

Évaluation des scénarios de la Zone à Faibles Émissions-mobilité (ZFE-m) pour les Véhicules Particuliers (VP) et les Deux-Roues Motorisés (2RM)

2023

Grenoble-Alpes Métropole



Diffusion : Mars 2023

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

Conditions de diffusion

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

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

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

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

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

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

Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (2022) Évaluation des scénarios de la Zone à Faibles Émissions-mobilité (ZFE-m) pour les Véhicules Particuliers (VP) et les Deux-Roues Motorisés (2RM).

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. État des lieux des émissions et de la qualité de l'air sur le territoire métropolitain.....	9
1.1. Contexte.....	9
1.2. Les émissions liées au trafic routier	10
1.2.1. Répartition des émissions des différents secteurs d'activités du territoire de la Métropole :	10
1.2.2. Répartition des émissions du transport routier par type de véhicules sur le territoire de la Métropole : une majorité des émissions est due aux véhicules particuliers.....	11
1.3. Concentrations et populations exposées	12
1.3.1. Dioxyde d'azote (NO ₂)	12
1.3.2. Particules fines (PM10 et PM2,5)	13
2. Évaluation des réductions d'émissions de polluants atmosphériques attendues par la création de la ZFE-m	15
2.1. Cadre méthodologique de la démarche d'évaluation.....	15
2.2. Évaluation de la proportion de véhicules concernés par les restrictions	16
2.2.1. Parc statique 2020 pour les véhicules particuliers	16
2.2.2. Projection tendancielle du parc pour les véhicules particuliers.....	16
2.2.3. Projection des scénarios ZFE-m pour les véhicules particuliers.....	17
2.2.4. Parc statique 2020 pour les deux-roues motorisés	19
2.2.5. Projection tendancielle du parc pour les deux-roues motorisés.....	20
2.2.6. Projection des scénarios ZFE pour les deux-roues motorisés	20
2.2.7. Transcription des parcs statiques en parcs dynamiques	21
2.3. Résultats des projections des parcs tendanciels et ZFE pour les véhicules particuliers et les deux-roues motorisés entre 2022 et 2025	22
2.3.1. Projection du parc tendanciel pour les véhicules particuliers, sur le périmètre de la ZFE-m.....	22
2.3.2. Projection du parc conforme à la ZFE-m de véhicules particuliers, sur le périmètre de la ZFE-m.....	23
2.3.3. Projection du parc tendanciel pour les deux-roues motorisés, sur le périmètre de la ZFE	24
2.3.4. Projection du parc ZFE pour les deux-roues motorisés, sur le périmètre de la ZFE.....	25
2.4. Méthodologie de calcul des émissions de polluants.....	26
2.5. Impacts de la ZFE-m sur les émissions de polluants.....	29
2.5.1. Impacts de la ZFE-m sur les émissions de NO _x	30
2.5.2. Impacts de la ZFE-m sur les émissions de PM10.....	32
2.5.3. Impacts de la ZFE-m sur les émissions de PM2,5.....	34
3. Bénéfices sanitaires et climatiques attendus	36
3.1. Une diminution des niveaux de concentrations de polluants et des effets sanitaires positifs.....	36
3.1.1. Exposition de la population aux concentrations de dioxyde d'azote NO ₂	36
3.1.2. Exposition de la population aux concentrations de particules fines PM10 et PM2,5.....	38
3.2. Une diminution des émissions de gaz à effet de serre	40
4. Annexes	43

Illustrations

Figure 1 : Répartition des émissions de NO _x , de PM ₁₀ , de PM _{2,5} et GES par secteur d'activité sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2019 (Source : Atmo AURA - Inventaire ESPACE V2021)	10
Figure 2 : Répartition des émissions de NO _x , de PM ₁₀ , de PM _{2,5} et GES et des kilomètres parcourus par type de véhicules sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2019 (Source : Atmo AURA - Inventaire ESPACE V2021).....	11
Figure 3 : Carte de la concentration annuelle de NO ₂ sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2019 (Source : Atmo AuRA).....	12
Figure 4 : Carte de la concentration annuelle en particules fines (PM ₁₀) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2019 (Source : Atmo AuRA).....	13
Figure 5 : Carte de la concentration annuelle de particules fines (PM _{2,5}) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2019 (Source : Atmo AuRA).....	14
Figure 6 : Mix énergétique retenu pour les véhicules neufs rentrant tendanciellement dans le parc roulant	17
Figure 7 : Part des véhicules renouvelant tendanciellement vers le diesel qui s'orienteront vers d'autres énergies (Source : Atmo AuRA)	18
Figure 8 : Mix énergétique retenu pour les véhicules neufs remplaçant des véhicules touchés par une nouvelle restriction ou anticipant une future réglementation (Source : Atmo AuRA/GAM)	18
Figure 9 : Logigramme de calcul du parc communal deux-roues motorisés (Source : Atmo AuRA)	19
Figure 10 : Mix énergétique des deux-roues motorisés qui renouvellement tendanciellement	20
Figure 11 : Mix énergétique retenu pour les deux-roues motorisés neufs remplaçant des 2RM touchés par une nouvelle restriction (Source : Atmo AuRA).....	20
Figure 12 : Évolution tendancielle de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air entre 2022 et 2025 (Source : SDES/Atmo AuRA).....	22
Figure 13 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE-m, de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air entre 2022 et 2025 (Source : SDES/Atmo AuRA)	23
Figure 14 : Évolution tendancielle de la composition du parc de deux-roues motorisés en fonction de leur vignette Crit'Air entre 2022 et 2025 (Source : Atmo AuRA)	24
Figure 15 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE-m, de la composition du parc de deux-roues motorisés en fonction de leur vignette Crit'Air entre 2022 et 2025 (Source : Atmo AuRA)	25
Figure 16 : Pourcentage de biocarburant considéré pour le GNV, le diesel et l'essence	26
Figure 17 : Répartition des compositions de parc en fonction de différentes zones (Source : Atmo AuRA)	27
Figure 18 : Modèle trafic utilisé pour calculer les émissions de polluants du trafic routier (Source : AURG/Atmo AuRA).....	28
Figure 19 : Données de comptages trafic sur Grenoble-Alpes-Métropole pour le périmètre intra-rocade (Source : Atmo AuRA).....	29
Figure 20 : Réductions d'émissions de NO _x en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA).....	30
Figure 21 : Réductions d'émissions de NO _x en pourcentage par rapport à 2022 pondérées en fonction de la proportion de véhicules circulant pendant la période réglementée sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)	31

Figure 22 : réductions d'émissions de PM10 en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA).....	32
Figure 23 : Réductions d'émissions de PM10 en pourcentage par rapport à 2022 pondérées en fonction de la proportion de véhicules circulant pendant la période réglementée sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA).....	33
Figure 24 : Réductions d'émissions de PM2,5 en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA).....	34
Figure 25 : Réductions d'émissions de PM2.5 en pourcentage par rapport à 2022 pondérées en fonction de la proportion de véhicules circulant pendant la période réglementée sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA).....	35
Figure 26 : Cartes de la concentration annuelle moyenne du dioxyde d'azote (NO ₂) pour le scénario tendanciel en 2022 (à gauche) et le scénario ZFE CQA 3 et plus en 2025 (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas) (Source : Atmo AuRA).....	37
Figure 27 : Distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote (NO ₂) pour le scénario tendanciel en 2022 et pour le scénario ZFE CQA 3 et plus en 2025 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA).....	38
Figure 28 : Cartes de la concentration annuelle moyenne aux PM2,5 pour le scénario tendanciel en 2022 (à gauche) et le scénario ZFE CQA3 et plus en 2025 sur le périmètre des 13 communes (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas) (Source : Atmo AuRA).....	39
Figure 29 : Distribution de l'exposition de la population aux PM2,5 pour le scénario tendanciel en 2022 et pour le scénario ZFE CQA3 et plus en 2025 sur le périmètre des 13 communes (en haut) et sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (en bas) (Source : Atmo AuRA).....	40
Figure 30 : Réductions d'émissions de GES en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA).....	41
Figure 31 : Réductions d'émissions de GES en pourcentage par rapport à 2022 pondérées en fonction de la proportion de véhicules circulant pendant la période réglementée sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA).....	41
Figure 32 : Plan du périmètre de la ZFE-m VUL/PL avec les 27 communes concernées et les VRU exclues du périmètre (Source : grenoblealpesmetropole.fr).....	43
Figure 33 : Chaîne de calcul des émissions d'Atmo AURA.....	44
Figure 34 : Chaîne de calcul des émissions de transports routiers d'Atmo AURA.....	45
Figure 35 : Chaîne de modélisation des concentrations de polluants d'Atmo AURA.....	46
Figure 36 : Évolution tendancielle de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air à horizon 2030 (Source : SDES/Atmo AuRA).....	47
Figure 37 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE-m, de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air à horizon 2030 (Source : SDES/Atmo AuRA).....	48
Figure 38 : Évolution tendancielle de la composition du parc de deux-roues motorisés en fonction de leur vignette Crit'Air à horizon 2030 (Source : SDES/Atmo AuRA).....	48
Figure 39 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE-m, de la composition du parc de deux-roues motorisés en fonction de leur vignette Crit'Air à horizon 2030 (Source : SDES/Atmo AuRA).....	49
Figure 40 : Gains d'émissions de NOx en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA).....	50

Figure 41 : Gains d'émissions de PM10 en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA).....	50
Figure 42 : Gains d'émissions de PM2,5 en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA).....	51
Figure 43 : Gains d'émissions de GES en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)	51
Figure 44 : Cartes de la concentration annuelle moyenne du dioxyde d'azote (NO ₂) pour le scénario tendanciel en 2022 (à gauche) et le scénario ZFE CQA 2+ à horizon 2030 (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas) (Source : Atmo AuRA).....	52
Figure 45 : Distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote (NO ₂) pour le scénario tendanciel en 2022 et pour le scénario ZFE Crit'Air 2 à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)	53
Figure 46 : Cartes de la concentration annuelle moyenne aux PM2,5 pour le scénario tendanciel en 2022 (à gauche) et le scénario ZFE CQA 2+ à horizon 2030 (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas) (Source : Atmo AuRA)	54
Figure 47 : Distribution de l'exposition de la population aux PM2,5 pour le scénario tendanciel en 2022 et pour le scénario ZFE Crit'Air 2 à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)	55

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

1.1. Contexte

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 PM2,5) 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 ou des valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), définies en 2021, pour les concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) et de particules fines (PM10 et PM2,5).

Ce bilan est effectué pour 2019, année de référence pour l'évaluation de la Zone à Faible Émissions-mobilité (ZFE-m) pour les véhicules particuliers (VP) et les deux roues motorisés (2RM) sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole (GAM).

Le Tableau 1 présente une description des différents seuils réglementaires et les valeurs guides OMS de 2021¹.

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

Polluants	Paramètre	Seuil réglementaire	Valeur guide OMS 2021
NO ₂	Concentration annuelle moyenne	40 µg/m ³	10 µg/m ³
	Concentration horaire moyenne	200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 fois par an	
PM10	Concentration moyenne annuelle	40 µg/m ³	15 µg/m ³
	Concentration moyenne journalière	50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	

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>

PM2,5	Concentration moyenne annuelle	25 µg/m ³	5 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 1 présente les répartitions des émissions de polluants à effets sanitaires : NOx, PM10, et PM2,5 et de gaz à effet de serre (GES) sur le territoire de l'agglomération grenobloise pour les différents secteurs d'activités en 2019.

Le transport routier :

- est la principale source d'émission d'oxydes d'azote (NOx) avec 51% des émissions.
- pour les particules, il est en moyenne responsable de 15% des émissions de PM10 sur le territoire.
- et pour les GES, il représente environ 32% des émissions en 2019.

Les émissions de polluants atmosphériques et de GES sont partagées avec d'autres secteurs, qui sont le résidentiel, le tertiaire, l'agriculture et l'industrie.

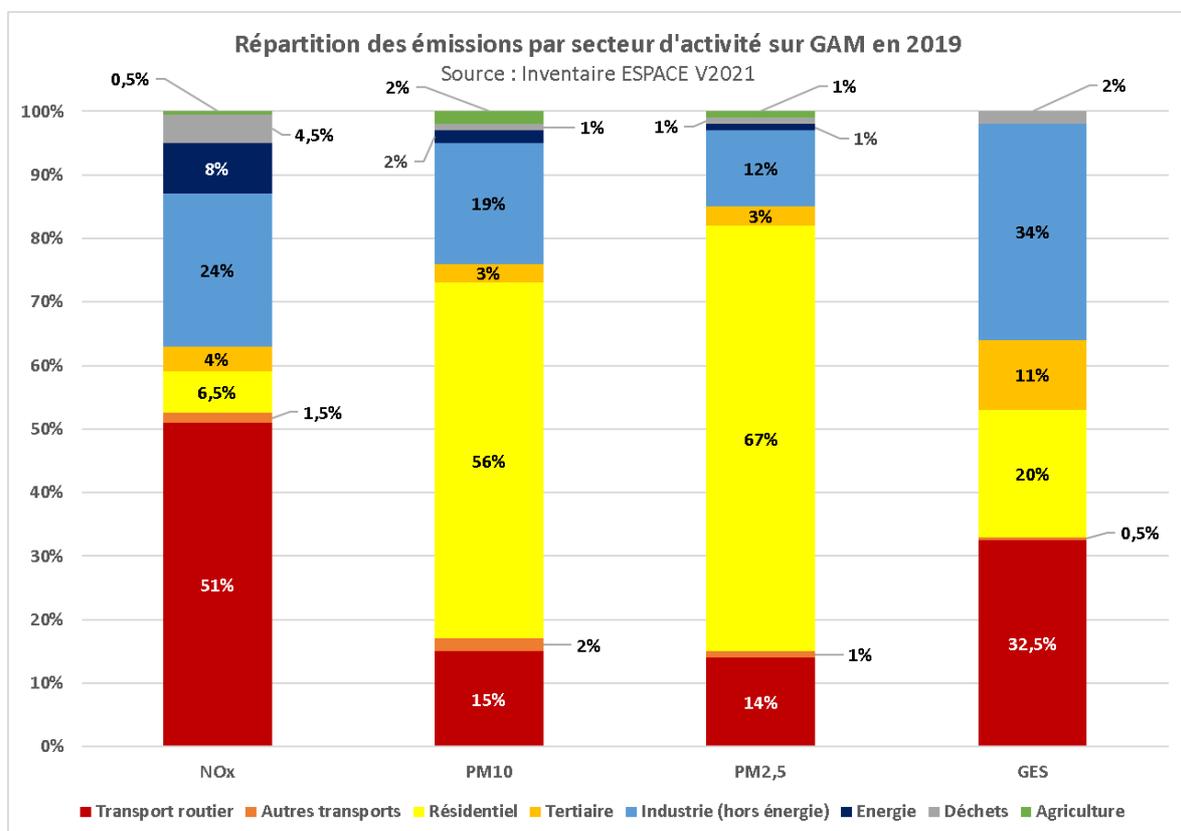


Figure 1 : Répartition des émissions de NOx, de PM10, de PM2,5 et GES par secteur d'activité sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2019 (Source : Atmo AURA - Inventaire ESPACE V2021)

1.2.2. Répartition des émissions du transport routier par type de véhicules sur le territoire de la Métropole : une majorité des émissions est due aux véhicules particuliers

Les répartitions des émissions de NO_x, de PM₁₀, de PM_{2,5} et de GES par type de véhicules sur Grenoble-Alpes-Métropole en 2019 montrent que les véhicules particuliers sont les principaux émetteurs du transport routier avec 52% des émissions de NO_x, environ 62% des émissions de particules, et également environ 61% des émissions de CO₂, pour une part très importante de kilomètres parcourus (77% du total du transport routier).

Malgré une très faible part des kilomètres parcourus sur le territoire (environ 5%), les poids lourds sont responsables d'environ 15% des émissions de NO_x, de respectivement 16% et 13% des émissions de PM₁₀ et de PM_{2,5} et d'environ 16% des émissions de CO₂. C'est également le cas des véhicules utilitaires légers, qui représentent 17% des kilomètres parcourus sur GAM et qui ont une contribution aux émissions à hauteur d'environ 28% pour les NO_x, d'environ 20% pour les particules et de 19% pour le CO₂ (Figure 2).

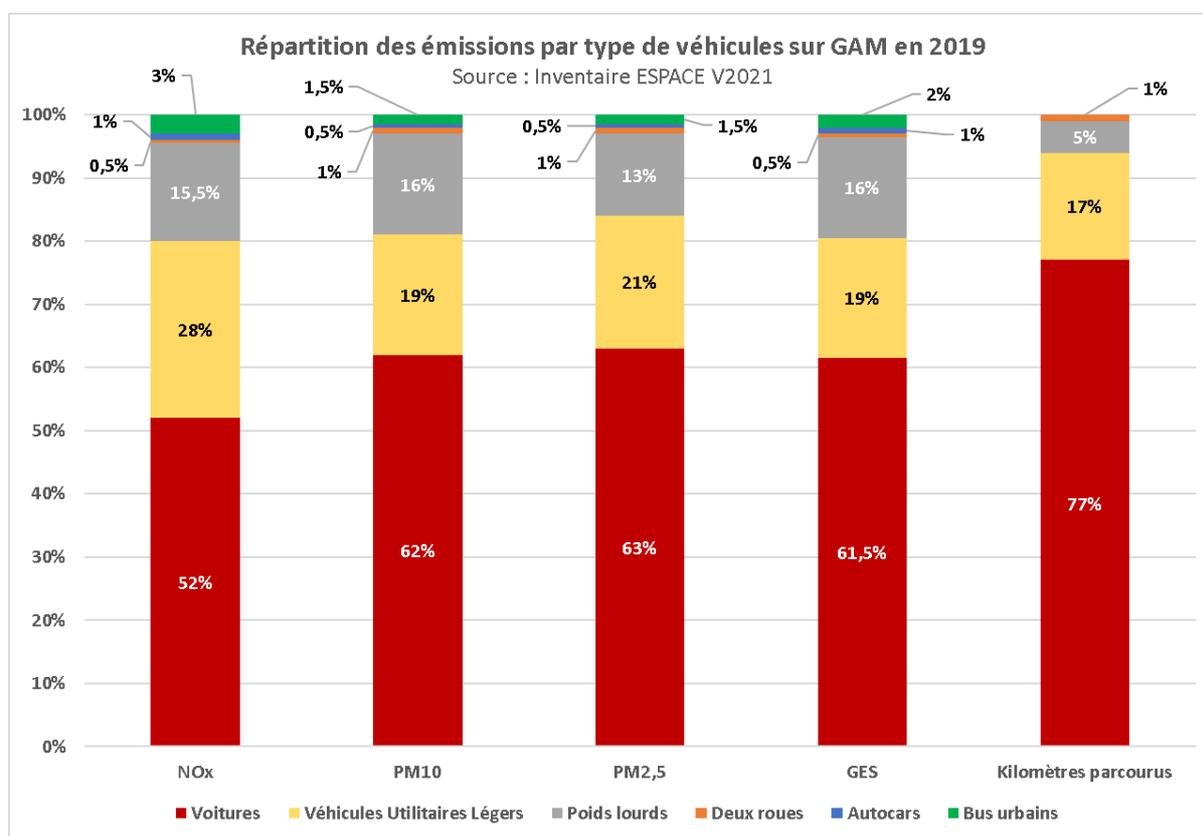
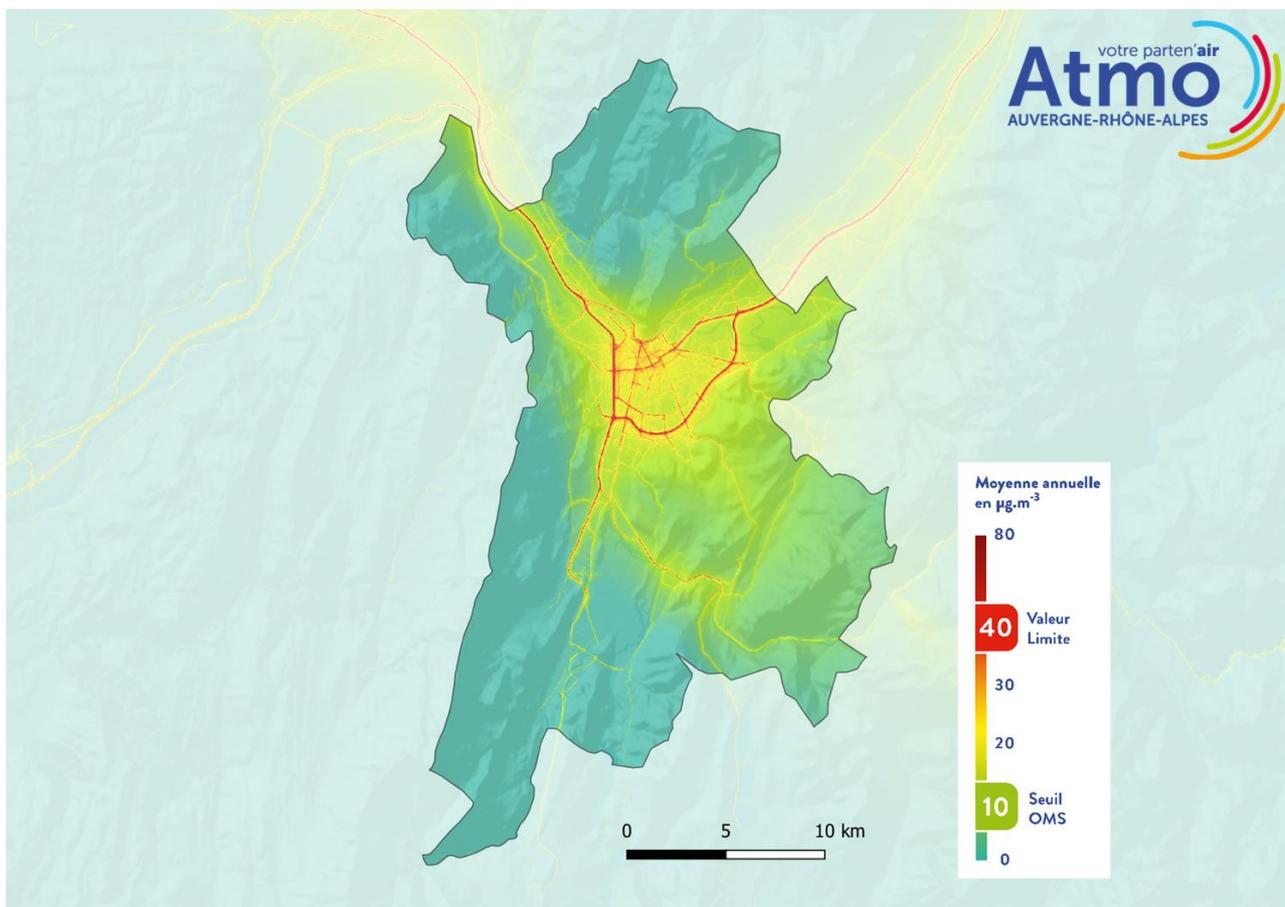


Figure 2 : Répartition des émissions de NO_x, de PM₁₀, de PM_{2,5} et GES et des kilomètres parcourus par type de véhicules sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2019 (Source : Atmo AURA - Inventaire ESPACE V2021)

Au regard de la part de responsabilité des émissions de polluants de l'air, vis à vis des kilomètres parcourus, les véhicules de livraison sont les plus forts émetteurs. Grenoble Alpes Métropole a instauré depuis 2019, une première ZFE-m qui concerne les véhicules utilitaires légers et les poids lourds.

