

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

2024

Annemasse – Les Voirons Agglomération

Diffusion : Septembre 2024

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



Conditions de diffusion

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

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

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

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

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

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

Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (2024) Évaluation des scénarios de la Zone à Faibles Émissions (ZFE) pour les Véhicules Particuliers (VP), 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 :

Annemasse – Les Voirons Agglomération.

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



Sommaire

1. Contexte	7
2. État initial de la qualité de l'air	8
2.1. Contexte réglementaire	8
2.2. Concentrations des principaux polluants « à enjeux » sur le territoire d'Annemasse Agglomération et exposition de la population	9
2.2.1. Dioxyde d'azote (NO ₂)	9
2.2.2. Particules fines (PM10 et PM _{2,5})	10
2.3. Sources des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre : focus sur les émissions du transport routier	12
2.3.1. Répartition des émissions des différents secteurs d'activités du territoire d'Annemasse Agglomération	12
2.3.2. Répartition des émissions du transport routier par type de véhicules sur le territoire d'Annemasse Agglomération	13
3. Évaluation des effets attendus de la ZFE pour les véhicules particuliers (VP), les véhicules utilitaires légers (VUL) et les poids lourds (PL)	14
3.1. Méthodologie de l'évaluation des effets de la ZFE	14
3.2. Méthodologie de projection des parcs de véhicules particuliers, de véhicules utilitaires légers et de poids lourds	14
3.3. Méthodologie de calcul des émissions de polluants	15
3.4. Résultats des projections des parcs tendanciels et ZFE pour les véhicules entre 2023 et 2030	15
3.4.1. Projections des parcs pour les véhicules particuliers	15
3.4.2. Projections des parcs pour les véhicules utilitaires légers	17
3.4.3. Projections des parcs pour les poids lourds.....	18
3.5. Évaluation des effets de la ZFE sur les émissions de polluants des véhicules particuliers, des véhicules utilitaires légers et des poids lourds	20
3.6. Évaluation des effets sur l'exposition de la population aux concentrations de polluants atmosphériques	23
3.6.1. Exposition de la population aux concentrations de dioxyde d'azote NO ₂	23
3.6.2. Exposition de la population aux concentrations de particules fines PM10 et PM _{2,5}	26
4. Conclusion	27
5. Annexes	29

Illustrations

Figure 1 : Périmètre de la ZFE de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération (Source : Annemasse Agglo).....	7
Figure 2 : Carte de la concentration annuelle de NO ₂ sur le territoire de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération en 2023 (Source : Atmo AuRA).....	9
Figure 3 : Carte de la concentration annuelle en particules fines (PM10) sur le territoire de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération en 2023 (Source : Atmo AuRA).....	10
Figure 4 : Carte de la concentration annuelle de particules fines (PM2,5) sur le territoire de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération en 2023 (Source : Atmo AuRA).....	11
Figure 5 : Répartition des émissions de NO _x , de PM10, de PM2,5 et GES par secteur d'activité sur le territoire de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération en 2021 (Source : Atmo AURA - Inventaire v2023).....	12
Figure 6 : Répartition des émissions de NO _x , de PM10, de PM2,5 et GES par type de véhicules sur le territoire de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération en 2021 (Source : Atmo AURA - Inventaire v2023).....	13
Figure 7 : Évolution tendancielle de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air (Source : SDES/Atmo AuRA).....	16
Figure 8 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE, de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air (Source : SDES/Atmo AuRA).....	16
Figure 9 : Évolution tendancielle de la composition du parc de véhicules utilitaires légers en fonction de leur vignette Crit'Air (Source : SDES/Atmo AuRA).....	17
Figure 10 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE, de la composition du parc de véhicules utilitaires légers en fonction de leur vignette Crit'Air (Source : SDES/Atmo AuRA).....	18
Figure 11 : Évolution tendancielle de la composition du parc de poids lourds en fonction de leur vignette Crit'Air (Source : SDES/Atmo AuRA).....	19
Figure 12 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE, de la composition du parc de poids lourds en fonction de leur vignette Crit'Air (Source : SDES/Atmo AuRA).....	19
Figure 13 : Emissions de NO _x par type de véhicules pour les scénarios de référence (sans ZFE) et ZFE sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE aux différentes échéances (Source : Atmo AuRA).....	20
Figure 14 : Gains d'émissions de NO _x en pourcentage du scénario ZFE par rapport au scénario de référence aux différentes échéances sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE (Source : Atmo AuRA).....	21
Figure 15 : Emissions de PM2,5 par type de véhicules pour les scénarios de référence (sans ZFE) et ZFE sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE aux différentes échéances (Source : Atmo AuRA).....	22
Figure 16 : Gains d'émissions de PM2,5 en pourcentage du scénario ZFE par rapport au scénario de référence aux différentes échéances sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE (Source : Atmo AuRA).....	22
Figure 17 : Cartes de la concentration annuelle moyenne du dioxyde d'azote (NO ₂) pour le scénario tendanciel en 2030 (à gauche) et le scénario ZFE Crit'Air 3 et plus en 2030 sur le périmètre ZFE (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas) (Source : Atmo AuRA).....	24
Figure 18 : Distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote (NO ₂) pour le scénario tendanciel 2030 et pour le scénario ZFE Crit'Air 3 et plus en 2030 sur le territoire d'Annemasse Agglo (en haut) et du périmètre ZFE (en bas) (Source : Atmo AuRA).....	25
Figure 19 : Chaîne de calcul des émissions d'Atmo AURA.....	29
Figure 20 : Chaîne de calcul des émissions de transports routiers d'Atmo AURA.....	30

