre 1 et 2 tonnes). Pour les GES, la ZFE ne génère quasiment pas de réduction d'émissions, car les véhicules Crit'Air 3 et plus sont principalement remplacés par des véhicules Crit'Air 2 diesel, et assez peu par des véhicules aux motorisations alternatives, notamment pour les poids lourds.

5. Annexes

Annexe 1. Réductions des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre pour tous les véhicules

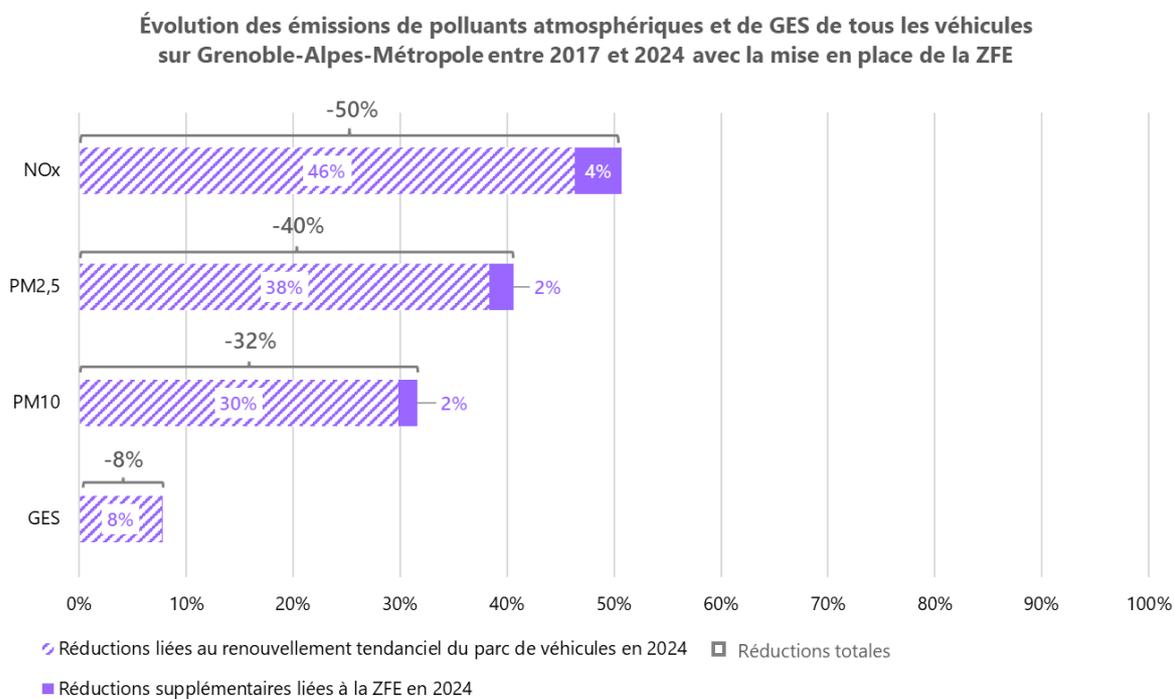


Figure 15 : Réductions des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, pour tous les véhicules, sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole entre 2017 et 2024 avec la mise en place de la ZFE (Source : Atmo AuRA)

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.

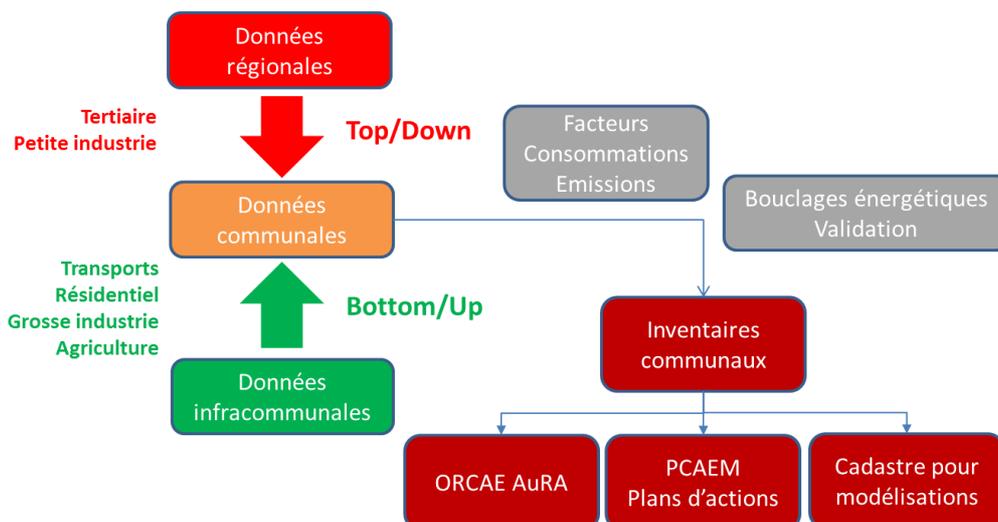


Figure 16 : Chaîne de calcul des émissions d'Atmo AURA

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 17 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.

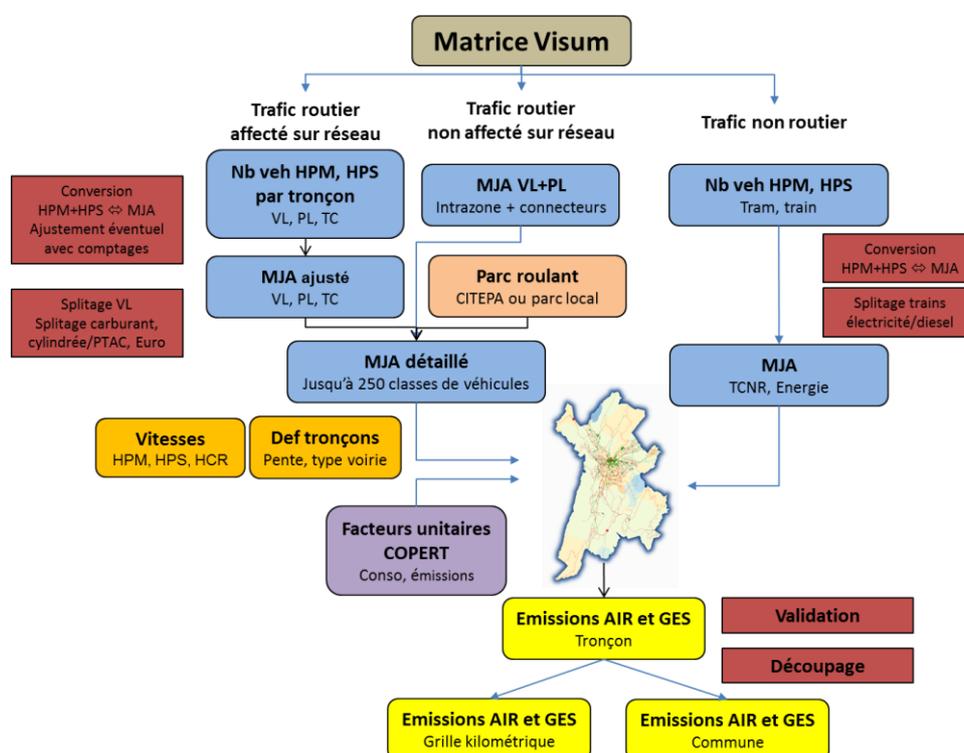


Figure 17 : Chaîne de calcul des émissions de transports routiers d'Atmo AURA