1.3. Concentrations et populations exposées

1.3.1. Dioxyde d'azote (NO₂)



La Figure 3 montre la carte de la concentration annuelle de NO₂ sur le territoire de la Métropole grenobloise pour l'année 2019. Les zones de proximité trafic sont particulièrement exposées à des concentrations proches ou supérieures à la valeur limite réglementaire.

Tableau 2 : Part de la population exposée à un dépassement de la valeur limite réglementaire et du seuil OMS de 2021 pour le NO₂ (Source : Atmo AuRA)

2019	Part de la population exposée à un dépassement	
	Valeur limite réglementaire	Seuil OMS 2021
NO ₂	0,2%	98 %

En 2019, 0,2% de la population du territoire de Grenoble-Alpes Métropole est exposée à un dépassement de la valeur limite de NO₂ (40 µg/m³), et 98 % de la population est exposée à des concentrations supérieures à la valeur guide OMS de 2021 (10 µg/m³) (Tableau 2).

1.3.2. Particules fines (PM10 et PM2,5)

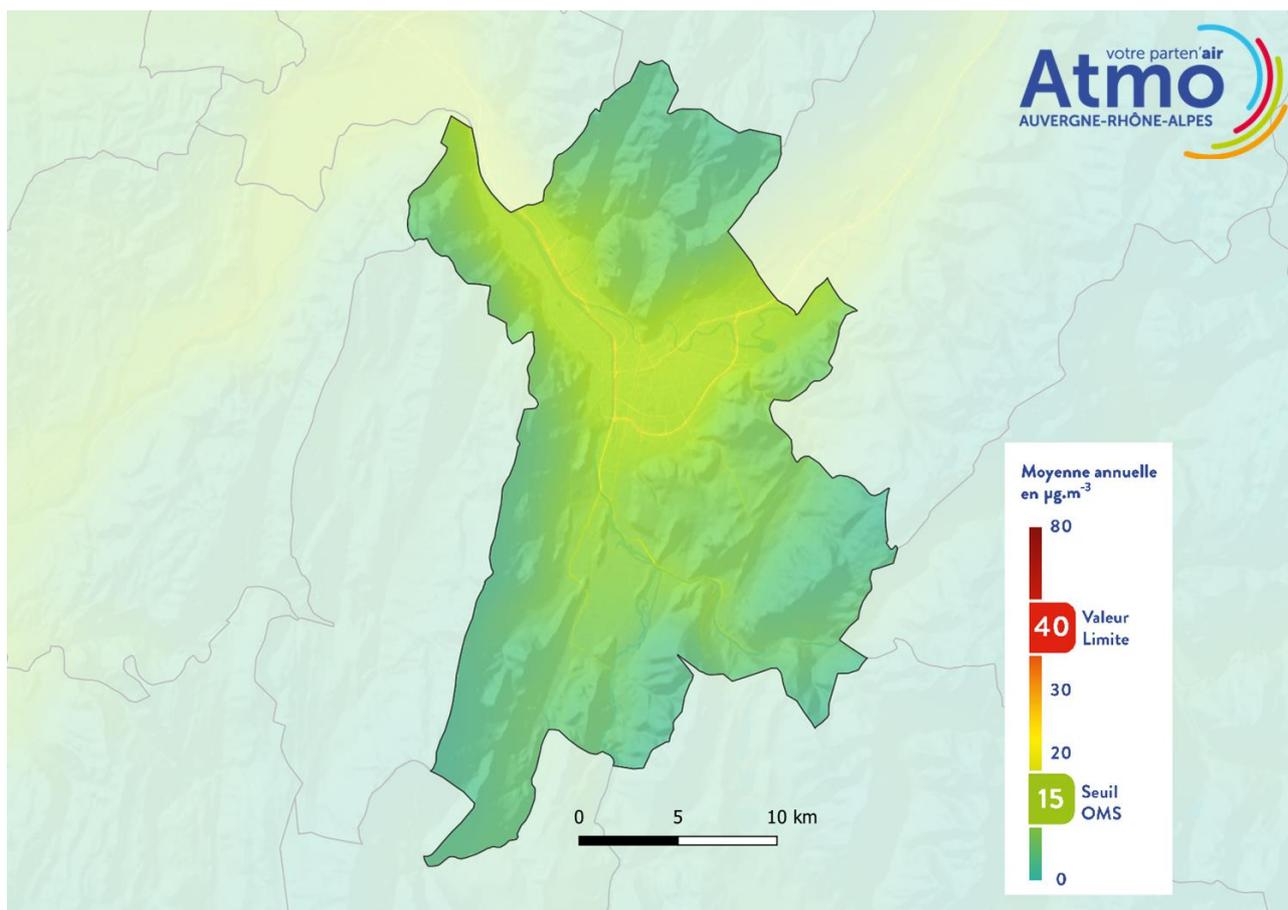


Figure 4 : Carte de la concentration annuelle en particules fines (PM10) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2019 (Source : Atmo AuRA)

En 2019, aucun habitant n'est exposé à un dépassement de la valeur réglementaire sur le territoire de la Métropole grenobloise pour les PM10 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ni pour les PM2,5 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Pour les seuils OMS₂₀₂₁, 80 % de la population est exposée à un dépassement du seuil pour les PM10 ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et 99 % de la population est exposée à un dépassement pour les PM2,5 ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Tableau 3).

Tableau 3 : Part de la population exposée à un dépassement de la valeur limite réglementaire et du seuil OMS de 2021 pour les PM10 et les PM2,5 (Source : Atmo AuRA)

2019	Part de la population exposée à un dépassement	
	Valeur limite réglementaire	Seuil OMS 2021
PM10	0%	80 %
PM2,5	0%	99 %

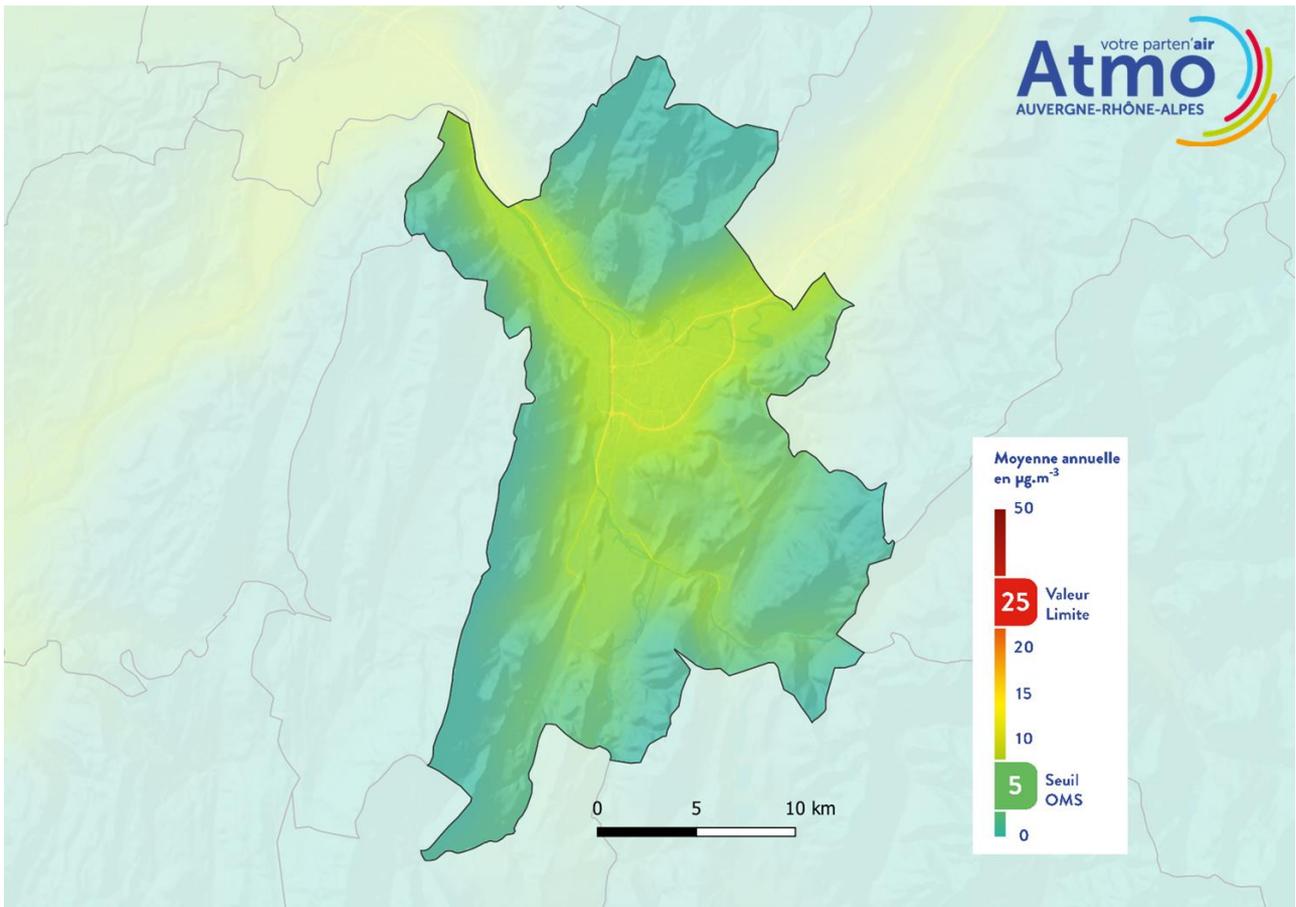


Figure 5 : Carte de la concentration annuelle de particules fines (PM_{2,5}) sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole en 2019 (Source : Atmo AuRA)

2. Évaluation des réductions d'émissions de polluants atmosphériques attendues par la création de la ZFE-m

2.1. Cadre méthodologique de la démarche d'évaluation

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

La ZFE-m sera mise en place avec différentes étapes d'interdiction de circulation des véhicules qui seront :

- En 2023 : interdiction des VP et 2RM possédant un CQA 5 ou non classés sur les 13 communes du périmètre en dehors des VRU et des voies exemptées ;
- En 2024 : interdiction des VP et 2RM CQA 4 sur les 13 communes du périmètre en dehors des VRU et des voies exemptées ;
- En 2025 : interdiction des VP et 2RM CQA 3 sur les 13 communes du périmètre en dehors des VRU et des voies exemptées.

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

Le parc local de véhicules roulants, utilisé pour les différents scénarios, se base sur des projections d'un parc SDES² 2020 :

- de façon tendancielle : des hypothèses nationales de durée de vie permettent de quantifier les véhicules qui sortent du parc, tandis que les ventes départementales 2020 de véhicules neufs combinées aux projections nationales 2020-2030 permettent de caractériser les véhicules neufs qui viennent en substitution,
- ou en prenant en compte les étapes de la ZFE-m : les hypothèses de renouvellement estimées pour chaque pas d'interdiction ont été validées conjointement avec Grenoble Alpes Métropole.

Pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE-m, les parcs des véhicules utilitaires légers (VUL) et des poids-lourds (PL) sont pris en compte avec la mise en place de la ZFE-m VUL/PL, et son calendrier de restriction : depuis le 1^{er} juillet 2022, les véhicules avec une vignette Crit'Air 3 et plus ne peuvent plus circuler sur le périmètre de la ZFE-m, qui comprend 27 communes de la Métropole en excluant les VRU (Annexe 1). Puis, à partir de juillet 2025, cette interdiction s'étendra aux VUL et aux PL Crit'Air 2.

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

² Service de la Donnée et des Etudes Statistiques

2.2. Évaluation de la proportion de véhicules concernés par les restrictions

2.2.1. Parc statique 2020 pour les véhicules particuliers

La mise à disposition par le SDES³ de données communales de véhicules en état de rouler (par croisement entre le fichier SIV⁴ des immatriculations et la base des contrôles techniques) est une opportunité pour travailler sur des données plus adaptées au territoire que le parc national jusqu'à présent utilisé dans les indicateurs fournis par Atmo pour les observatoires régionaux (ORCAE, ORHANE...).

Un parc de véhicules agrégé sur les 49 communes de la Métropole a ainsi été construit à partir des données d'immatriculation au 01/01/2020 (version SDES de mars 2021) avec un détail par vignette Crit'Air et énergie. Cette approche, bien que ne tenant pas compte des véhicules immatriculés en dehors de la Métropole mais amenés à circuler sur la Métropole, nous paraît toutefois plus robuste que le parc national CITEPA⁵, qui dans sa description, tient également compte des véhicules étrangers circulant dans notre pays qui concernent assez peu le territoire de GAM.

Ce parc local permet enfin d'identifier un nombre de véhicules métropolitains susceptibles de devoir changer lors d'une restriction de circulation, liée à la mise en place de la ZFE-m.

Chaque catégorie de véhicules décrite est ensuite affinée au moyen de la décomposition nationale CITEPA 2020, niveau de détail nécessaire pour le calcul des émissions. Par exemple les VP Crit'Air 2 diesel sont décomposés selon :

- Différentes normes : Euro 5, 6b, 6c, 6dTEMP ;
- La cylindrée : < 1.4 litres, 1.4-2 litres et > 2 litres.

2.2.2. Projection tendancielle du parc pour les véhicules particuliers

Un parc tendanciel a tout d'abord été projeté jusqu'en 2030 sur la base d'absence de ZFE-m :

- Identification des véhicules qui sortent naturellement du parc : selon hypothèses nationales de durée de vie d'un véhicule particulier (distinction VP diesel et non diesel) ;
- Hypothèse : tous les véhicules qui sortent du parc sont renouvelés ;
- Hypothèses associées aux nouveaux véhicules :
 - La répartition par énergie est déduite par croisement entre les ventes 2020 iséroises de VP neufs tout en tenant compte de l'évolution nationale AME à la hausse entre 2020 et 2030 de la part de véhicules électriques ;
 - Progression de +2% par an de la part 2020 des VHR⁶ essence pour pouvoir respecter l'objectif de 17% de VHR en 2030 ;
 - La part des véhicules neufs 2020 GNV a été supposée constante sur la période 2020-2030 ;
 - La part des véhicules thermiques (essence et diesel) a été diminuée pour tenir compte de la progression des motorisations électriques et VHR.

La Figure 6 reprend les hypothèses ainsi retenues.

³ Service de la Donnée et des Etudes Statistiques

⁴ Système d'Immatriculation des Véhicules

⁵ Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique

⁶ Véhicule Hybride Rechargeable

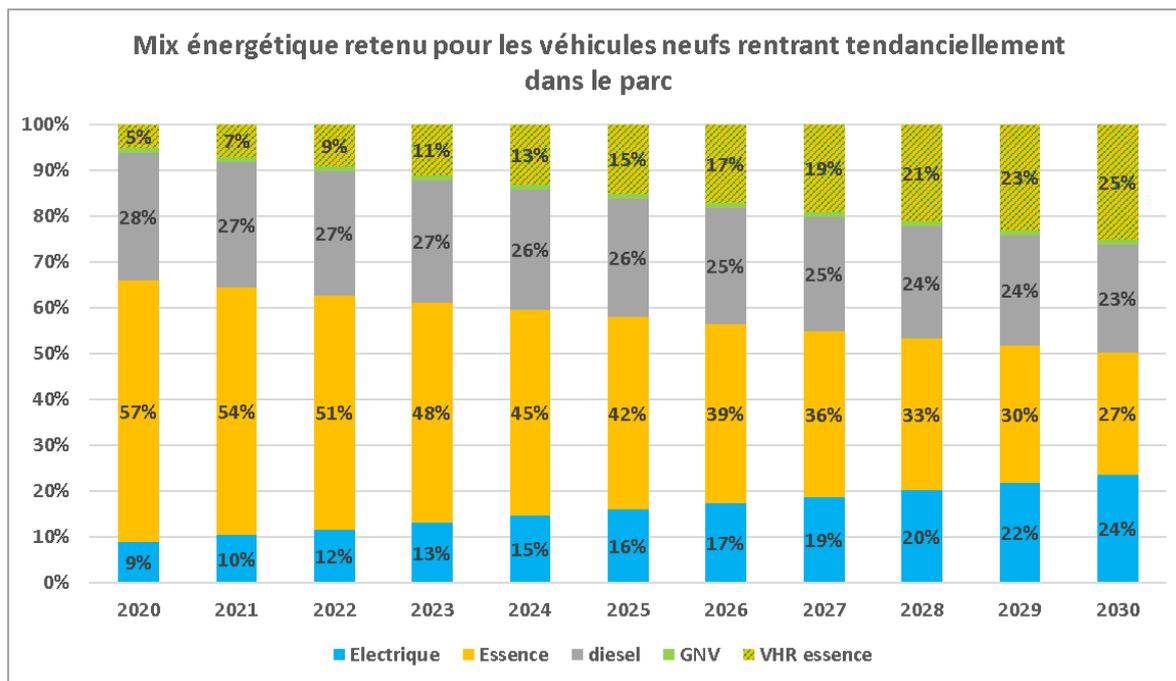


Figure 6 : Mix énergétique retenu pour les véhicules neufs rentrant tendanciuellement dans le parc roulant

2.2.3. Projection des scénarios ZFE-m pour les véhicules particuliers

Différentes projections de parc intégrant la ZFE-m ont été produites selon les hypothèses suivantes :

- En 2023 : interdiction des VP possédant un CQA 5 et non classés sur les 13 communes du périmètre en dehors des VRU ;
- En 2024 : interdiction des VP CQA 4 sur les 13 communes du périmètre en dehors des VRU ;
- En 2025 : interdiction des VP CQA 3 sur les 13 communes du périmètre en dehors des VRU.

Il a été considéré pour ces différents scénarios en accord avec la Métropole, des hypothèses permettant d'évaluer la ZFE-m dans la trajectoire que l'on souhaite atteindre, c'est-à-dire maximiser ses effets :

- Un taux de fraude et dérogation de 0% ;
- Un report modal de 30% : 3 voitures sur 10 touchées par une interdiction de circuler dans la ZFE ne renouvellent pas leur véhicule, et leurs utilisateurs favorisent d'autres modes de déplacements ;
- Un comportement d'anticipation qui s'applique aux deux scénarii prévoyant une interdiction des véhicules diesel : le pourcentage de la Figure 7 s'applique aux véhicules diesel qui rentrent tendanciuellement dans le parc et qui seront conformes, de façon anticipée, à une motorisation autorisée à l'horizon 2030 ;

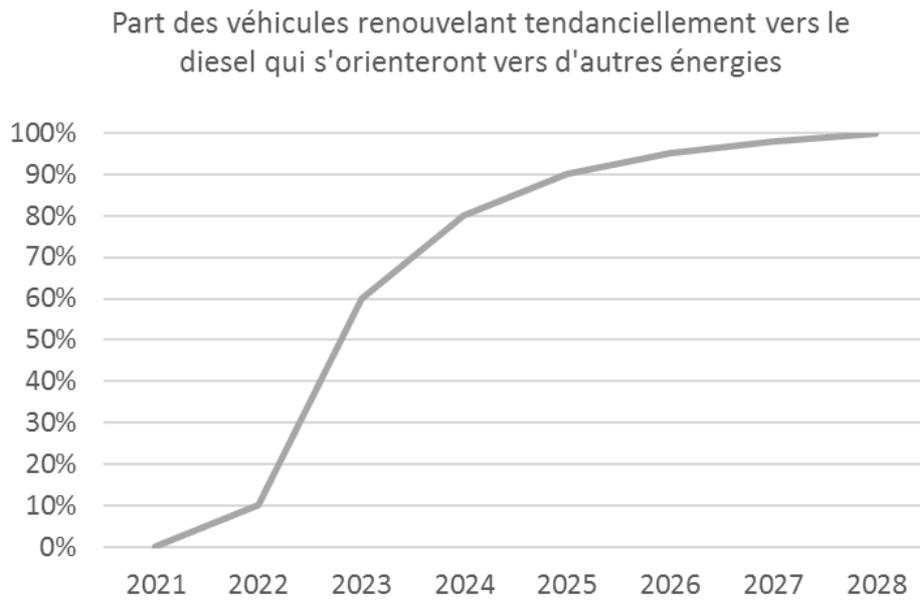


Figure 7 : Part des véhicules renouvelant tendanciellemeent vers le diesel qui s'orienteront vers d'autres énergies (Source : Atmo AuRA)

- Les véhicules touchés par une ZFE-m qui renouvellent, ainsi que ceux qui anticipent une future réglementation s'orientent vers les énergies suivantes (Figure 8).

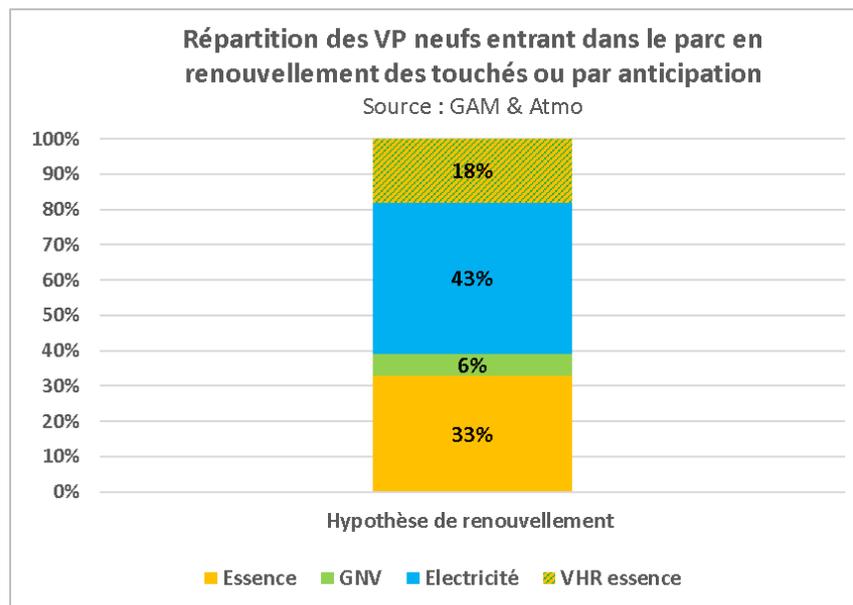


Figure 8 : Mix énergétique retenu pour les véhicules neufs remplaçant des véhicules touchés par une nouvelle restriction ou anticipant une future réglementation (Source : Atmo AuRA/GAM)

2.2.4. Parc statique 2020 pour les deux-roues motorisés

Il n'existe pas de données qui décrivent précisément les parcs statiques communaux de deux-roues motorisés. Toutefois, une étude de 2012 du SDES⁷ renseigne sur un parc statique de 2RM décliné notamment par typologie de zone urbaine, par région, par motorisation et par carburant.