Figure 21 : Chaîne de modélisation des concentrations de polluants d'Atmo AURA	31
Figure 22 : Emissions de PM10 par type de véhicules pour les scénarios de référence (sans ZFE) et ZFE sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE aux différentes échéances (Source : Atmo AuRA)	32
Figure 23 : Gains d'émissions de PM10 en pourcentage du scénario ZFE par rapport au scénario de référence aux différentes échéances sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE (Source : Atmo AuRA)	32
Figure 24 : Emissions de GES par type de véhicules pour les scénarios de référence (sans ZFE) et ZFE sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE aux différentes échéances (Source : Atmo AuRA)	33
Figure 25 : Cartes de la concentration annuelle moyenne aux PM2,5 pour le scénario tendanciel en 2030 (à gauche) et le scénario ZFE Crit'Air 3 et plus en 2030 sur le périmètre ZFE (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas) (Source : Atmo AuRA).....	34
Figure 26 : Distribution de l'exposition de la population aux PM2,5 pour le scénario tendanciel 2030 et pour le scénario ZFE Crit'Air 3 et plus en 2030 sur le territoire d'Annemasse Agglo (en haut) et du périmètre ZFE (en bas) (Source : Atmo AuRA).....	35

1. Contexte

La loi Climat et Résilience d'août 2021 a obligé les agglomérations de plus de 150 000 habitants à mettre en place une ZFE au plus tard au 1^{er} janvier 2025, avec un périmètre qui intègre au moins 50% de la population de l'EPCI le plus peuplé.

Afin de respecter cette obligation, Annemasse – Les Voirons Agglomération va mettre en place une ZFE à partir du 1^{er} janvier 2025 avec l'interdiction de circulation des véhicules particuliers (VP), des véhicules utilitaires légers (VUL) et des poids lourds (PL), avec une première étape d'interdiction de circulation des véhicules non classés (NC) sur le périmètre de la ZFE (Figure 1). Les prochaines restrictions viseront les véhicules avec une vignette Crit'Air 5 en janvier 2028, puis les Crit'Air 4 en janvier 2029 et enfin les véhicules Crit'Air 3 en janvier 2030.

En plus des voies rapides urbaines (VRU) qui sont exclues de la ZFE, une dérogation est accordée aux poids lourds sur la RD1206, la RD1205, la RD907 et l'avenue de l'Europe.