Grâce à des données INSEE qui associent à chaque commune une typologie d'aire urbaine et des données de population communales (INSEE 2017⁸), il est possible de calculer la part (en population) que représente chaque commune pour les différentes typologies, urbaines et régionale, et ainsi d'en déduire le parc statique de chaque commune. S'agissant d'un parc 2012, on projette ce parc en 2020 en s'appuyant sur l'évolution tendancielle des parcs 2RM nationaux du CITEPA entre 2012 et 2020 (Figure 9).

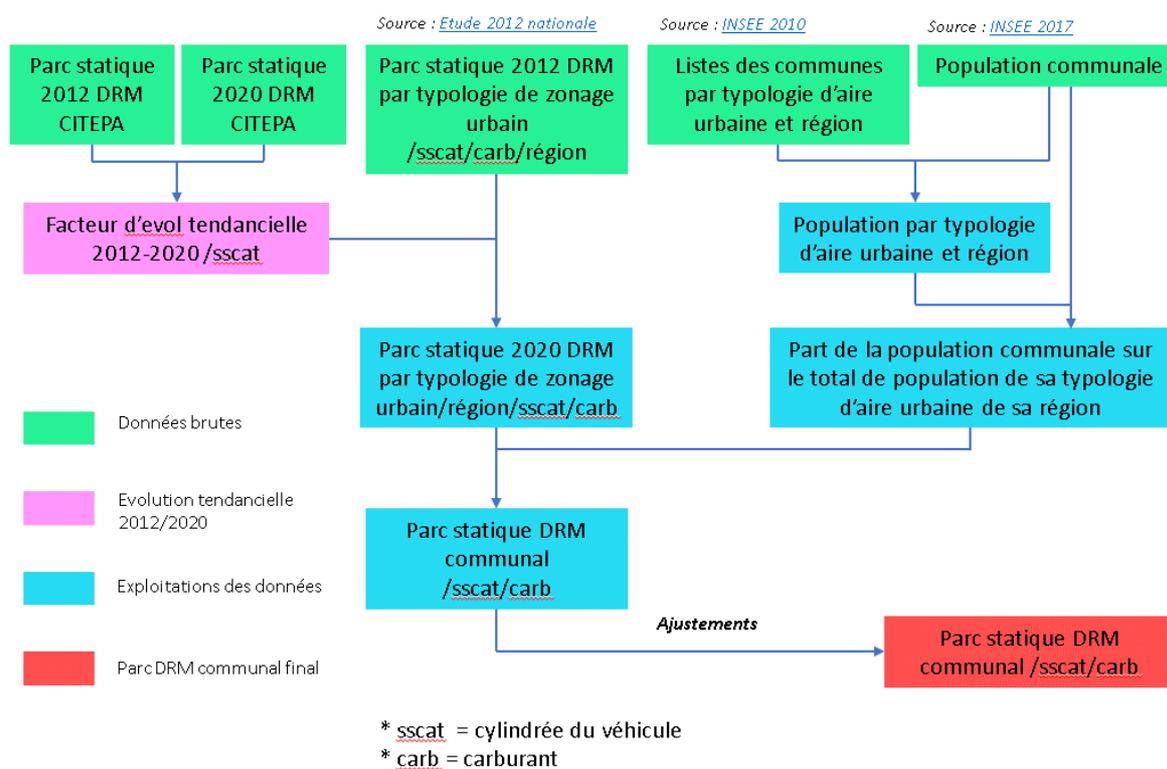


Figure 9 : Logigramme de calcul du parc communal deux-roues motorisés (Source : Atmo AuRA)

⁷ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/enquete-sur-lutilisation-des-deux-roues-motorises-en-2012>

⁸ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4265429?sommaire=4265511>

2.2.5. Projection tendancielle du parc pour les deux-roues motorisés

Comme pour les véhicules particuliers, un parc tendanciel a été projeté jusqu'en 2030 sur la base d'absence de ZFE :

- La sortie du parc des véhicules en fin de vie est déduite des courbes nationales de survie ;
- L'entrée des véhicules dans le parc est déterminée à partir des données du parc prospectif national AME ;
- Les hypothèses de renouvellement selon le type d'énergie sont indiquées dans la Figure 10.

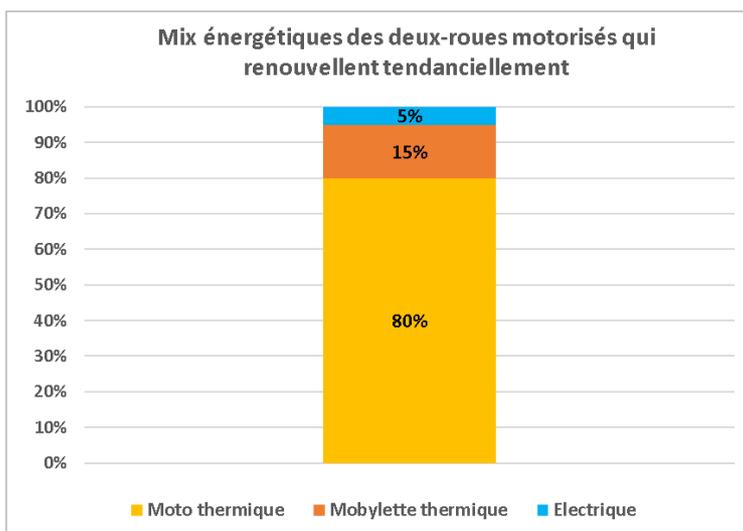


Figure 10 : Mix énergétique des deux-roues motorisés qui renouvellement tendanciellement

2.2.6. Projection des scénarios ZFE pour les deux-roues motorisés

Une projection du parc intégrant la ZFE-m a été produite avec les mêmes hypothèses qui ont été utilisées pour les VP (Partie 2.2.3).

Les 2RM touchés par la ZFE-m sont remplacés suivant le mix énergétique donné dans la Figure 11.

Répartition des 2RM neufs entrant dans le parc en renouvellement des touchés

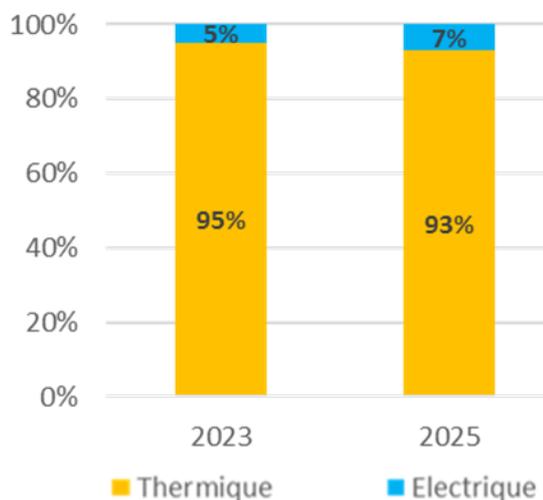


Figure 11 : Mix énergétique retenu pour les deux-roues motorisés neufs remplaçant des 2RM touchés par une nouvelle restriction (Source : Atmo AuRA)

2.2.7. Transcription des parcs statiques en parcs dynamiques

La projection du parc statique en parc dynamique (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.

Cette étape repose sur les hypothèses nationales, pour un usage urbain, prises par le CITEPA. Ainsi un véhicule qui sort tendanciellement du parc avec un kilométrage annuel faible est remplacé par un véhicule neuf à plus fort kilométrage annuel.

Si ce raisonnement est bien validé au niveau national (notamment par croisement avec les kilométrages au compteur des véhicules passant leur contrôle technique), appliquer ce principe aux véhicules touchés par une restriction ZFE signifierait qu'un véhicule renouvelé dans ces conditions pourrait parcourir jusqu'à trois fois plus de kilomètres annuellement, ce qui est peu probable.

Ainsi le choix a été fait de maintenir le kilométrage annuel antérieur sans prise en compte d'un éventuel effet rebond (usage plus important du véhicule neuf par rapport au véhicule antérieur).

2.3. Résultats des projections des parcs tendanciels et ZFE pour les véhicules particuliers et les deux-roues motorisés entre 2022 et 2025

2.3.1. Projection du parc tendanciel pour les véhicules particuliers, sur le périmètre de la ZFE-m

La Figure 12 montre l'évolution tendancielle du parc de véhicules particuliers sur le périmètre des 13 communes de la ZFE-m entre 2022 et 2025, c'est-à-dire l'évolution de la composition du parc roulant si aucune ZFE-m n'est mise en place.

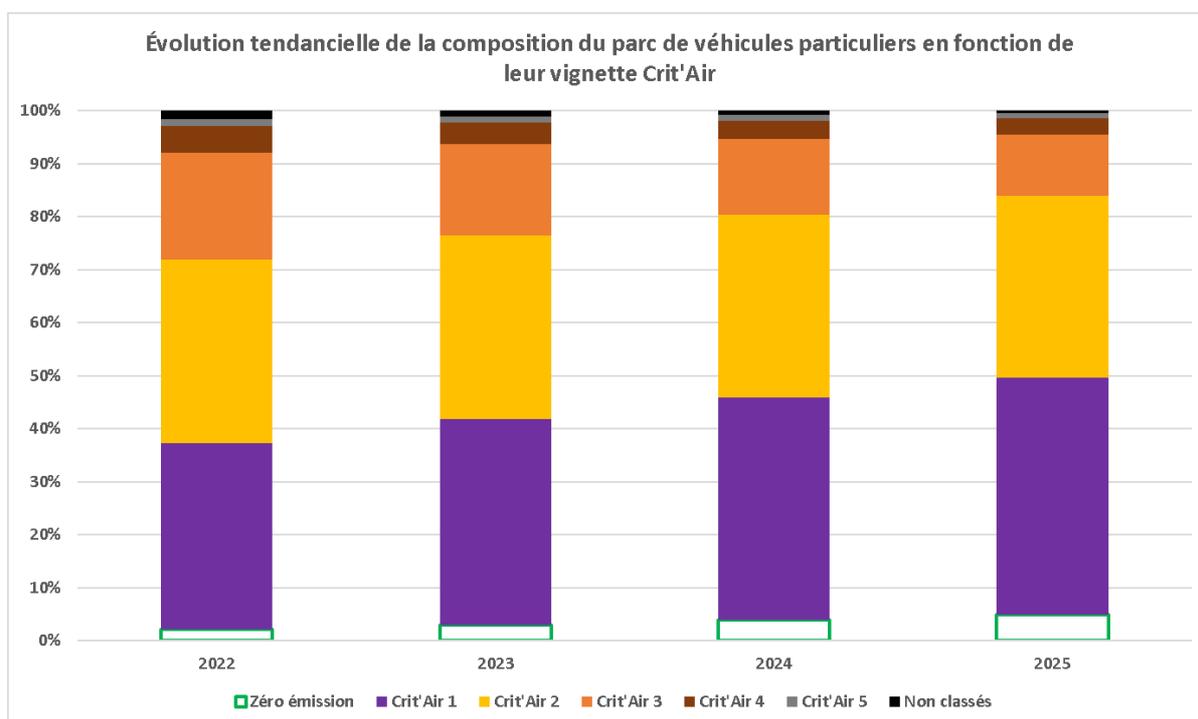


Figure 12 : Évolution tendancielle de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air entre 2022 et 2025 (Source : SDES/Atmo AuRA)

En 2022, les VP ayant une vignette Crit'Air 3 et plus représentent environ 30% du parc, les véhicules Crit'Air 1 et 2 représentent 35% du parc chacun et les véhicules Zéro émissions sont présent à hauteur de 2%.

En 2025, sans mise en place de ZFE-m, le pourcentage de véhicules Crit'Air 3 et plus descend à 16% avec la sortie du parc des non classés, les Crit'Air 2 sont assez stables avec 34% de présence dans le parc, et les pourcentages de Crit'Air 1 et Zéro émission augmentent pour atteindre respectivement 45% et 5% du parc.

2.3.2. Projection du parc conforme à la ZFE-m de véhicules particuliers, sur le périmètre de la ZFE-m

La mise en place des trois étapes de la ZFE-m entraîne la sortie du parc :

- en 2023 des véhicules Crit'Air 5 et non classés,
- en 2024 des Crit'Air 4
- et en 2025 des Crit'Air 3.

Ces véhicules seraient majoritairement remplacés par des véhicules Crit'Air 1 et Zéro émission qui représenteraient respectivement 56% et 14% du parc. Les Crit'Air 2 seraient en légère baisse, entre 2022 et 2025, passant de 34% à 30% (Figure 13).

Cette projection de parc correspond au parc roulant simulé sur le périmètre ZFE (hors axes exclus) et sur les périodes d'application de la ZFE-m.

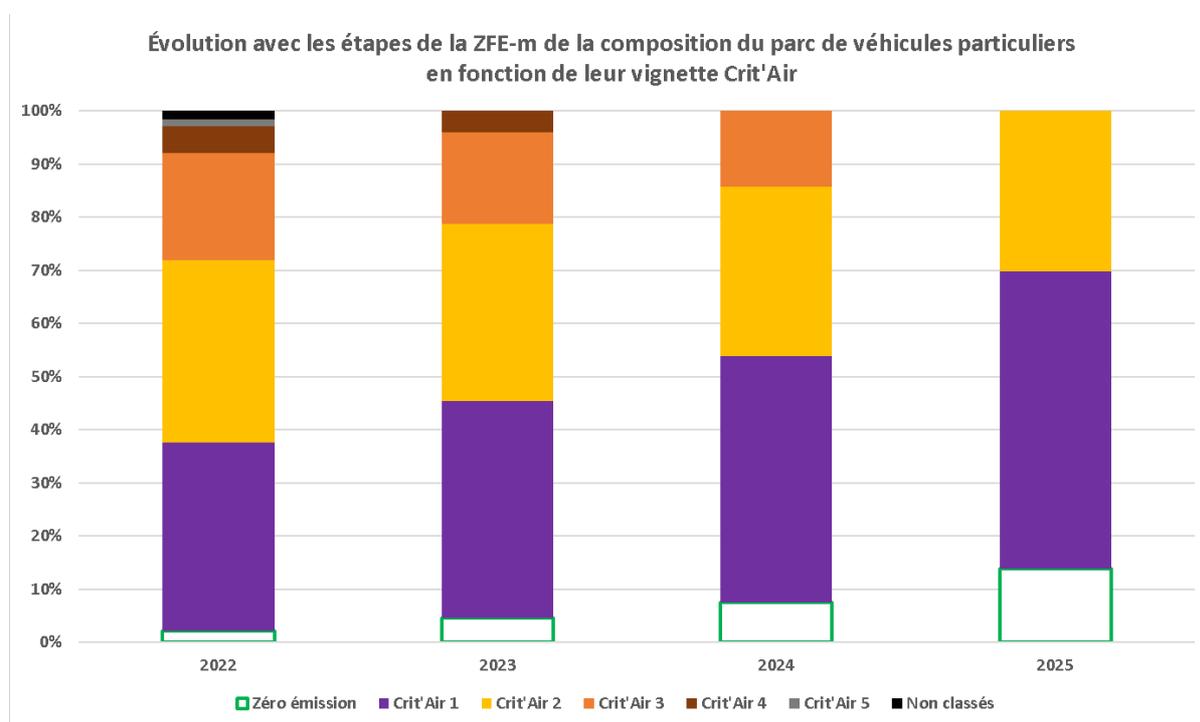


Figure 13 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE-m, de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air entre 2022 et 2025 (Source : SDES/Atmo AuRA)

2.3.3. Projection du parc tendanciel pour les deux-roues motorisés, sur le périmètre de la ZFE

L'évolution tendancielle (c'est-à-dire sans ZFE-m) du parc de deux-roues motorisés montre une augmentation de la part des vignettes Crit'Air 1, entre 2022 et 2025, en passant de 60% à 80%.

L'augmentation des Crit'Air 1 se fait suite à la sortie du parc des Crit'Air 2 et 3 qui représentent 37% du parc en 2022 et plus que 16% du parc en 2025 (Figure 14).

Les deux-roues motorisés électriques (Zéro émission) évoluent très peu sur cette période et représentent 5% du parc en 2025.

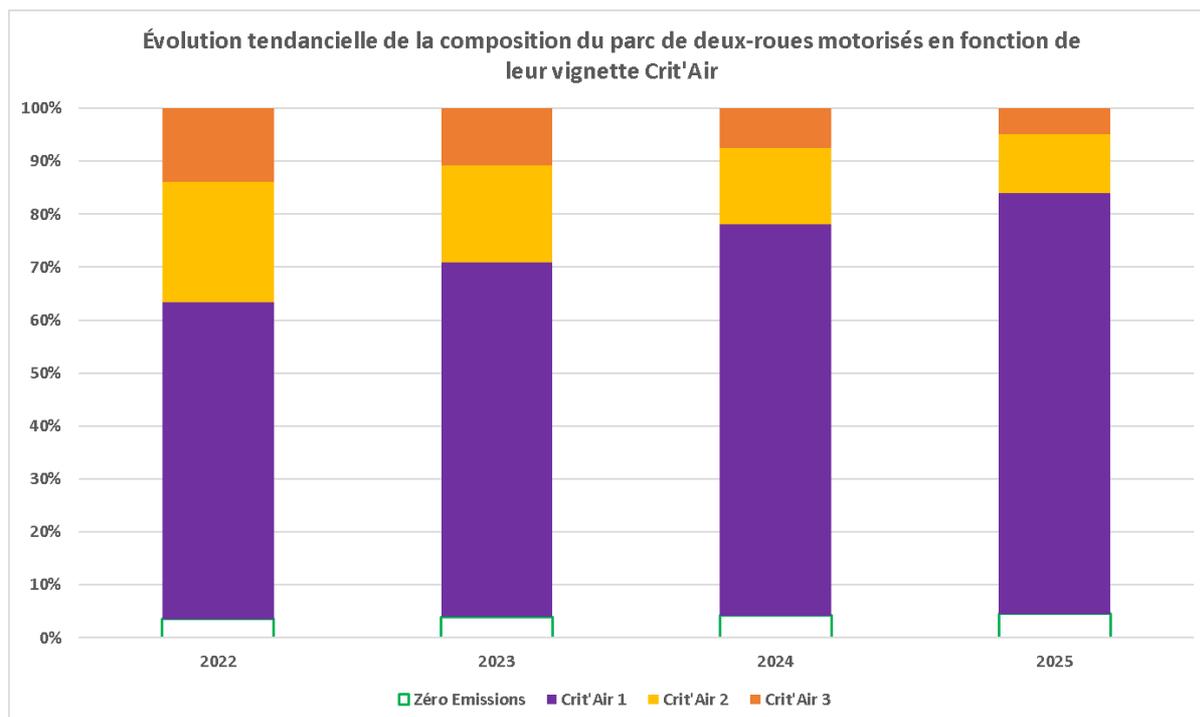


Figure 14 : Évolution tendancielle de la composition du parc de deux-roues motorisés en fonction de leur vignette Crit'Air entre 2022 et 2025 (Source : Atmo AuRA)

2.3.4. Projection du parc ZFE pour les deux-roues motorisés, sur le périmètre de la ZFE

La mise en place de la ZFE-m n'a un impact qu'en 2025 sur la composition du parc de deux-roues motorisés avec l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 3. Ces véhicules seraient renouvelés par des deux-roues motorisés Crit'Air 1 et Zéro émission qui représenteraient respectivement 84% et 5% du parc (Figure 15).

Cette projection de parc correspond au parc roulant simulé sur le périmètre ZFE (hors axes exclus) et sur les périodes d'application de la ZFE-m.

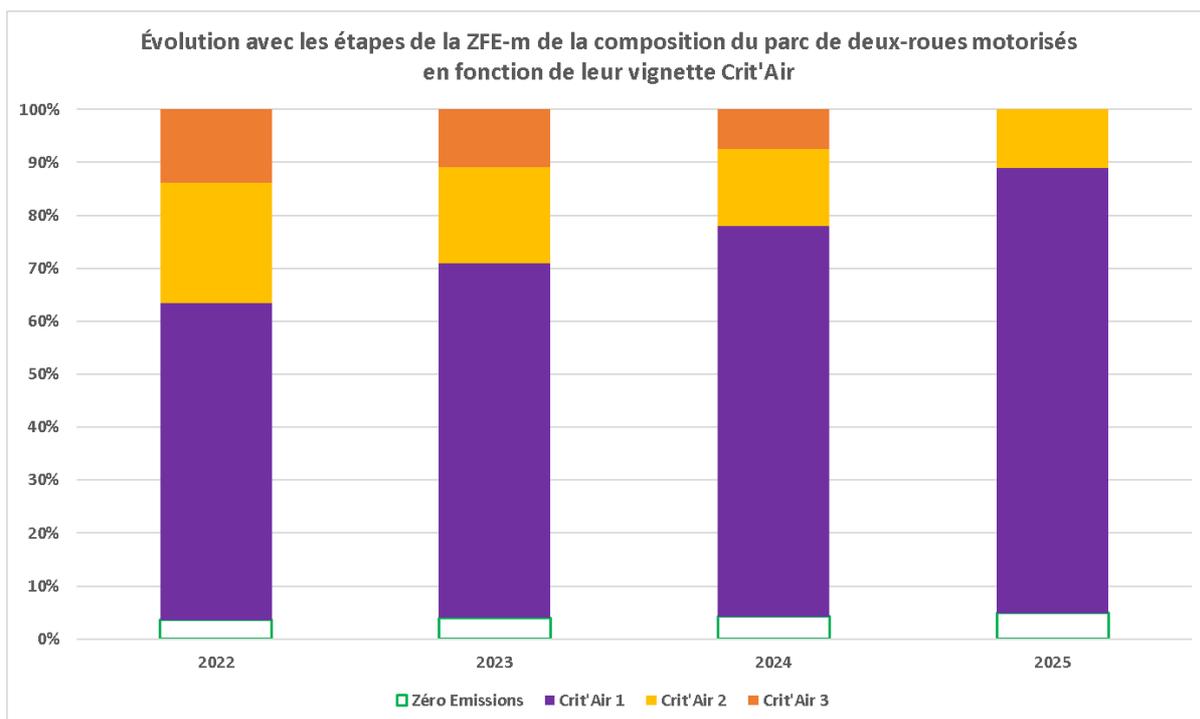


Figure 15 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE-m, de la composition du parc de deux-roues motorisés en fonction de leur vignette Crit'Air entre 2022 et 2025 (Source : Atmo AuRA)

2.4. 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 géré conjointement par l'AURG⁹ et le SMMAG¹⁰ :

- Année de référence 2018 modélisation cœur de ville cœur de métropole
- Modélisation tendancielle 2025 et 2028 tenant compte de l'évolution démographique et économique du territoire issue des projections du SCoT
- Modélisation de scénarii tenant compte de la mise en place de la ZFE-m en 2025 et 2028 (selon les 3 options décrites précédemment)

L'estimation des volumes de trafic pour les années intermédiaires 2022, 2023 et 2024 a été obtenue par extrapolation entre deux modélisations appropriées.

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 AASQA¹¹ 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 VHR essence : reprise des facteurs d'émission du véhicule essence en considérant les usages suivants en mode électrique/thermique :
 - En 2020 : 25%/75% ;
 - En 2030 : 50%/50% ;
- Pour les VP électriques : la consommation unitaire retenue provient d'hypothèses partagées au niveau national (comprises en 12 et 20 kWh/100 km selon la cylindrée du véhicule) ;
- Les hypothèses relatives à la part de biogaz et biocarburant, provenant respectivement de GAM et du CITEPA, sont données dans la Figure 16.

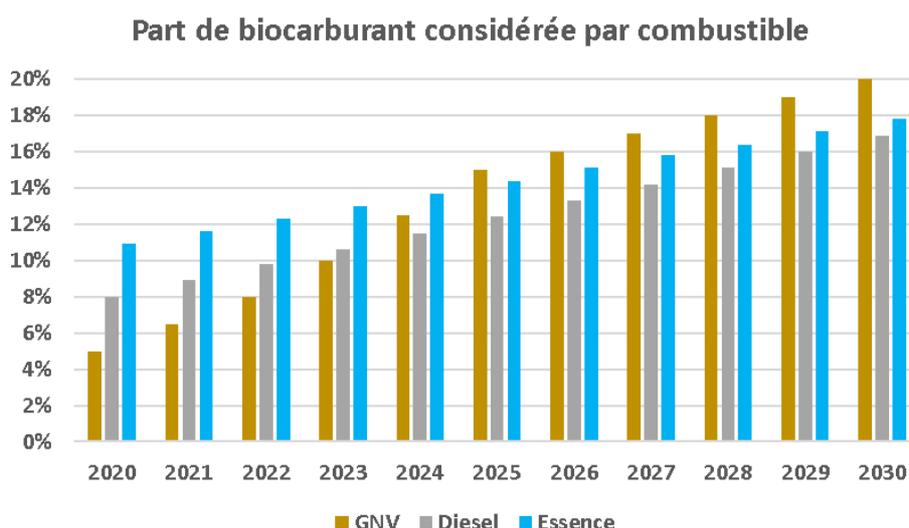


Figure 16 : Pourcentage de biocarburant considéré pour le GNV, le diesel et l'essence

⁹ Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise

¹⁰ Syndicat Mixte des Mobilités de l'Aire Grenobloise

¹¹ Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

Pour estimer les gains d'émission sur le territoire de la Métropole en dehors du périmètre de la ZFE-m, 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 13 communes du périmètre de la ZFE-m avec un parc 100% ZFE ;
- Deuxième zone : la 1^{ère} couronne qui correspond aux premières communes autour de la zone ZFE et les VRU de la zone ZFE avec un parc défini à 50% ZFE et à 50% tendanciel ;
- Troisième zone : la 2^{ème} couronne qui correspond aux premières communes autour de la 1^{ère} couronne avec un parc défini à 40% ZFE et à 60% tendanciel ;

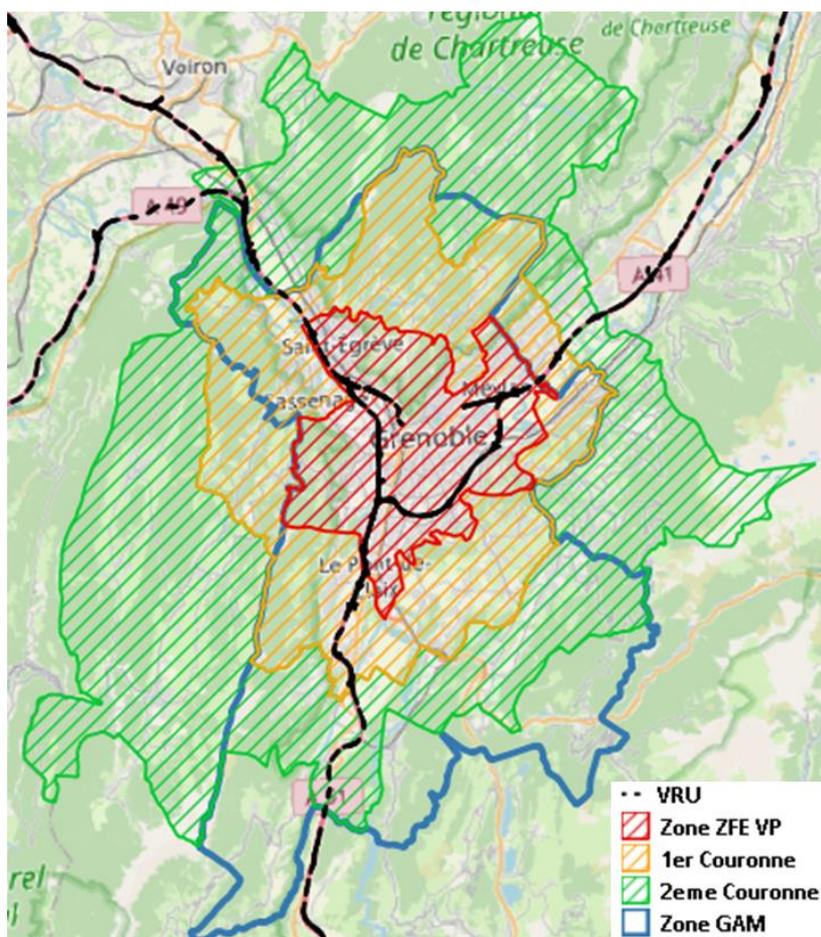


Figure 17 : Répartition des compositions de parc en fonction de différentes zones (Source : Atmo AuRA)

- Sur tous les autres axes définis dans le modèle trafic de la Figure 18, on définit un parc à 30% ZFE et à 70% tendanciel.

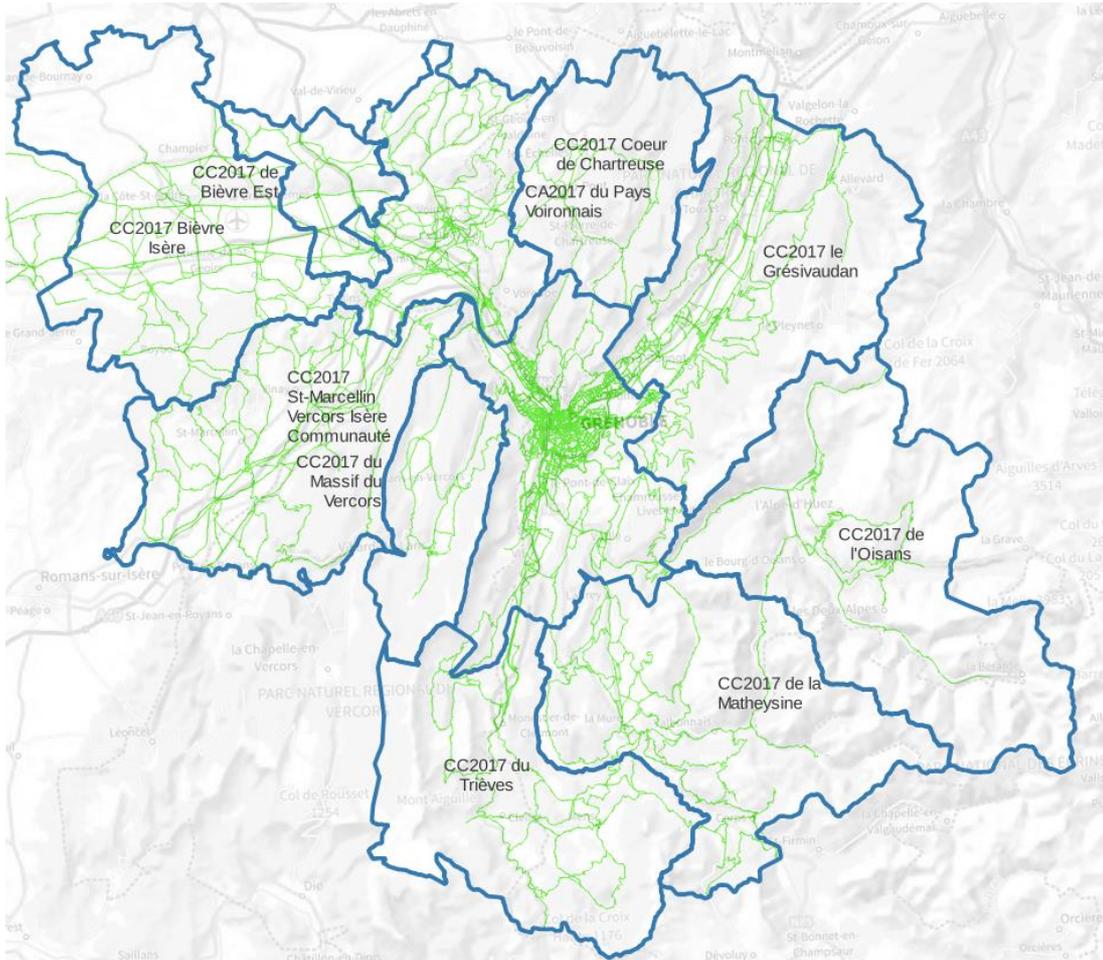


Figure 18 : Modèle trafic utilisé pour calculer les émissions de polluants du trafic routier (Source : AURG/Atmo AuRA)

2.5. Impacts de la ZFE-m sur les émissions de polluants

Étant donné que la ZFE-m est non permanente, c'est-à-dire qu'elle est effective uniquement du lundi au vendredi entre 7h et 19h, et que les données d'entrées des compositions de parcs nécessaires pour estimer les gains d'émissions sur ces différentes périodes sont difficilement adaptables, il a été choisi dans un premier temps de faire des calculs d'émissions en considérant une ZFE-m permanente 24h/24 et 7j/7.

Puis, à partir des données de trafic sur les horaires concernés ou non par la ZFE-m, issues de la Figure 19, qui montre qu'environ 60% du trafic sur le périmètre intra-rocade de la métropole est effectué du lundi au vendredi entre 7h et 19h, d'appliquer ce pourcentage pour en déduire les réductions d'émissions maximales lors de la période effective de la ZFE-m ainsi que la part des émissions maximales en dehors des horaires réglementaires.

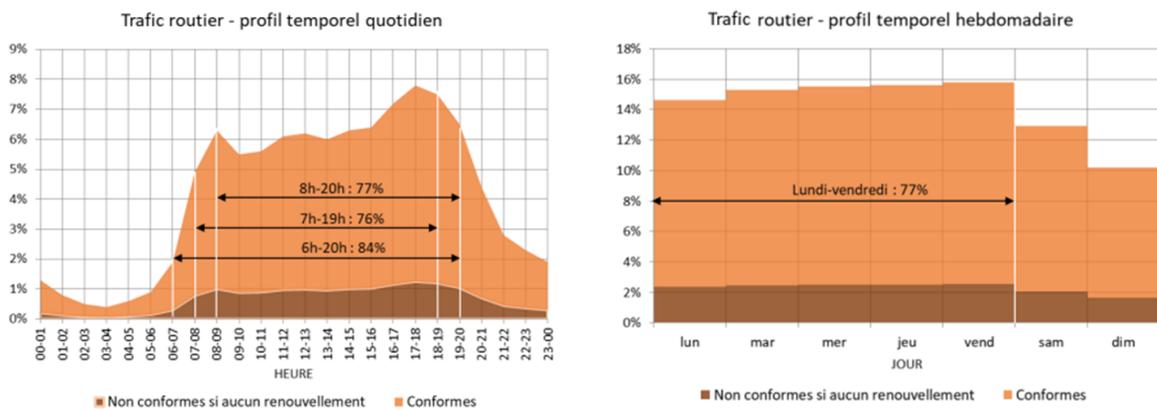


Figure 19 : Données de comptages trafic sur Grenoble-Alpes-Métropole pour le périmètre intra-rocade (Source : Atmo AuRA)

2.5.1. Impacts de la ZFE-m sur les émissions de NOx

Les réductions d'émissions de NOx sur le territoire de la métropole pour les différents scénarios, tendanciel et ZFE, et pour les différentes étapes de la ZFE-m, par rapport aux émissions 2022, sont données ci-dessous.

La Figure 20 présente les résultats simulés pour une ZFE-m appliquée 24h/24 et 7j/7.

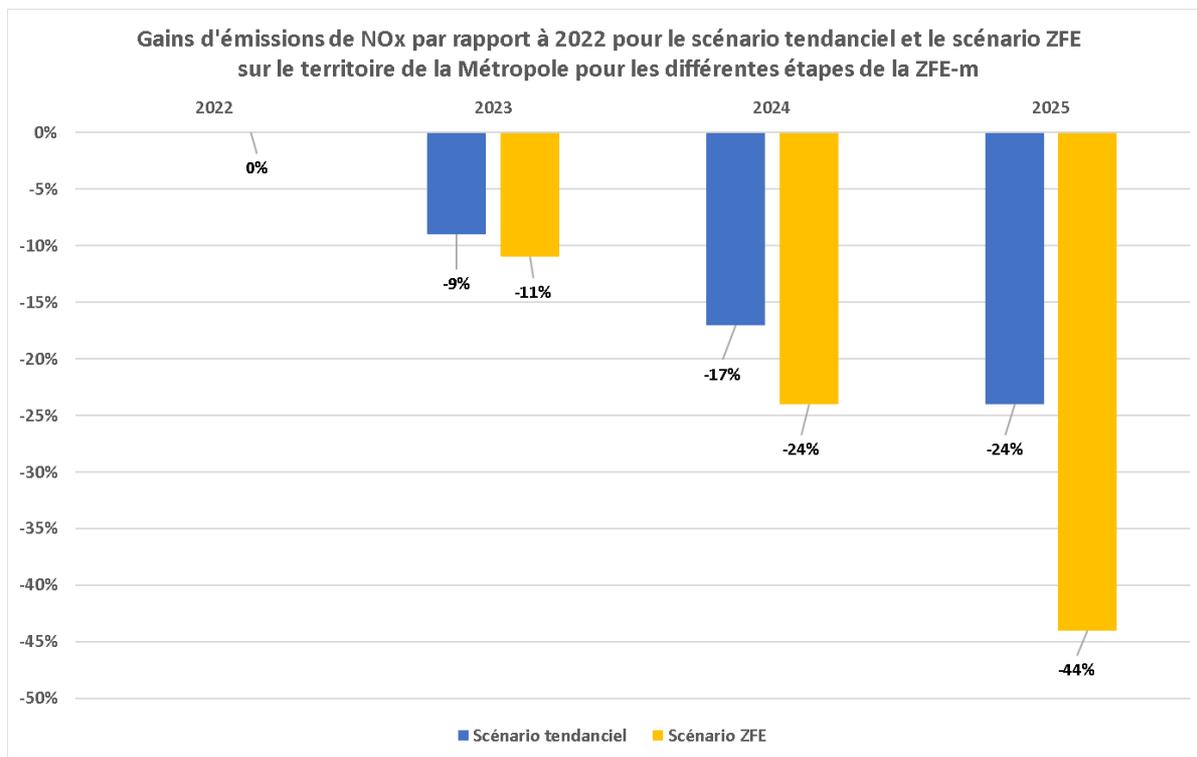


Figure 20 : Réductions d'émissions de NOx en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

Si la ZFE était appliquée 24h/24 et 7j/7 :

Les réductions d'émissions du scénario tendanciel seraient au maximum de 24% en 2025 par rapport à 2022, ce qui représente un gain d'environ 160 tonnes sur le territoire de la Métropole.

La mise en place de la ZFE-m permettrait un gain supplémentaire important pour 2025 avec l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 3. À l'échelle de l'agglomération, la réduction maximale serait de 44% par rapport à 2022, soit un gain d'environ 290 tonnes.

Afin de prendre en compte les effets d'une application de la ZFE uniquement en semaine et en journée, une modélisation des émissions associées aurait dû être à nouveau réalisée. Celle-ci n'ayant pas pu être effectuée, la Figure 21 présente une estimation des réductions de polluants basées uniquement sur un ratio du nombre de véhicules circulant pendant la période d'interdiction.

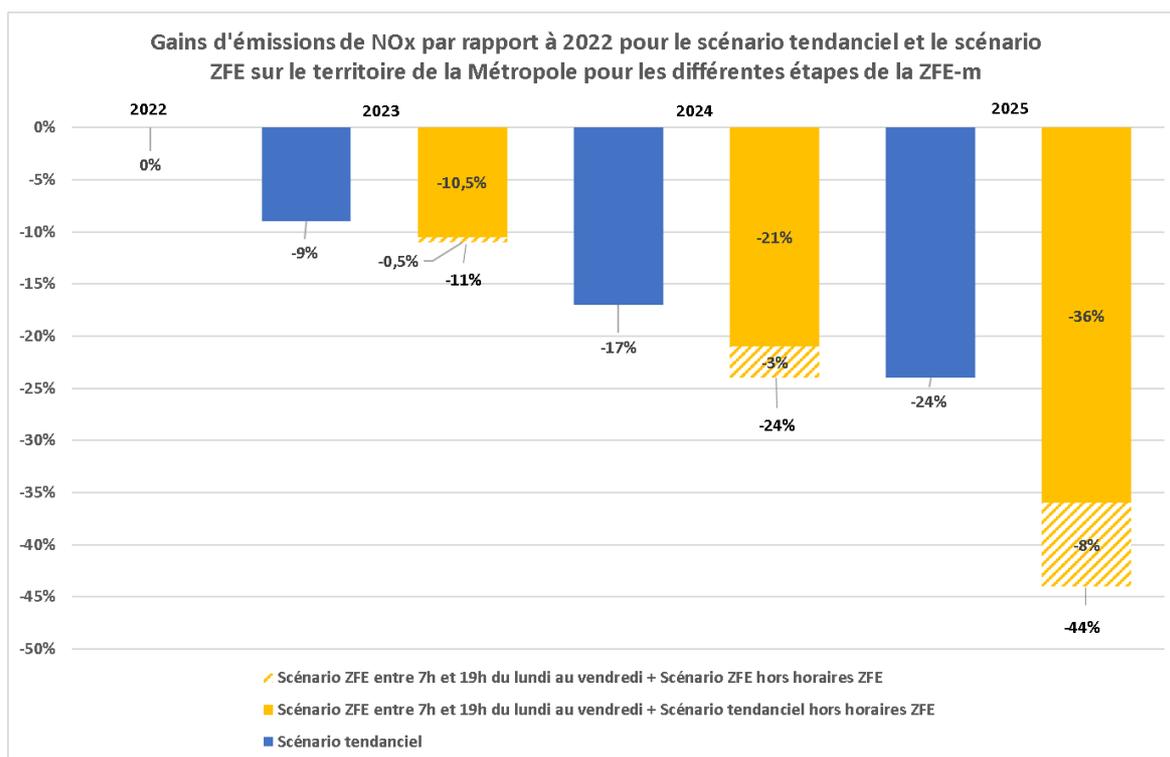


Figure 21 : Réductions d'émissions de NOx en pourcentage par rapport à 2022 pondérées en fonction de la proportion de véhicules circulant pendant la période réglementée sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

Attention, les résultats présentés sur cette figure sont donnés à titre informatif pour évaluer des ordres de grandeur, une modélisation complète des émissions serait nécessaire pour affiner ces valeurs.

En prenant en compte la circulation dans les horaires réglementaires de la ZFE-m, qui représente environ 60% du trafic global sur le périmètre intra-rocade de la métropole, les gains d'émission de NOx en considérant un scénario ZFE seraient de 26% en 2025.

Pour le reste de la semaine, en dehors des horaires réglementaires de la ZFE-m, en fonction du parc de véhicules qui circulera, les gains d'émissions peuvent être différents (partie hachurée sur le graphique de la Figure 21). Si c'est un parc tendanciel qui est pris en compte, le gain supplémentaire sera de 10%, si c'est un parc totalement conforme à la ZFE-m, le gain supplémentaire sera de 18%. On peut supposer qu'une part importante de véhicules qui circuleront en dehors des horaires de la ZFE-m sera néanmoins conforme aux restrictions, étant donné que peu de véhicules circulent uniquement la nuit ou le week-end. La réduction d'émissions de NOx à horizon 2025, qui pourra être observée, peut être estimée entre 36% et 44%.

2.5.2. Impacts de la ZFE-m sur les émissions de PM10

La Figure 22 montre que le scénario tendanciel permet une diminution constante des gains d'émissions de PM10 jusqu'en 2025, pour atteindre environ 14%, ce qui représente un gain d'environ 7 tonnes sur le territoire de la Métropole.

Si la ZFE était appliquée 24h/24 et 7j/7 :

L'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 3 en 2025 permettrait les gains d'émissions de PM10 les plus importants par rapport au tendanciel avec une diminution de 15% des émissions sur le territoire de la Métropole (environ 8 tonnes).

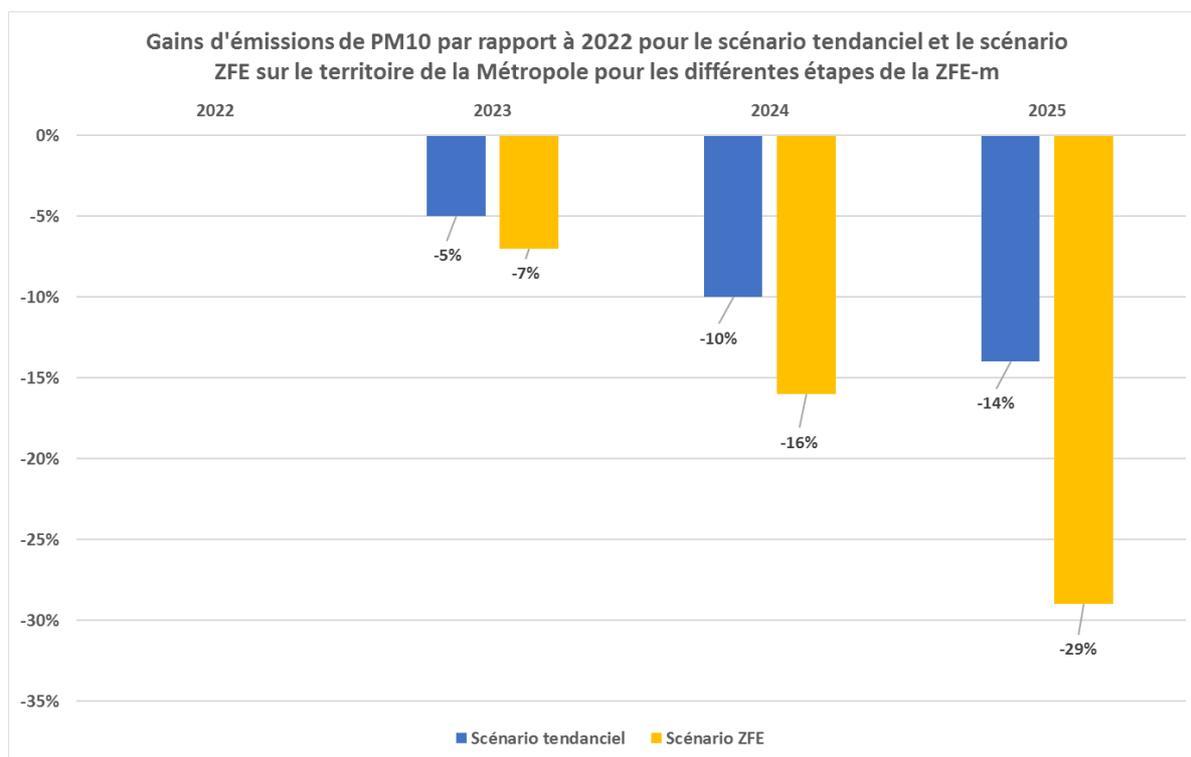


Figure 22 : réductions d'émissions de PM10 en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

La Figure 23 présente une estimation des réductions de polluants basées uniquement sur un ratio du nombre de véhicules circulant pendant la période d'interdiction.