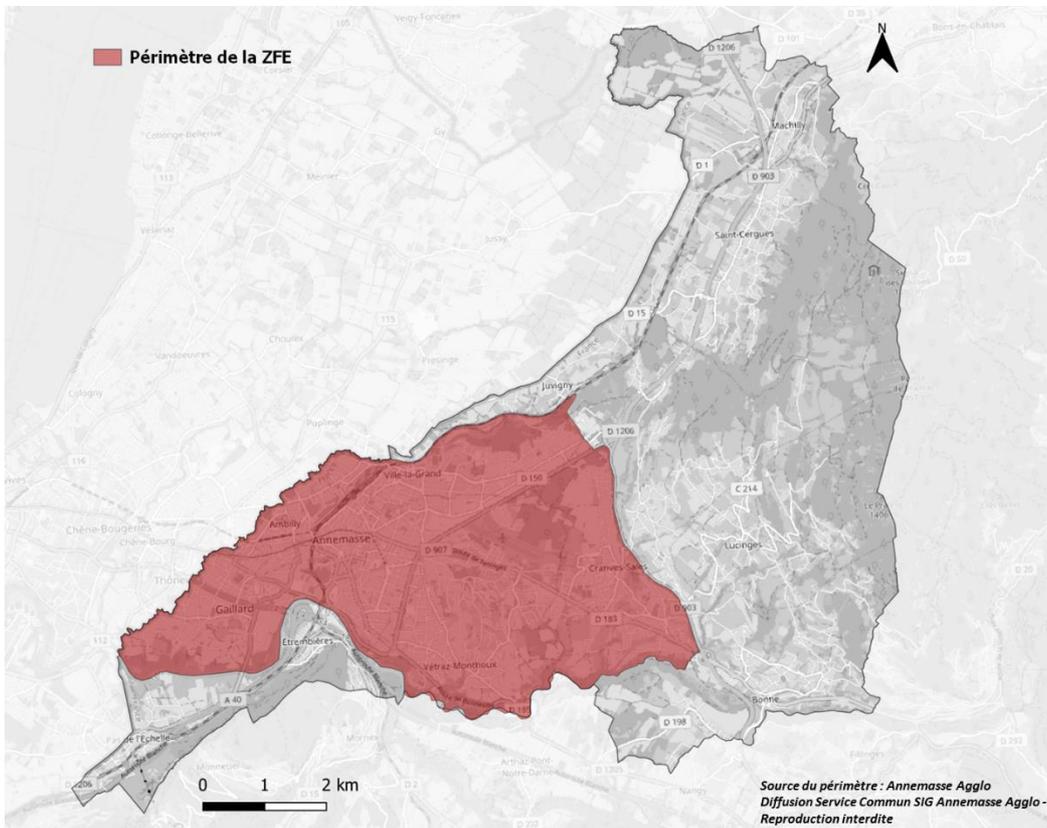


Figure 1 : Périmètre de la ZFE de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération (Source : Annemasse Agglo)

2. État initial de la qualité de l'air

Cette partie présente une description de l'état initial de la qualité de l'air ainsi qu'une évaluation de la population exposée à des dépassements des valeurs réglementaires, des valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définies en 2021, et des valeurs du projet de nouvelle directive européenne pour les concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) et de particules fines (PM10 et PM2,5).

Ce bilan est effectué pour l'année 2023, année de référence pour l'évaluation de la Zone à Faibles Émissions (ZFE) sur le territoire d'Annemasse Agglomération.

2.1. Contexte réglementaire

Le Tableau 1 présente une description des différents seuils réglementaires, des valeurs guides OMS de 2021¹, ainsi que des valeurs de la future directive européenne.

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

Polluants	Paramètre	Seuil réglementaire	Valeur guide OMS	Valeurs 2030 du projet de nouvelle réglementation européenne
NO ₂	Concentration annuelle moyenne	40 µg/m ³	10 µg/m ³	20 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	20 µg/m ³
	Concentration moyenne journalière	50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an		
PM2,5	Concentration moyenne annuelle	25 µg/m ³	5 µg/m ³	10 µg/m ³

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>

2.2. Concentrations des principaux polluants « à enjeux » sur le territoire d'Annemasse Agglomération et exposition de la population

2.2.1. Dioxyde d'azote (NO₂)

La Figure 2 montre la carte de la concentration annuelle de NO₂ sur le territoire de l'agglomération d'Annemasse pour l'année 2023. Les zones de proximité trafic sont les plus exposées aux fortes concentrations.