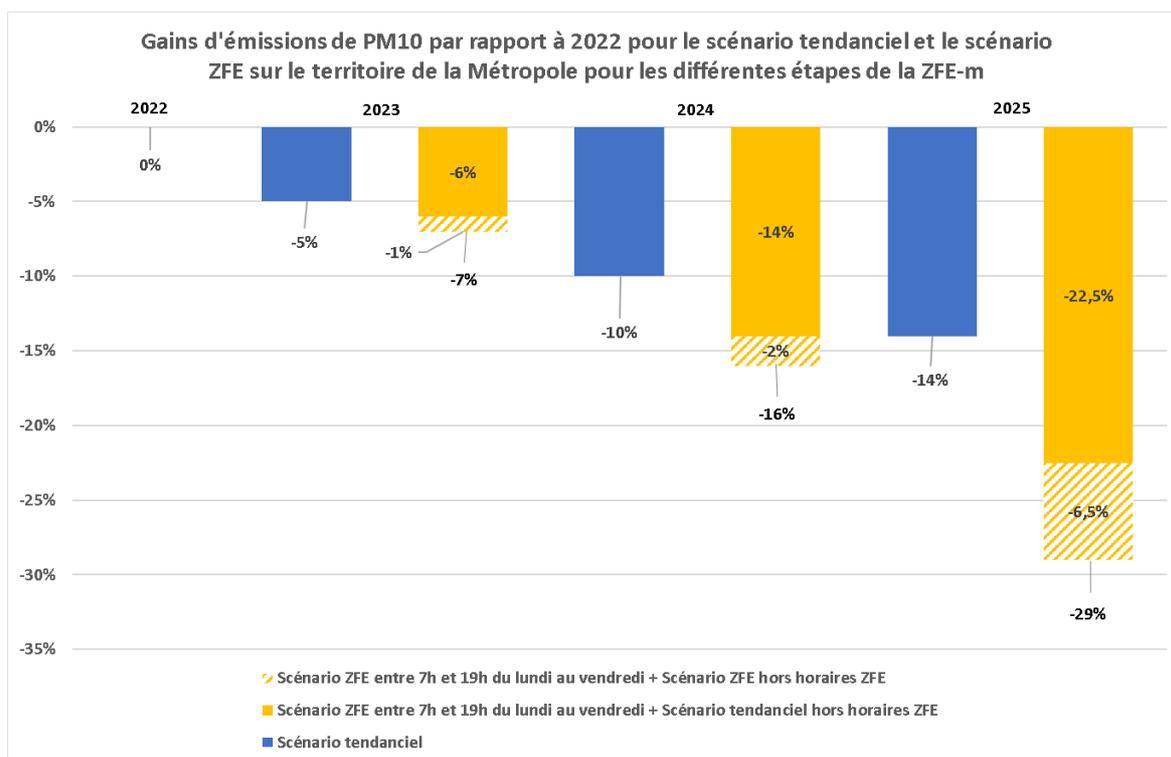


Figure 23 : Réductions d'émissions de PM10 en pourcentage par rapport à 2022 pondérées en fonction de la proportion de véhicules circulant pendant la période réglementée sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

Attention, les résultats présentés sur cette figure sont donnés à titre informatif pour évaluer des ordres de grandeur, une modélisation complète des émissions serait nécessaire pour affiner ces valeurs.

Comme pour les NOx, en prenant en compte la circulation dans les horaires réglementaires de la ZFE-m, les gains d'émission de PM10 seraient de 17% en 2025.

Pour le reste de la semaine, en dehors des horaires réglementaires de la ZFE-m, si c'est un parc tendanciel qui circulera, le gain supplémentaire serait d'environ 6%, si c'est un parc totalement conforme à la ZFE-m, le gain supplémentaire serait de 12%. On peut supposer qu'une part importante de véhicules qui circuleront en dehors des horaires de la ZFE-m sera néanmoins conforme aux restrictions. La réduction d'émissions de PM10 à horizon 2025, qui pourra être observée, peut être estimée entre environ 23% et 29% (Figure 23).

2.5.3. Impacts de la ZFE-m sur les émissions de PM2,5

La Figure 24, pour les émissions de PM2,5, montre également des diminutions constantes pour le scénario tendanciel sur les différentes années de mise en place des étapes de la ZFE-m. En 2025, le gain du tendanciel atteint 18% par rapport à 2022 sur le territoire de la métropole, soit environ 7 tonnes

Le gain le plus important entre le scénario ZFE et le tendanciel serait en 2025, avec une baisse des émissions de 21% sur la métropole (environ 8 tonnes), si la ZFE était appliquée 24h/24 et 7j/7.

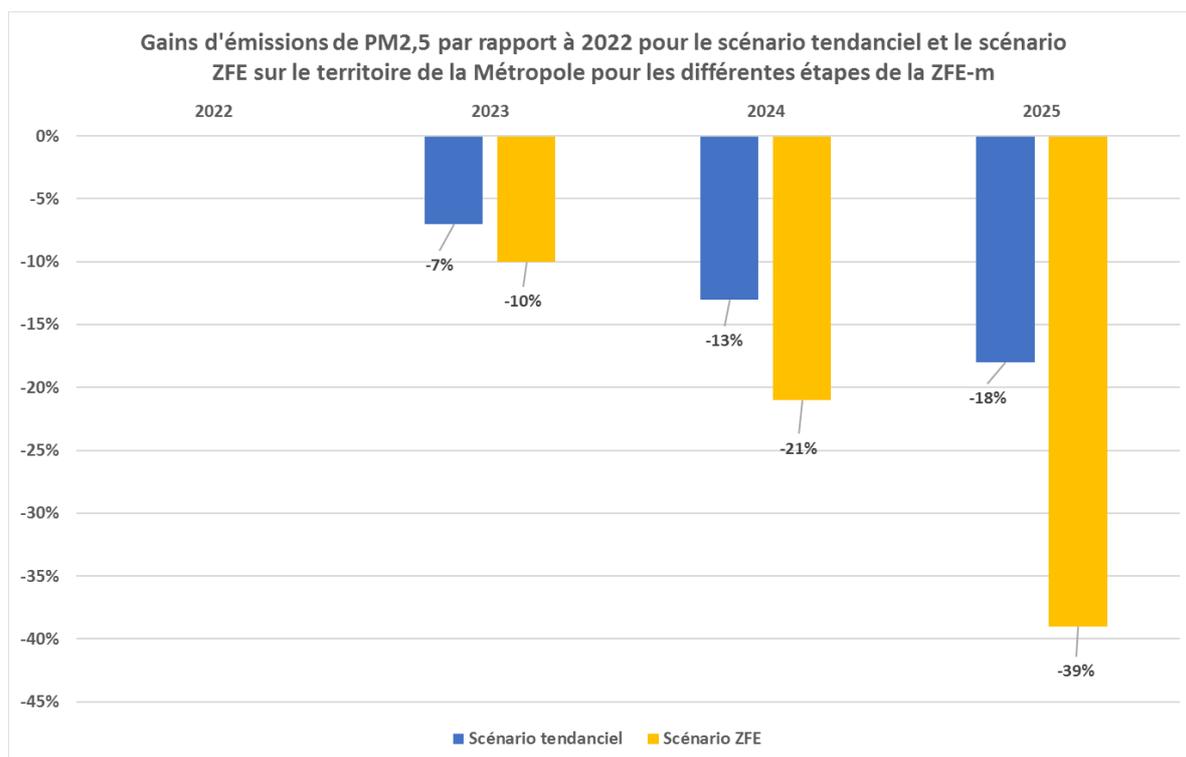


Figure 24 : Réductions d'émissions de PM2,5 en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

La Figure 25 présente une estimation des réductions de polluants basées uniquement sur un ratio du nombre de véhicules circulant pendant la période d'interdiction.

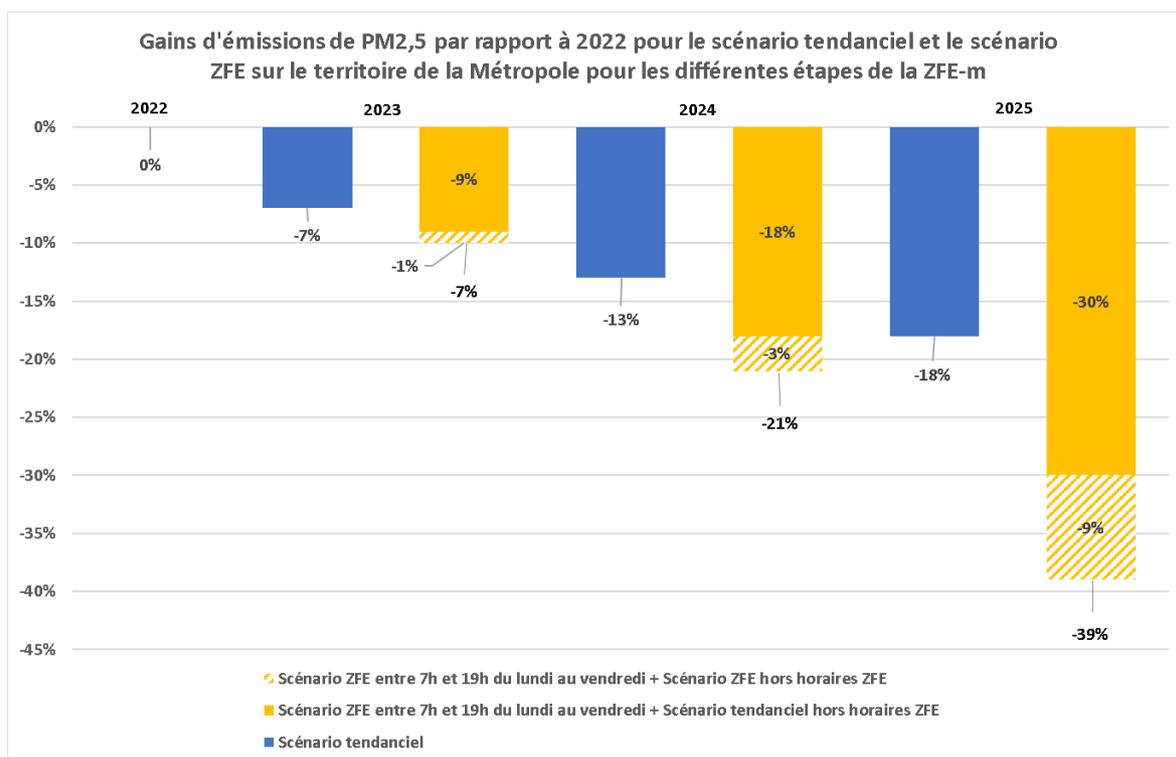


Figure 25 : Réductions d'émissions de PM2,5 en pourcentage par rapport à 2022 pondérées en fonction de la proportion de véhicules circulant pendant la période réglementée sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

Attention, les résultats présentés sur cette figure sont donnés à titre informatif pour évaluer des ordres de grandeur, une modélisation complète des émissions serait nécessaire pour affiner ces valeurs.

En prenant en compte la circulation dans les horaires réglementaires de la ZFE-m, les gains d'émission de PM2,5 seraient de 23% en 2025.

Pour le reste de la semaine, en dehors des horaires réglementaires de la ZFE-m, si c'est un parc tendanciel qui circulera, le gain supplémentaire serait d'environ 7%, si c'est un parc totalement conforme à la ZFE-m, le gain supplémentaire serait de 16%. On peut supposer qu'une part importante de véhicules qui circuleront en dehors des horaires de la ZFE-m sera néanmoins conforme aux restrictions. La réduction d'émissions de PM10 à horizon 2025, qui pourra être observée, peut être estimée entre environ 30% et 39% (Figure 25).

3. Bénéfices sanitaires et climatiques attendus

3.1. 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.

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

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

La Figure 26 montre les cartes projetées de la concentration annuelle en NO₂ pour le scénario tendanciel en 2022 et pour le scénario ZFE en 2025 qui comprend l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 3 et plus sur le périmètre des 13 communes. En 2025, la mise en place de la ZFE-m associée au renouvellement tendanciel permettrait de réduire sensiblement la concentration annuelle de NO₂ sur le territoire de la Métropole et notamment sur le centre urbain et à proximité des principaux axes routiers. La carte de différence entre les deux scénarios montre une diminution allant jusqu'à 30% sur les principaux axes de circulation ainsi que des baisses entre 15% et 25% dans le centre urbain.

Remarque : ces cartes de modélisation ont été réalisées dans l'hypothèse d'une ZFE-m permanente sur le territoire. Elles correspondent donc aux réductions maximales de concentrations en polluants qui pourraient être observées.

Etant donné l'application de la ZFE-m uniquement du lundi au vendredi de 7h à 19h, les concentrations en polluants attendues sont à modérer.

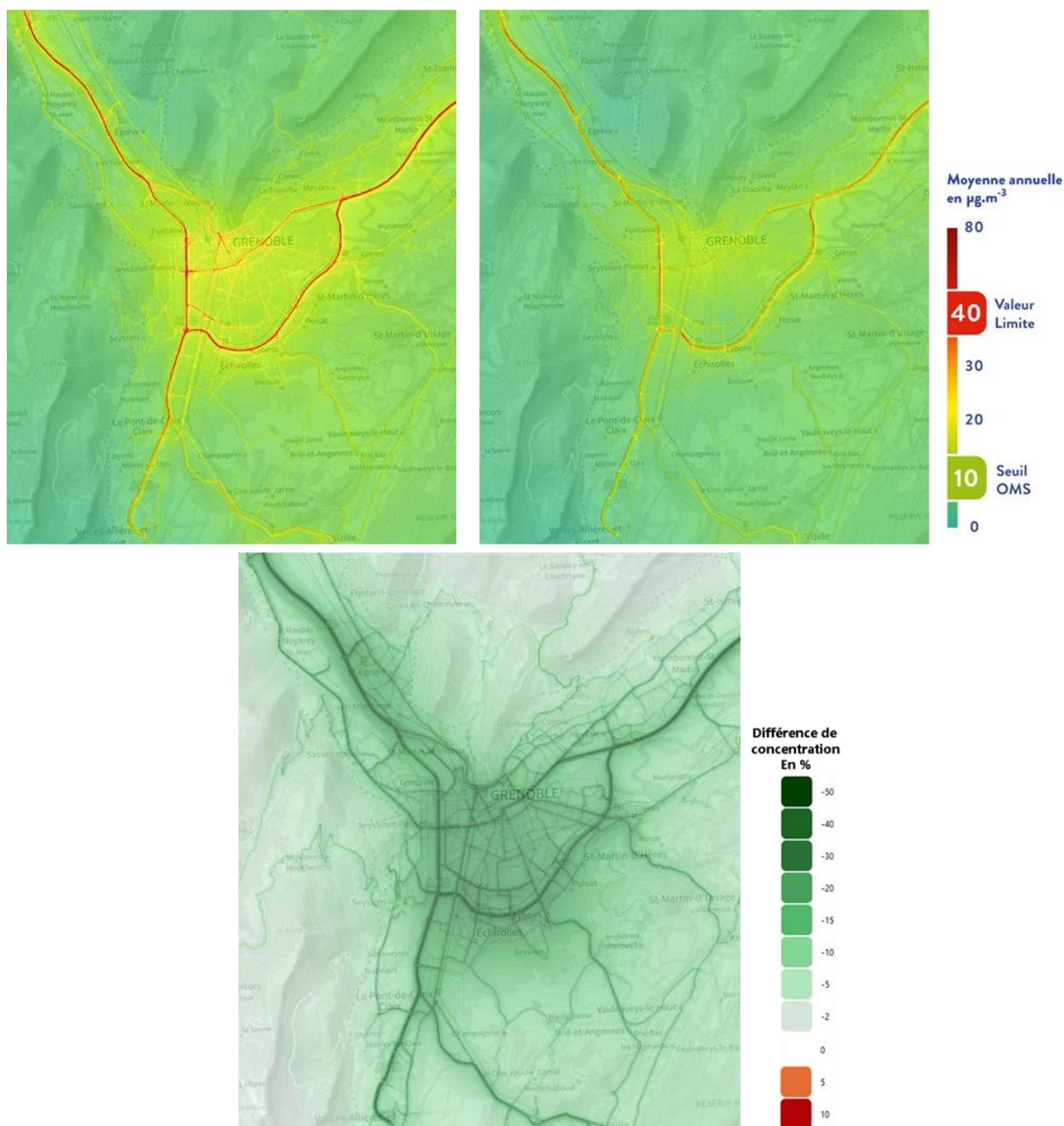


Figure 26 : Cartes de la concentration annuelle moyenne du dioxyde d'azote (NO₂) pour le scénario tendanciel en 2022 (à gauche) et le scénario ZFE CQA 3 et plus en 2025 (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas) (Source : Atmo AuRA)

Le croisement des cartes de concentrations annuelles avec des cartes de répartition de la population permet de décrire l'exposition de la population au NO₂. La Figure 27 montre la distribution des populations exposées pour le scénario tendanciel en 2022 et le scénario ZFE CQA 3 et plus en 2025 sur l'agglomération.

En 2022, l'exposition moyenne de la population est de 16 µg/m³ sur le périmètre de la métropole. La mise en place de la ZFE-m avec un dernier pas d'interdiction en 2025 des véhicules Crit'Air 3 et plus, associée aux effets tendanciels, permettrait de diminuer cette exposition moyenne à 13 µg/m³ en 2025, si tous les véhicules circulant dans le périmètre étaient conformes à la ZFE-m 24h/24.

Concernant la valeur guide OMS 2021, en 2022, environ 97% de la population de la métropole est exposée à un dépassement de la valeur (10 µg/m³). En 2025, pour ce scénario ZFE, une baisse

d'environ 2% de la population exposée à la valeur guide serait observée sur le territoire de la métropole.

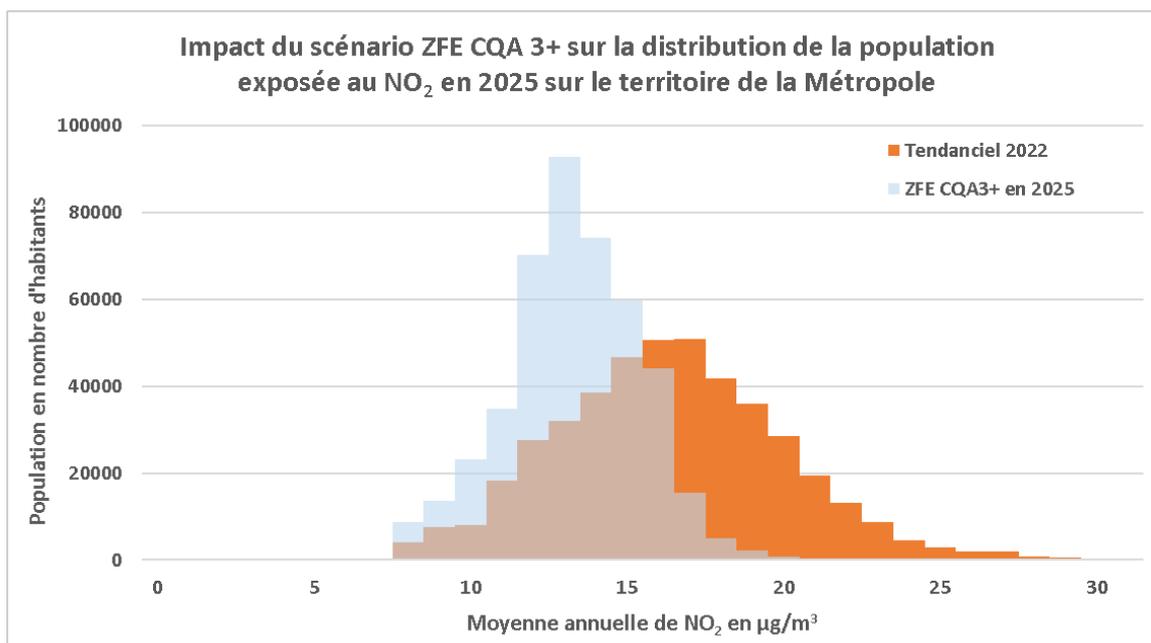


Figure 27 : Distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote (NO₂) pour le scénario tendanciel en 2022 et pour le scénario ZFE CQA 3 et plus en 2025 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)

3.1.2. 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-m seraient observés sur les émissions de ces deux polluants pour le trafic routier, notamment avec des gains plus importants pour les PM2,5.

Comme le transport ne représente que 15% des émissions totales de particules sur la métropole, ces baisses d'émissions ne se répercutent quasiment pas sur les concentrations de particules modélisées sur le territoire pour les différents scénarios.

Les cartes de concentrations ainsi que les distributions de l'exposition des populations pour les PM2,5 pour les différents scénarios sont présentées dans la Figure 28 et la Figure 29.

Remarque : ces cartes de modélisation ont été réalisées dans l'hypothèse d'une ZFE-m permanente sur le territoire. Elles correspondent donc aux réductions maximales de concentrations en polluants qui pourraient être observées.

Etant donné l'application de la ZFE-m uniquement du lundi au vendredi de 7h à 19h, les concentrations en polluants attendues sont à modérer.

Pour le scénario tendanciel en 2022, l'exposition de la population est en moyenne de 9 µg/m³ pour les PM2,5 et de 15 µg/m³ pour les PM10 sur le périmètre de la métropole. La quasi-totalité de la population du territoire de la métropole est exposée à un dépassement de la valeur guide OMS de 2021 (5 µg/m³) pour les PM2,5. Pour les PM10, environ 77% de la population de l'agglomération est exposée à un dépassement de la valeur guide OMS de 2021 (15 µg/m³).

Pour les PM2,5, l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 3 ne ferait que très peu baisser l'exposition moyenne (0,1 µg/m³), et l'exposition de la population à la valeur OMS de 2021 resterait

identique par rapport au tendanciel en 2022 sur le périmètre de l'agglomération. Pour les PM10, la baisse de l'exposition moyenne serait similaire en 2025 ($0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), et l'exposition de la population à la valeur OMS 2021 diminuerait très faiblement (environ 1%) sur le territoire de la métropole.

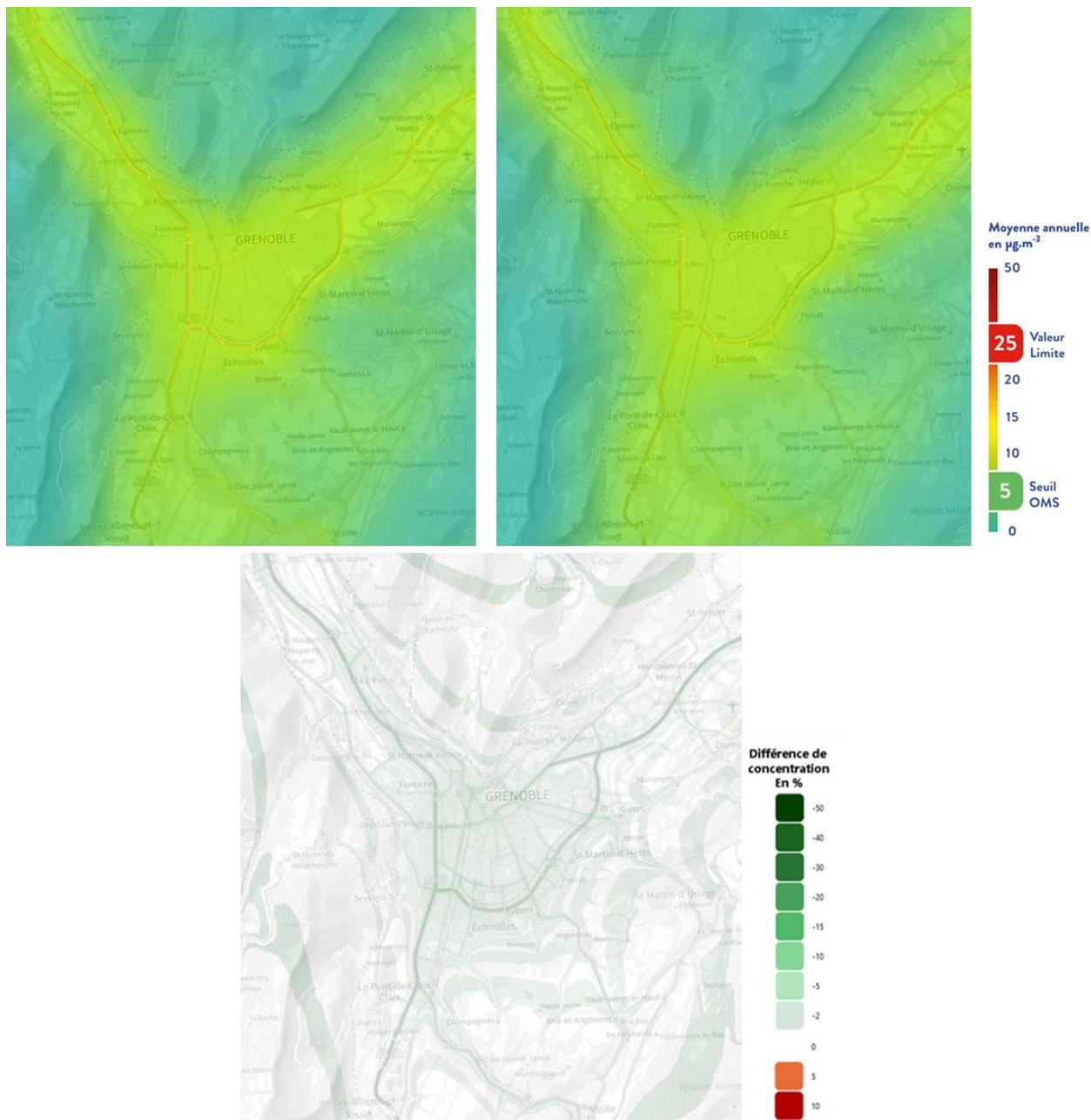


Figure 28 : Cartes de la concentration annuelle moyenne aux PM2,5 pour le scénario tendanciel en 2022 (à gauche) et le scénario ZFE CQA3 et plus en 2025 sur le périmètre des 13 communes (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas) (Source : Atmo AuRA)

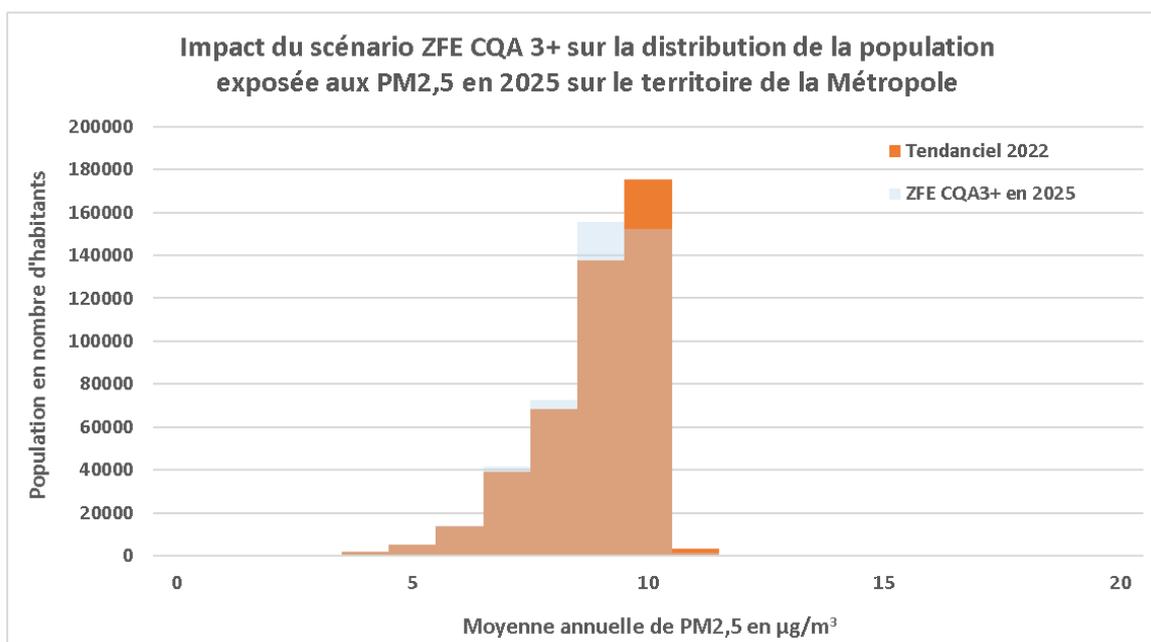


Figure 29 : Distribution de l'exposition de la population aux PM2,5 pour le scénario tendanciel en 2022 et pour le scénario ZFE CQA3 et plus en 2025 sur le périmètre des 13 communes (en haut) et sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (en bas) (Source : Atmo AuRA)

3.2. Une diminution des émissions de gaz à effet de serre

Pour les émissions de GES, les gains d'émissions du scénario tendanciel restent faibles jusqu'en 2025, pour atteindre un gain d'environ 4% sur le périmètre de la métropole, soit un gain d'environ 11 800 tonnes.

Si la ZFE était appliquée 24h/24 et 7j/7, la mise en place de la ZFE-m permettrait un gain supplémentaire très modéré en 2023 et en 2024, avec respectivement 2% (environ 8 400 tonnes) et 4% (environ 21 600 tonnes) de gains par rapport au tendanciel.

L'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 3 en 2025 entraînerait un gain de 13% par rapport à 2022 (environ 41 100 tonnes) et de 9% par rapport au tendanciel (environ 29 400 tonnes) sur le périmètre de la métropole (Figure 30), si tous les véhicules circulant dans le périmètre étaient conformes à la ZFE-m 24h/24.

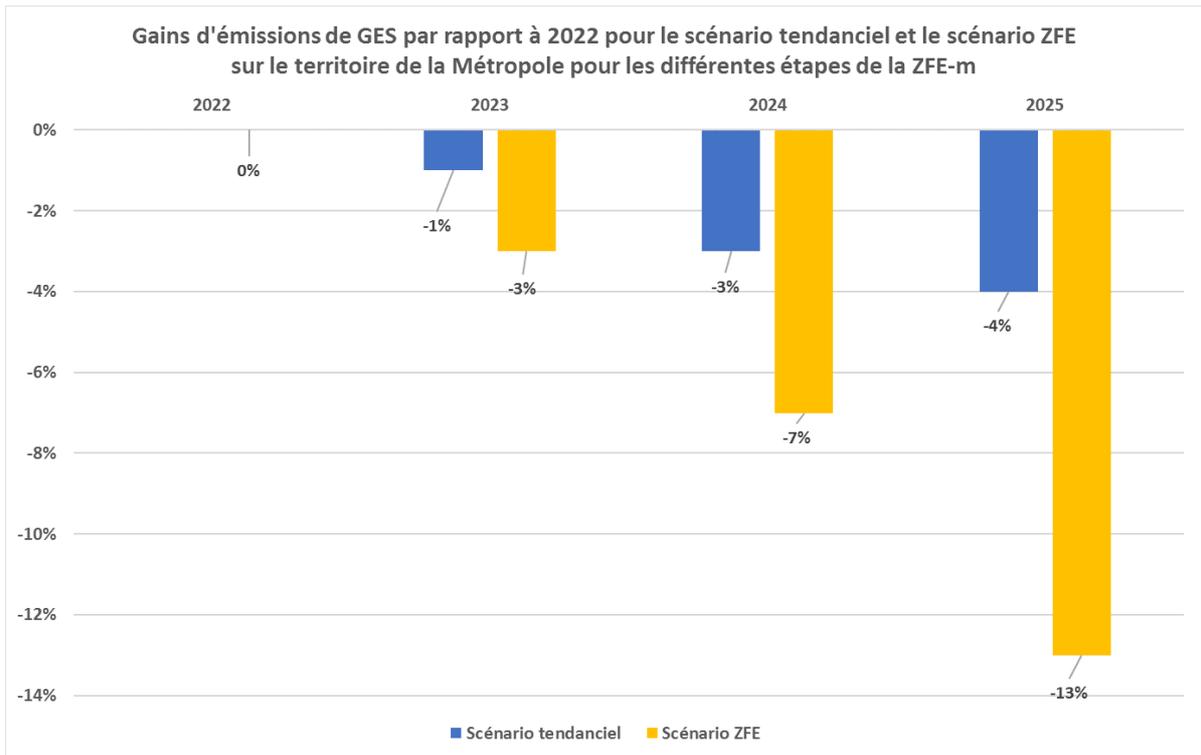


Figure 30 : Réductions d'émissions de GES en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

La Figure 31 présente une estimation des réductions de gaz à effet de serre basées uniquement sur un ratio du nombre de véhicules circulant pendant la période d'interdiction.

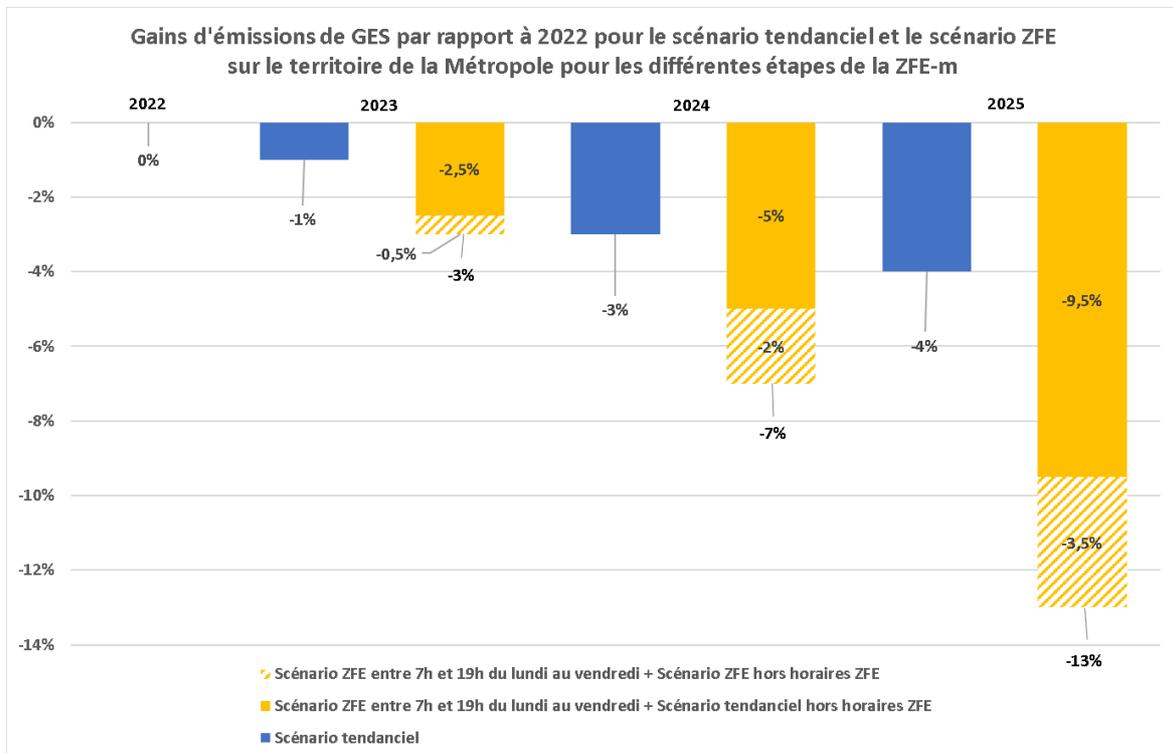


Figure 31 : Réductions d'émissions de GES en pourcentage par rapport à 2022 pondérées en fonction de la proportion de véhicules circulant pendant la période réglementée sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

Attention, les résultats présentés sur cette figure sont donnés à titre informatif pour évaluer des ordres de grandeur, une modélisation complète des émissions serait nécessaire pour affiner ces valeurs.

En prenant en compte la circulation dans les horaires réglementaires de la ZFE-m, qui représente environ 60% du trafic global sur le périmètre intra-rocade de la métropole, les gains d'émission de GES seraient de 8% en 2025.

Pour le reste de la semaine, en fonction du parc de véhicules qui est pris en compte sur les horaires en dehors de la ZFE-m, les gains d'émissions peuvent être différents (partie hachurée sur le graphique de la Figure 31). Si c'est un parc tendanciel qui circulera, le gain supplémentaire serait d'environ 1,5%, si c'est un parc totalement conforme à la ZFE-m, le gain supplémentaire serait de 5%. On peut supposer qu'une part importante de véhicules qui circuleront en dehors des horaires de la ZFE-m sera néanmoins conforme aux restrictions. La réduction d'émissions de GES à horizon 2025, qui pourra être observée, peut être estimée entre environ 10% et 13%.

4. Annexes

Annexe 1. Plan du périmètre la ZFE-m VUL/PL

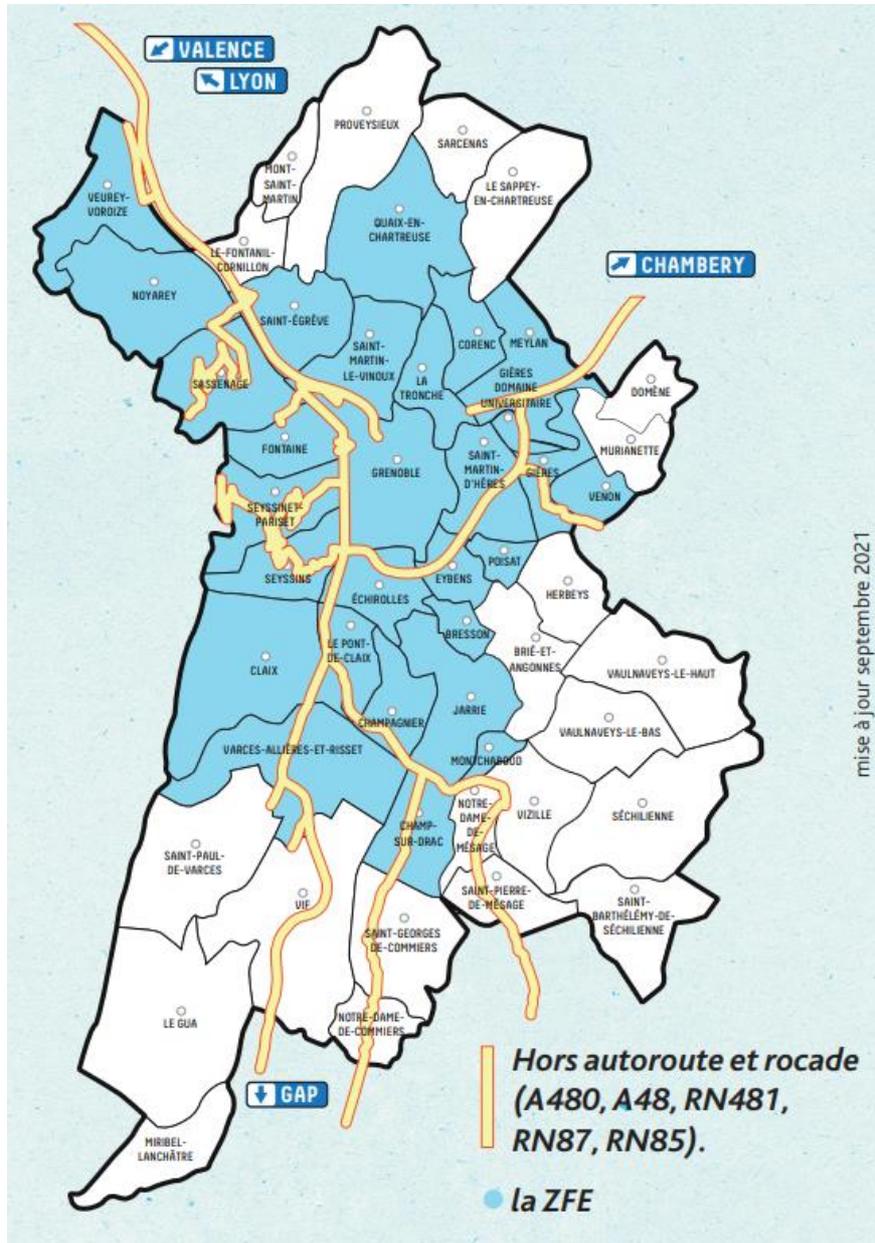


Figure 32 : Plan du périmètre de la ZFE-m VUL/PL avec les 27 communes concernées et les VRU exclues du périmètre (Source : grenoblealpesmetropole.fr)

Annexe 2. Les outils mobilisés pour réaliser l'évaluation des effets de la ZFE-m 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.

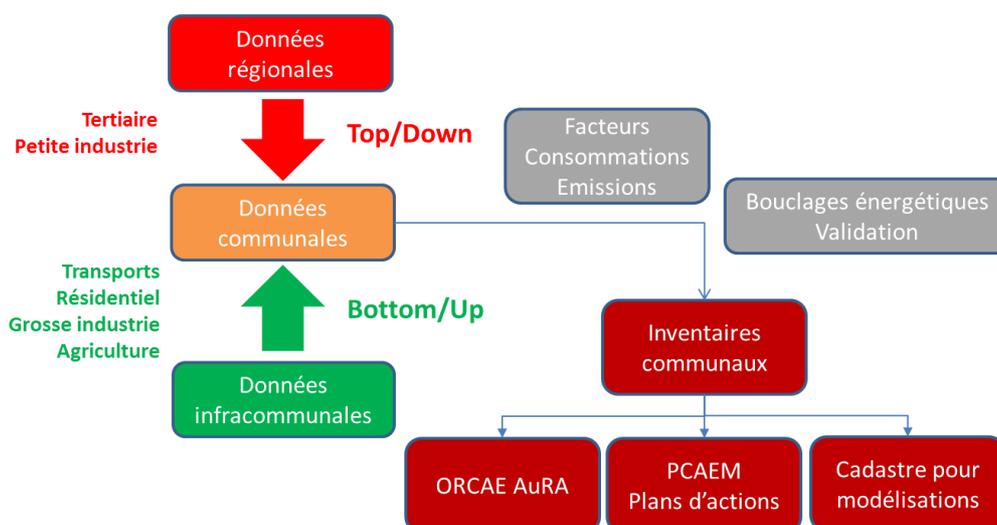


Figure 33 : Chaîne de calcul des émissions d'Atmo AURA

Dans le cadre de l'évaluation du projet ZFE-m 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 PM2,5).

- **Calcul des émissions liées aux transports routiers**

La Figure 34 illustre la méthode générale de calcul mise en œuvre par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes dans le cadre de l'évaluation de la ZFE-m. Elle est basée sur :

- Les volumes de trafic routier issus d'une simulation trafic locale (modélisation du modèle trafic VISUM géré par le STMC ; simulation « 2015_référence » mise à jour en 2017)
- Des données de parc VUL/PL :
 - issues de l'enquête plaques locale selon décomposition :
 - VUL par classe de poids à vide, ainsi que PL porteurs et articulés
 - Par carburant
 - Par norme Euro
 - Puis projetées selon :
 - les évolutions tendanciennes du parc CITEPA AME
 - les restrictions liées à la ZFE-m avec des hypothèses spécifiques pour les véhicules touchés
- Les facteurs d'émissions issus de la méthode européenne standardisée COPERT 5.4.36

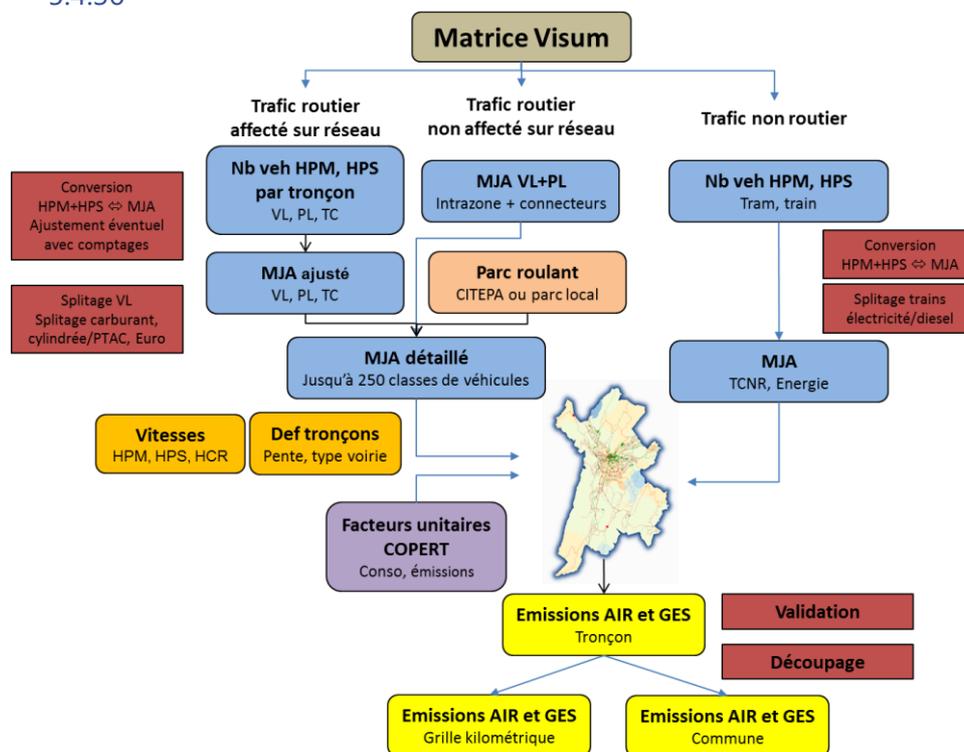


Figure 34 : Chaîne de calcul des émissions de transports routiers d'Atmo AURA

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.