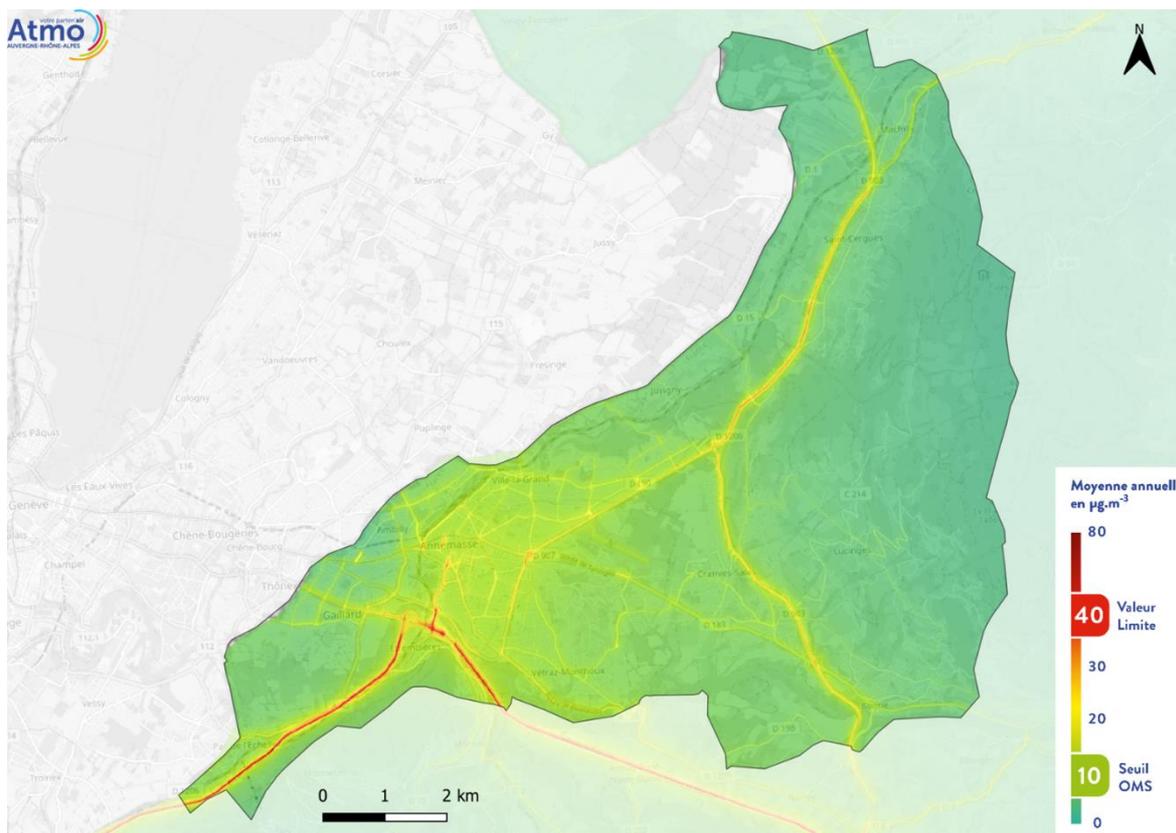


Figure 2 : Carte de la concentration annuelle de NO₂ sur le territoire de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération en 2023 (Source : Atmo AuRA)

En 2023, aucun habitant du territoire n'est exposé à un dépassement de la valeur limite pour le NO₂ (40 µg/m³). Concernant la potentielle valeur réglementaire en 2030 de la nouvelle directive européenne (20 µg/m³), environ 2,8% de la population est exposée à un dépassement. Le seuil OMS établi en 2021, de 10 µg/m³ à ne pas dépasser en moyenne annuelle, est dépassé sur la quasi-totalité du territoire, avec 99,8% de la population qui est exposée à un dépassement de ce seuil (Tableau 2).