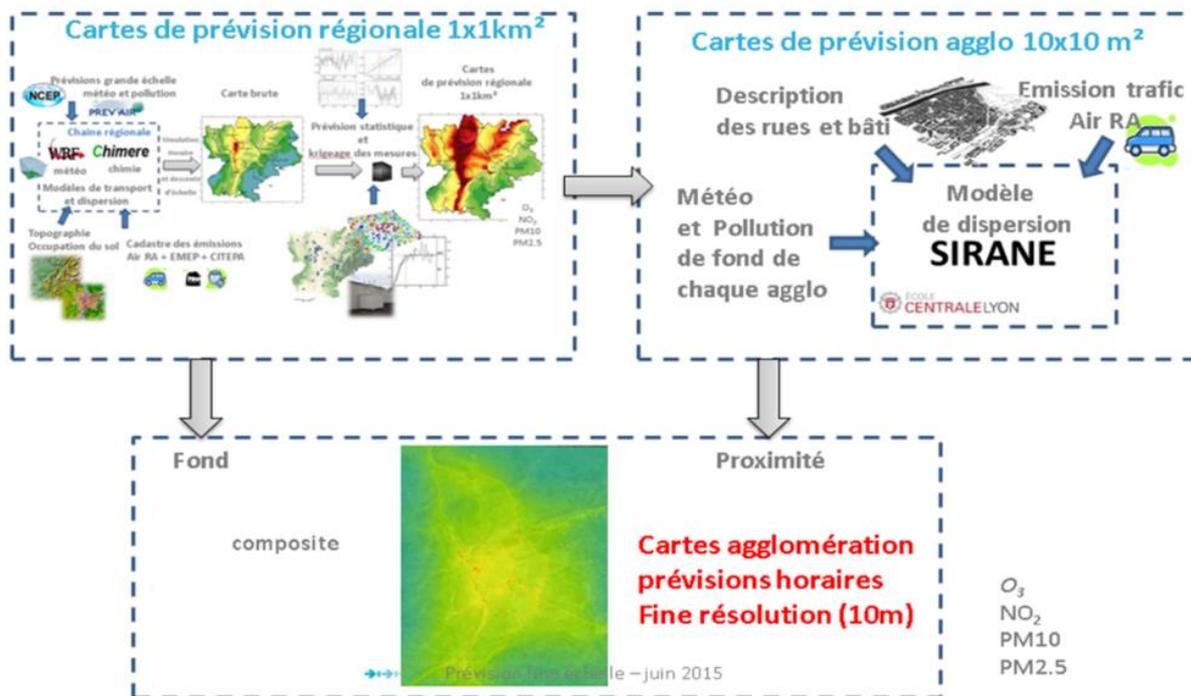


Figure 35 : Chaîne de modélisation des concentrations de polluants d'Atmo AURA

Annexe 3. Évaluation de l'effet de l'interdiction des Crit'Air 2 à horizon 2030 sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre et sur les concentrations et expositions de la population aux polluants atmosphériques

Remarque : les résultats présentés dans cette partie ont été simulés en tenant compte d'une ZFE-m 24h/24. Ils présentent ainsi les effets maximaux attendus de la ZFE-m à horizon 2030, dans une dynamique de report modal élevé et de renouvellement important du parc roulant de véhicules.

Projections des parcs tendanciels et ZFE pour les véhicules particuliers et les deux-roues motorisés à horizon 2030

Pour la projection tendancielle des véhicules particuliers à horizon 2030, le pourcentage de véhicules Crit'Air 3 et plus descend à 8% avec la sortie du parc des Crit'Air 5 et non classés, les Crit'Air 2 sont assez stables avec 33% de présence dans le parc, et les pourcentages de Crit'Air 1 et Zéro émission augmentent pour atteindre respectivement 50% et 8% du parc (Figure 36).

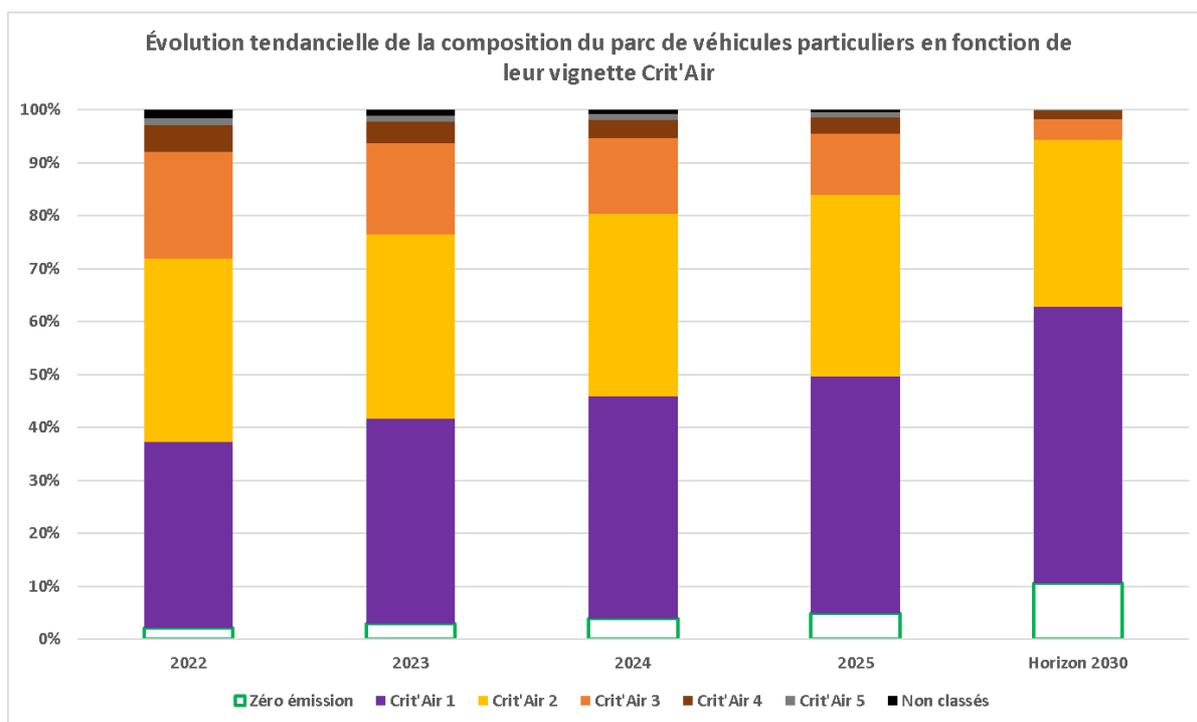


Figure 36 : Évolution tendancielle de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air à horizon 2030 (Source : SDES/Atmo AuRA)

La mise en place de l'interdiction de circulation des vignettes Crit'Air 2 à horizon 2030 entraînerait une composition de parc comprenant 73% de véhicules Crit'Air 1 et 27% de véhicules Zéro émission (Figure 37).

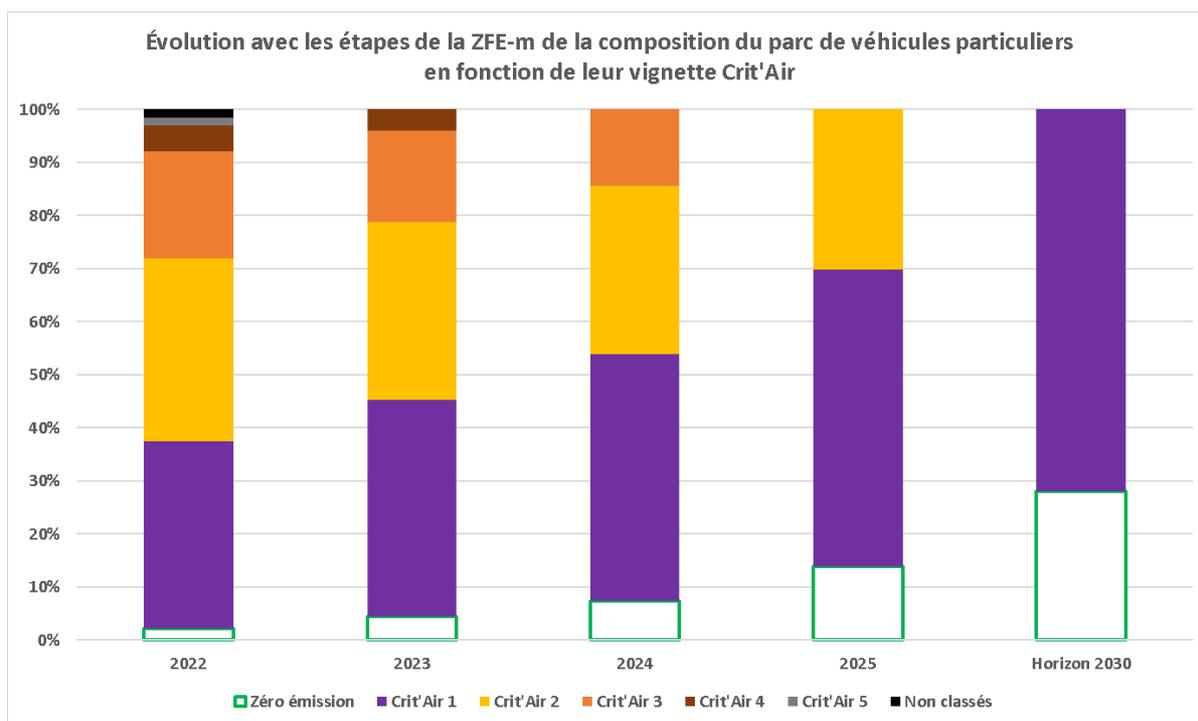


Figure 37 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE-m, de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air à horizon 2030 (Source : SDES/Atmo AuRA)

En ce qui concerne les deux-roues motorisés, la projection tendancielle à l'horizon 2030 montre une augmentation de la part des vignettes Crit'Air 1 qui passent de 60% à 90%. L'augmentation des Crit'Air 1 s'est faite suite à la sortie du parc des Crit'Air 2 et 3 qui représentent 37% du parc en 2022 et plus que 6% du parc à l'horizon 2030 (Figure 38). Les deux-roues motorisés électriques (Zéro émission) évoluent très peu sur cette période et représentent 5% du parc à l'horizon 2030.

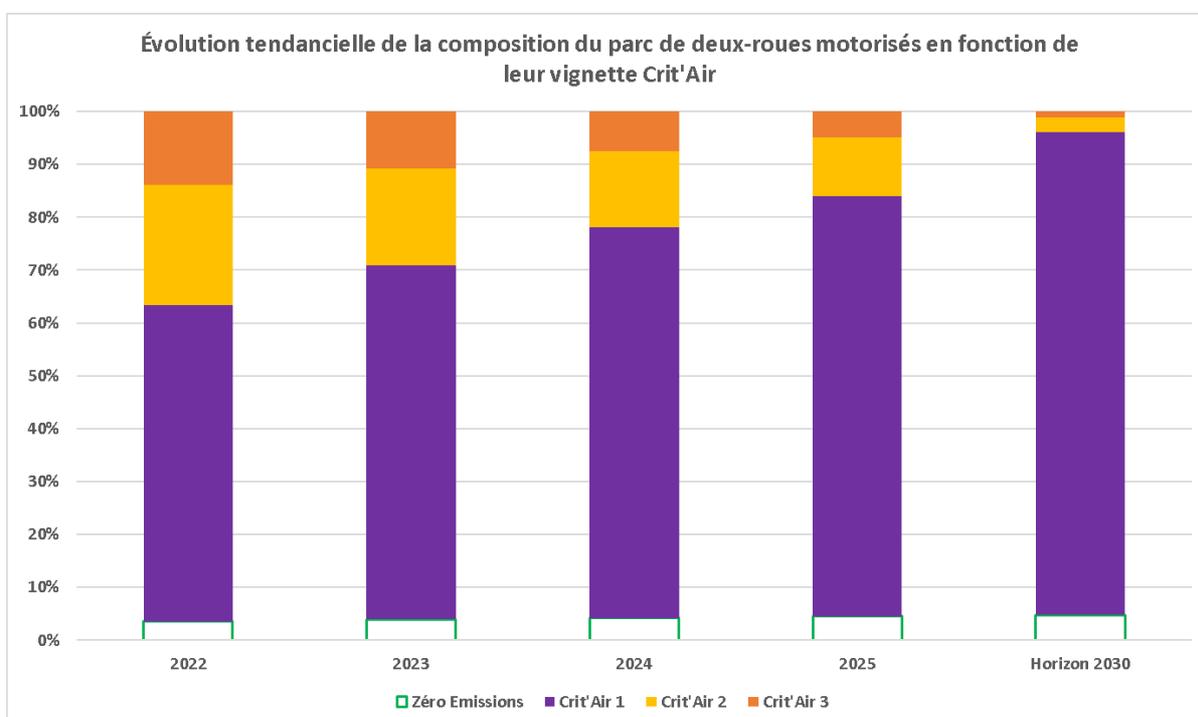


Figure 38 : Évolution tendancielle de la composition du parc de deux-roues motorisés en fonction de leur vignette Crit'Air à horizon 2030 (Source : SDES/Atmo AuRA)

La mise en place de la ZFE-m n'aurait un impact qu'à partir de 2025 sur la composition du parc de deux-roues motorisés avec l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 3. Ces véhicules seraient renouvelés par des deux-roues motorisés Crit'Air 1 et Zéro émission. Idem pour l'interdiction de circulation des Crit'Air 2 à horizon 2030, où les Crit'Air 1 représenterait 95% du parc (Figure 39).

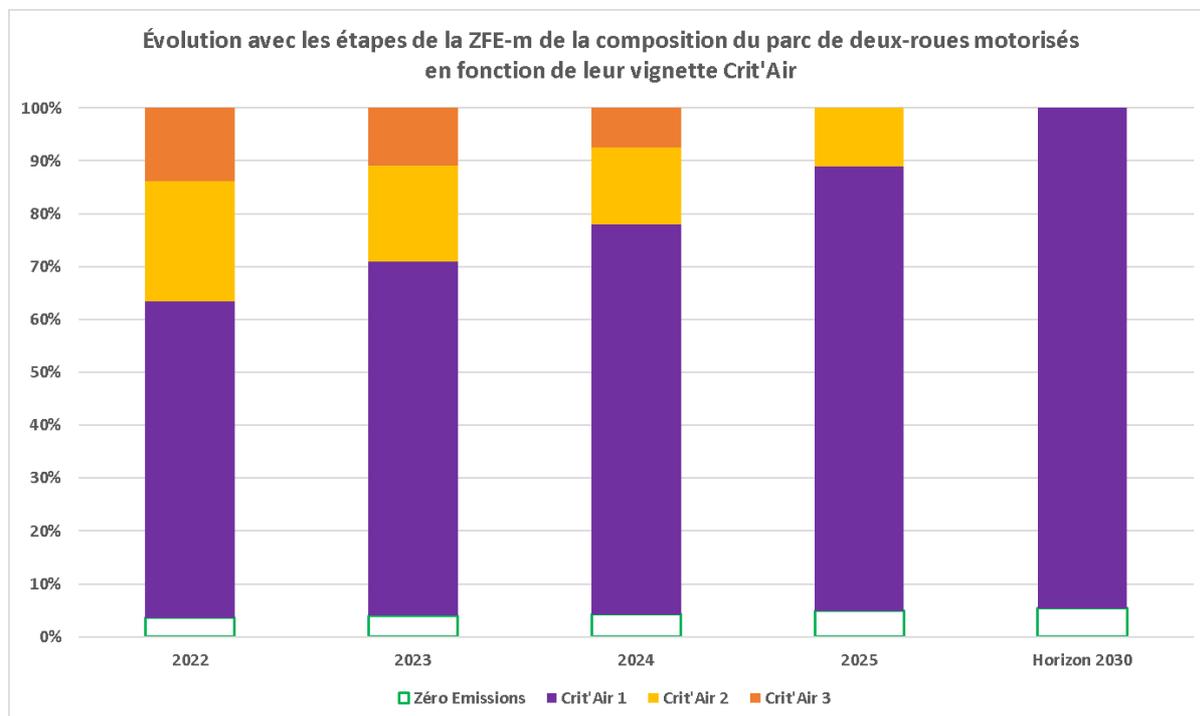


Figure 39 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE-m, de la composition du parc de deux-roues motorisés en fonction de leur vignette Crit'Air à horizon 2030 (Source : SDES/Atmo AuRA)

Impacts sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre de l'interdiction des véhicules Crit'Air 2 à Horizon 2030

Pour les NOx et les GES, l'étape de la ZFE-m avec l'interdiction de circulation des VP et 2RM Crit'Air 2 à l'horizon 2030 entraînerait les gains d'émissions les plus importants par rapport au tendanciel de 2022 avec des diminutions d'émissions de 80% pour les NOx (Figure 40) et de 33% pour les GES (Figure 43) sur le territoire de la métropole. Par rapport au tendanciel de l'horizon 2030, les gains d'émissions seraient de 36% pour les NOx et de 22% pour les GES.

Pour les particules fines, PM10 et PM2,5, cette étape de la ZFE-m montrerait les gains d'émissions les plus importants par rapport au tendanciel de 2022 avec des diminutions de 36% pour les PM10 (Figure 41) et de 46% pour les PM2,5 (Figure 42). Cependant, l'écart avec le tendanciel de la même année serait moins important que celui pour l'interdiction des véhicules Crit'Air 3 en 2025, avec des diminutions de 15% en 2025 et de 12% à l'horizon 2030 pour les PM10 et de 21% en 2025 et de 14% à l'horizon 2030 pour les PM2,5.

Cette différence, plus marquée pour les PM2,5, pourrait s'expliquer par le fait qu'un certain nombre de véhicules Crit'Air 3 ne sont pas équipés de filtres à particules et sont donc des gros émetteurs de particules, ainsi leur sortie du parc entraînerait une forte baisse des émissions de particules contrairement à la sortie des véhicules Crit'Air 2 qui sont tous équipés de filtres à particules. Cependant, les véhicules émettent également des particules hors échappement, c'est pourquoi la sortie des Crit'Air 2 contribuerait, dans une moindre mesure, à la diminution des émissions.

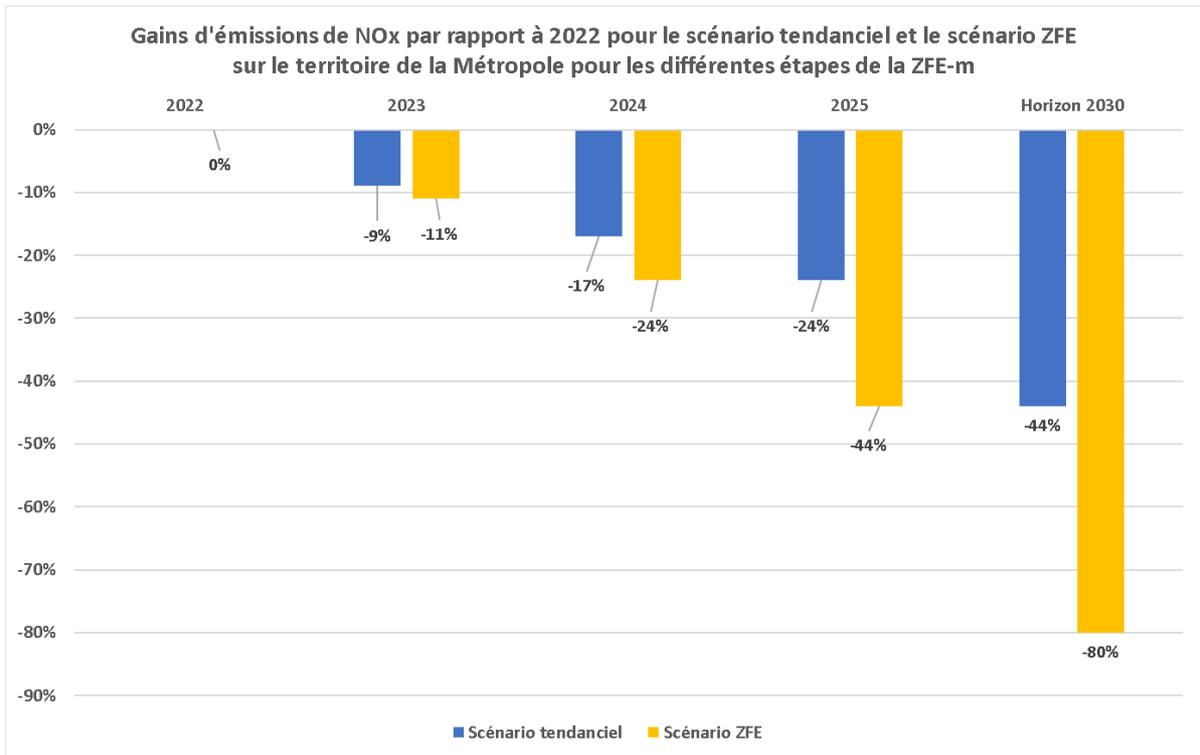


Figure 40 : Gains d'émissions de NOx en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

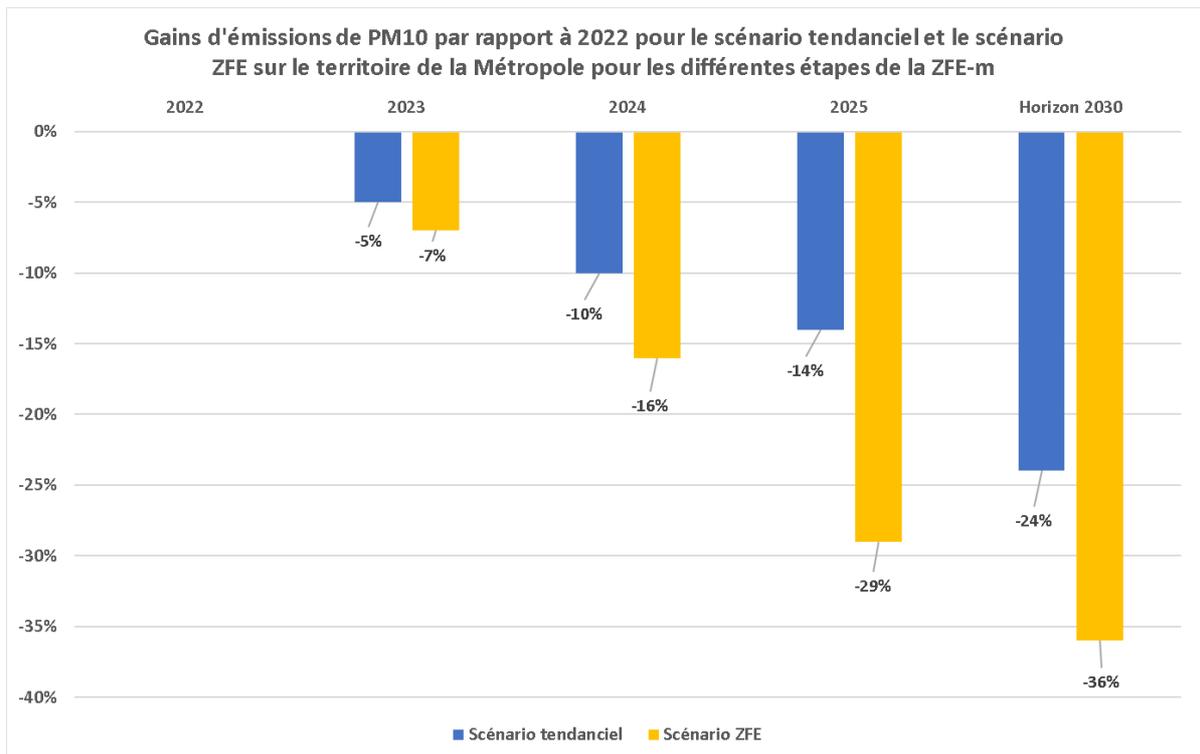


Figure 41 : Gains d'émissions de PM10 en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