Tableau 2 : Part de la population exposée à un dépassement de la valeur limite réglementaire, du seuil 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 2030 (nouvelle directive européenne)	Seuil OMS
NO ₂	0%	2,8%	99,8%

2.2.2. Particules fines (PM10 et PM2,5)

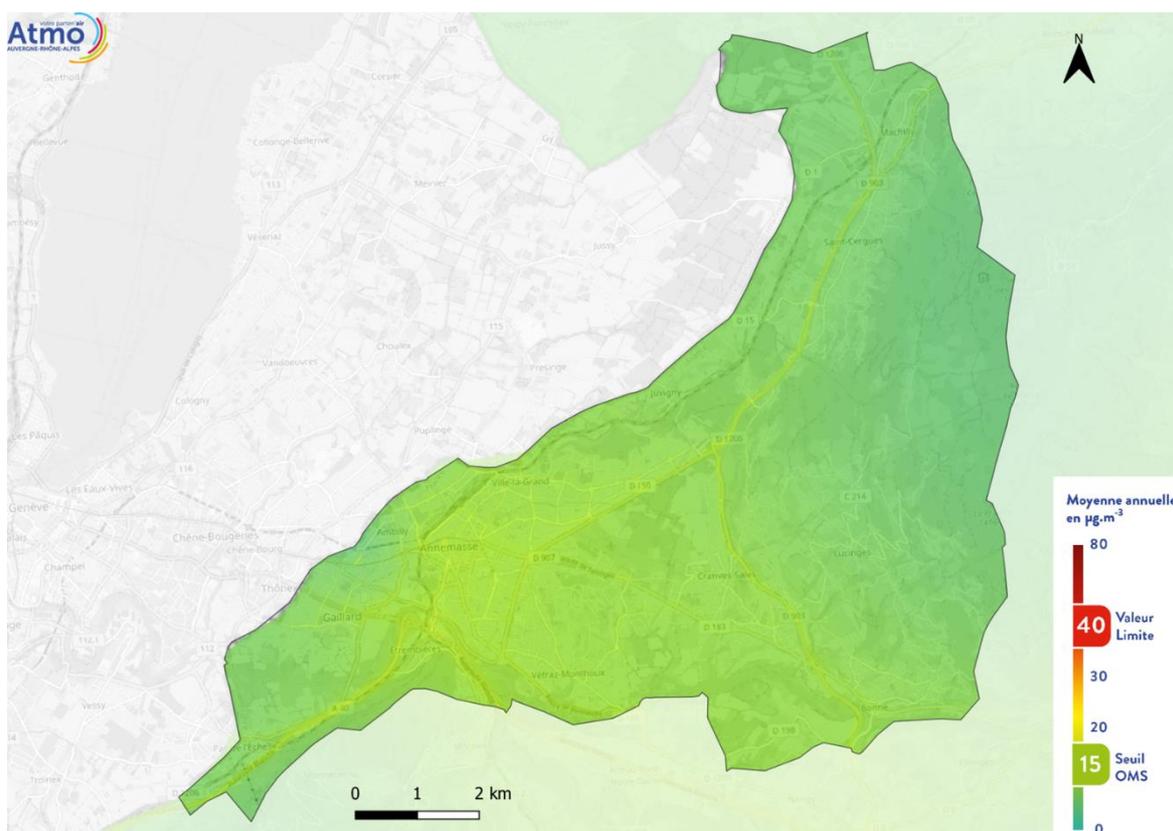


Figure 3 : Carte de la concentration annuelle en particules fines (PM10) sur le territoire de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération en 2023 (Source : Atmo AuRA)

En 2023, aucun habitant n'est exposé à un dépassement de la valeur réglementaire sur le territoire de l'agglomération pour les PM10 (40 µg/m³) ni pour les PM2,5 (25 µg/m³). Idem pour les PM10 par rapport à la potentielle valeur réglementaire en 2030 de la nouvelle directive européenne (20 µg/m³). Pour les PM2,5, moins de 1% de la population est exposée à un dépassement de la potentielle nouvelle valeur réglementaire (10 µg/m³). Concernant les seuils de l'OMS, 38% de la population est exposée à un dépassement du seuil pour les PM10 (15 µg/m³) et 100% de la population est exposée à un dépassement pour les PM2,5 (5 µg/m³) (Tableau 3).