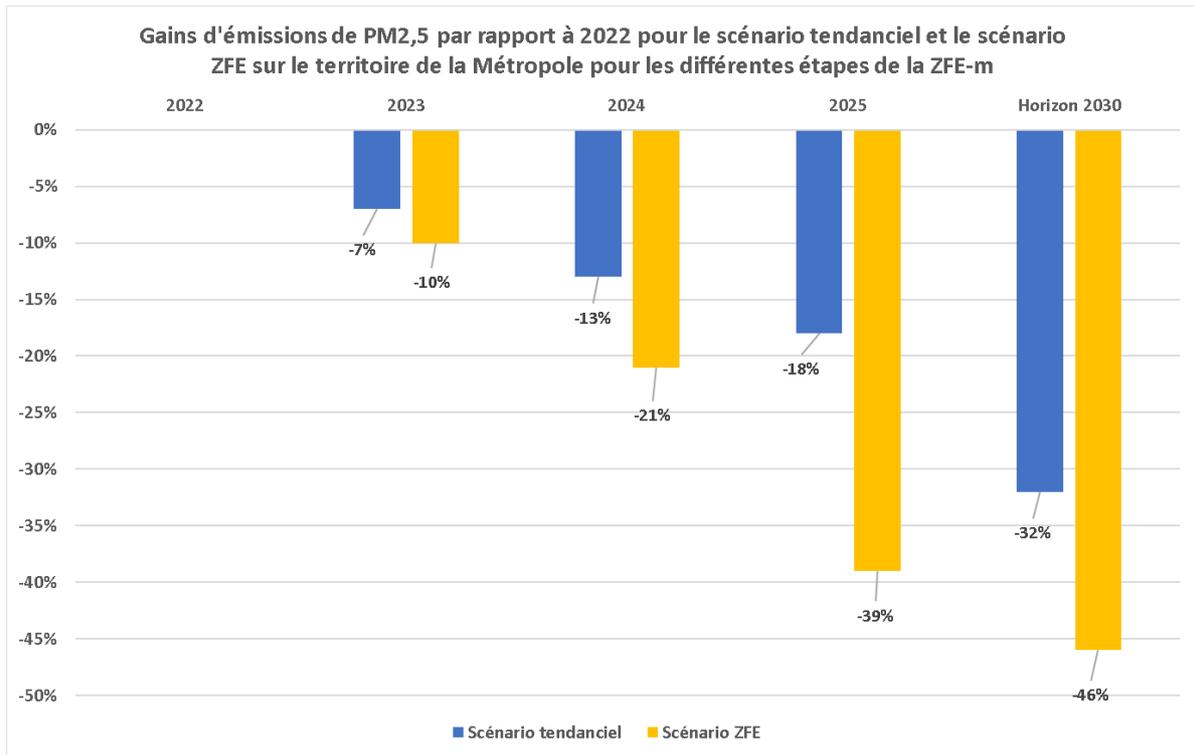


Figure 42 : Gains d'émissions de PM2,5 en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

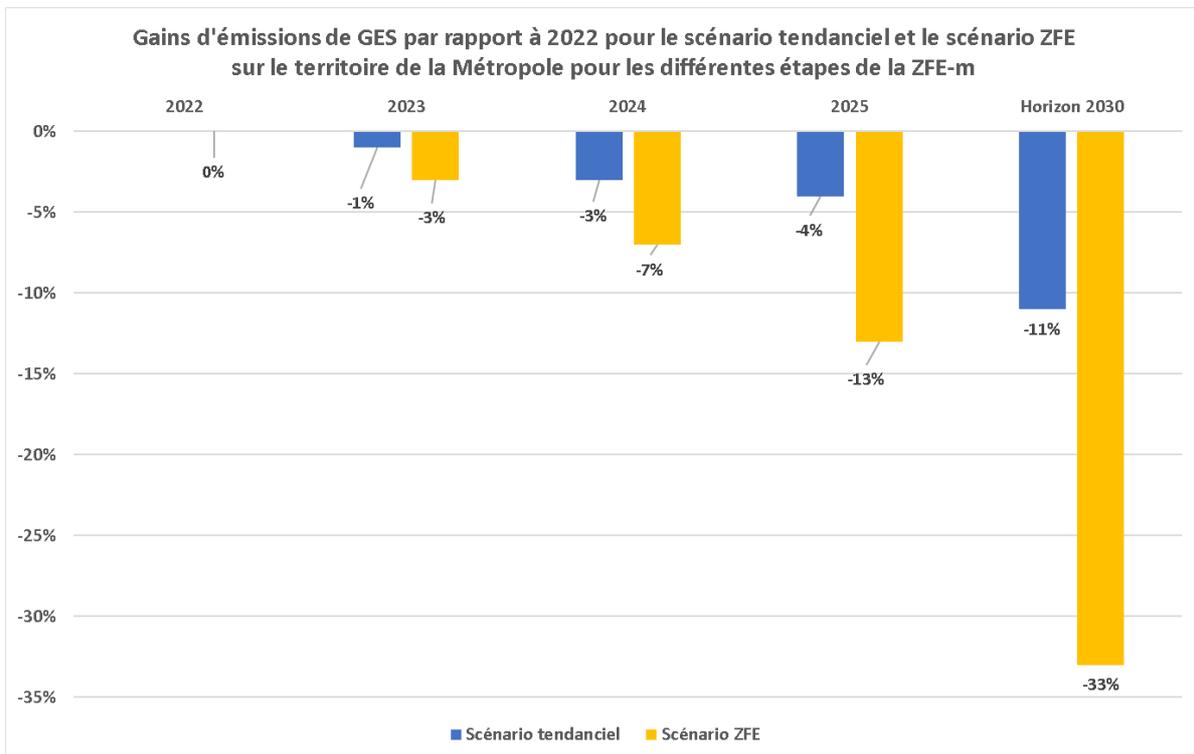


Figure 43 : Gains d'émissions de GES en pourcentage par rapport à 2022 pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole pour les différentes étapes de la ZFE-m (Source : Atmo AuRA)

Impacts sur les concentrations et les expositions de la population aux polluants atmosphériques de l'interdiction des véhicules Crit'Air 2 à Horizon 2030

La Figure 44 montre les cartes de la concentration annuelle en NO₂ pour le scénario tendanciel en 2022 et pour le scénario ZFE à l'horizon 2030 qui comprend l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 2 et plus sur le périmètre des 13 communes. 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 notamment sur le centre urbain et à proximité des principaux axes routiers. La carte de différence entre les deux scénarios montre une diminution allant jusqu'à plus de 50% sur les principaux axes de circulation ainsi que des baisses comprises entre 25% et 40% dans le centre urbain.

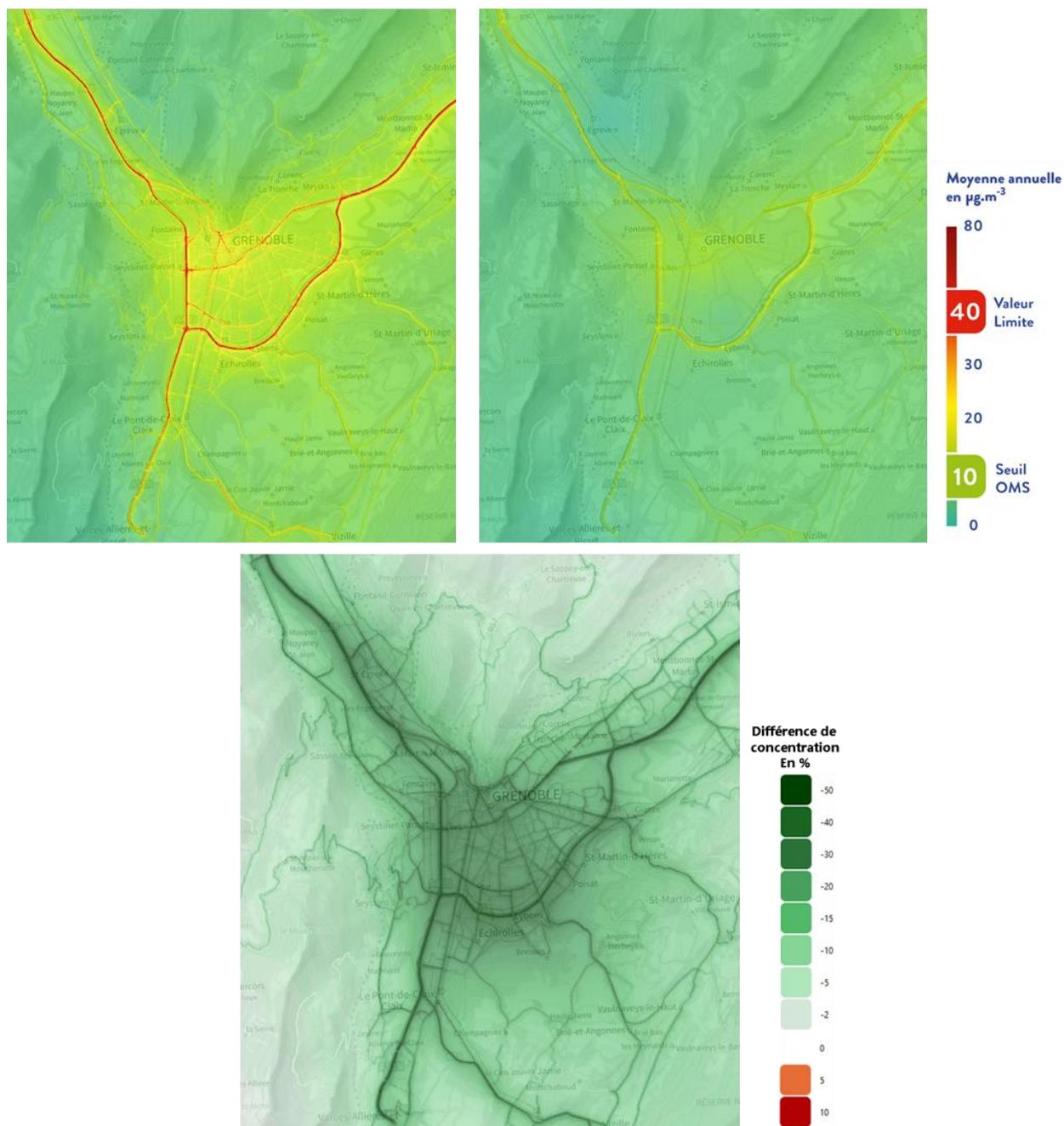


Figure 44 : Cartes de la concentration annuelle moyenne du dioxyde d'azote (NO₂) pour le scénario tendanciel en 2022 (à gauche) et le scénario ZFE CQA 2+ à horizon 2030 (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas)
(Source : Atmo AuRA)

Pour ce scénario ZFE, les distributions d'exposition de la population (Figure 45) montreraient une diminution de l'exposition moyenne passant de 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à horizon 2030 sur le territoire de la Métropole.

À l'horizon 2030, 92% de la population de la Métropole serait exposée à un dépassement de la valeur guide OMS de 2021.

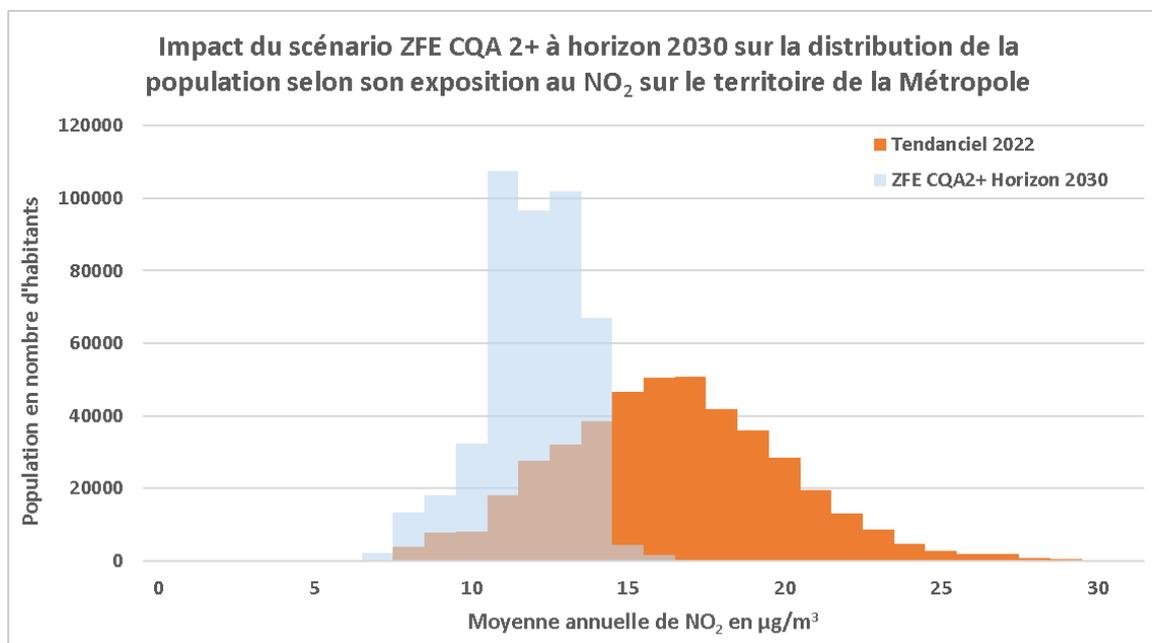


Figure 45 : Distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote (NO₂) pour le scénario tendanciel en 2022 et pour le scénario ZFE Crit'Air 2 à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)

Même si le transport routier n'est pas le principal émetteur de particules fines PM₁₀ et PM_{2,5}, des impacts non négligeables de la mise en place de la ZFE-m seraient observés sur les émissions de ces deux polluants, notamment avec des gains plus importants pour les PM_{2,5}.

Les cartes de concentrations ainsi que les distributions de l'exposition des populations pour les PM_{2,5} pour les différents scénarios sont présentées dans la Figure 46 et Figure 47.

Pour le scénario tendanciel en 2022, l'exposition de la population est en moyenne de 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{2,5} et de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM₁₀ sur le périmètre de la métropole. La quasi-totalité de la population du territoire de la métropole est exposée à un dépassement de la valeur guide OMS de 2021 (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les PM_{2,5}. Pour les PM₁₀, environ 77% de la population de l'agglomération est exposée à un dépassement de la valeur guide OMS de 2021 (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Pour les PM_{2,5}, l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 2 à l'horizon 2030 ne ferait que très peu baisser l'exposition moyenne (0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), et l'exposition de la population à la valeur OMS de 2021 resterait identique par rapport au tendanciel en 2022 sur le périmètre de l'agglomération. Pour les PM₁₀, la baisse de l'exposition moyenne serait également très faible à l'horizon 2030 (0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), et l'exposition de la population à la valeur OMS 2021 diminuerait très faiblement (environ 1%) sur le territoire de la métropole.

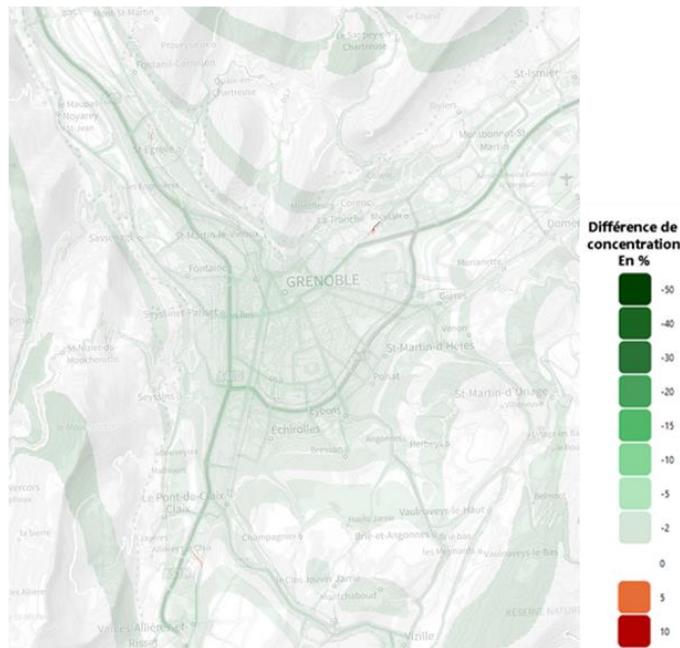
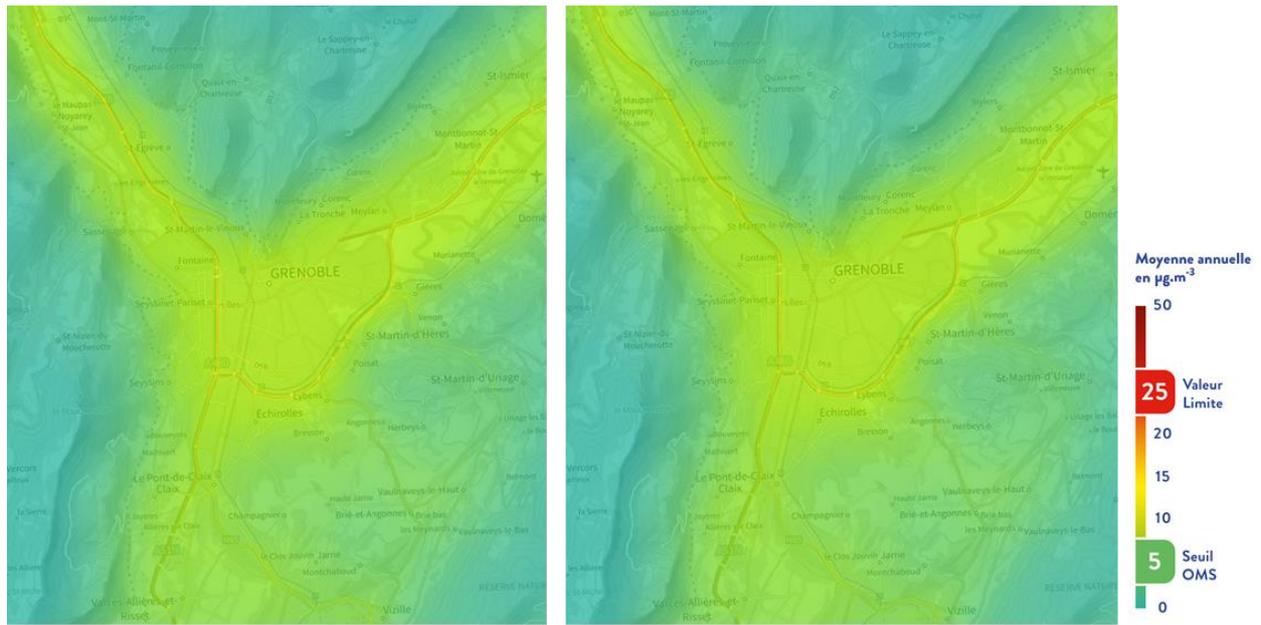


Figure 46 : Cartes de la concentration annuelle moyenne aux PM_{2,5} pour le scénario tendanciel en 2022 (à gauche) et le scénario ZFE CQA 2+ à horizon 2030 (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas) (Source : Atmo AuRA)

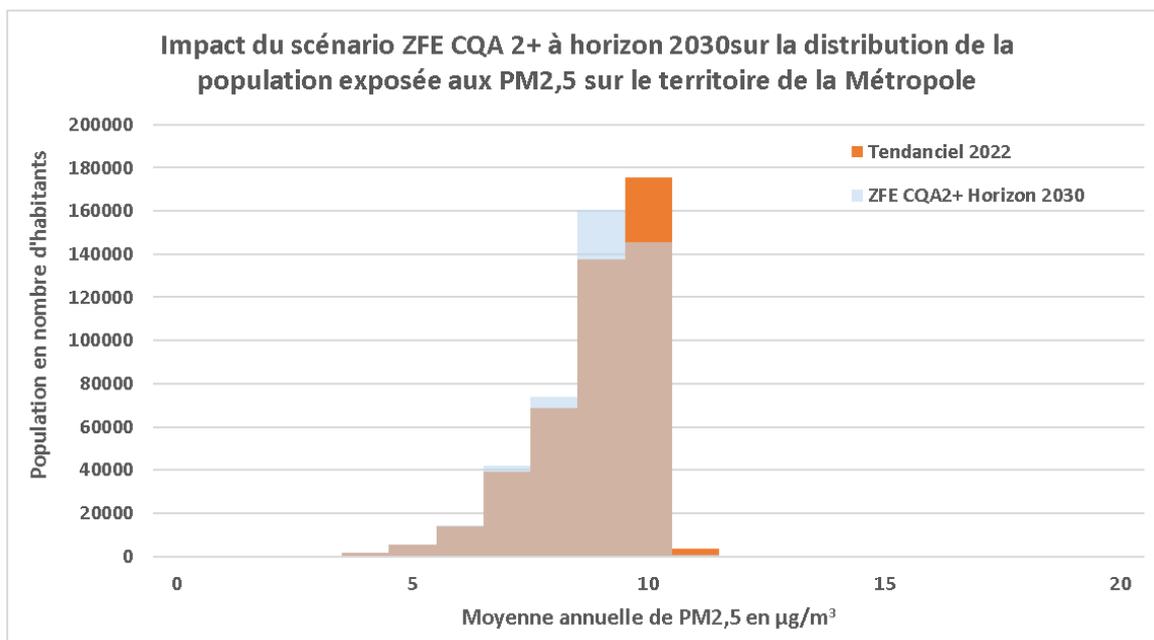


Figure 47 : Distribution de l'exposition de la population aux PM2,5 pour le scénario tendanciel en 2022 et pour le scénario ZFE Crit'Air 2 à horizon 2030 sur le territoire de Grenoble-Alpes-Métropole (Source : Atmo AuRA)