Tableau 3 : Part de la population exposée à un dépassement de la valeur limite réglementaire, du seuil 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 2030 (nouvelle directive européenne)	Seuil OMS
PM10	0%	0%	38%
PM2,5	0%	<1%	100%

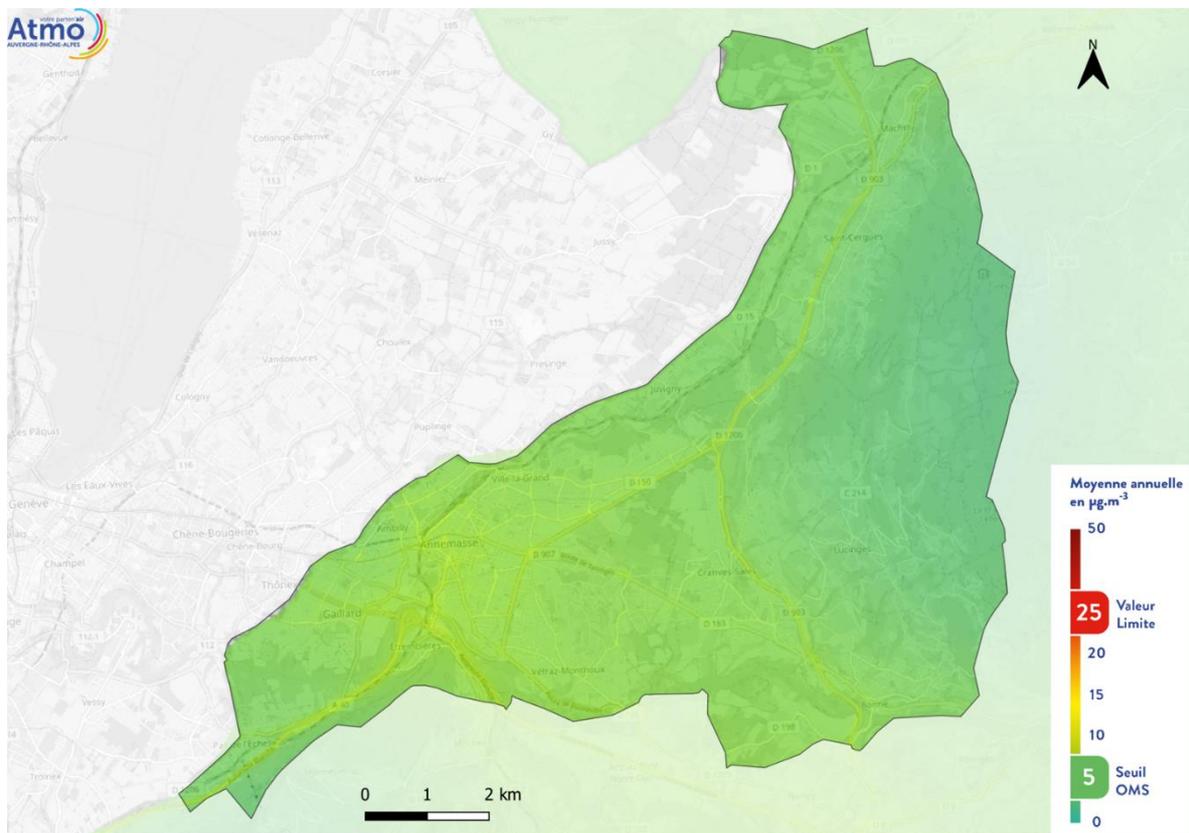


Figure 4 : Carte de la concentration annuelle de particules fines (PM2,5) sur le territoire de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération en 2023 (Source : Atmo AuRA)

2.3. Sources des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre : focus sur les émissions du transport routier

2.3.1. Répartition des émissions des différents secteurs d'activités du territoire d'Annemasse Agglomération

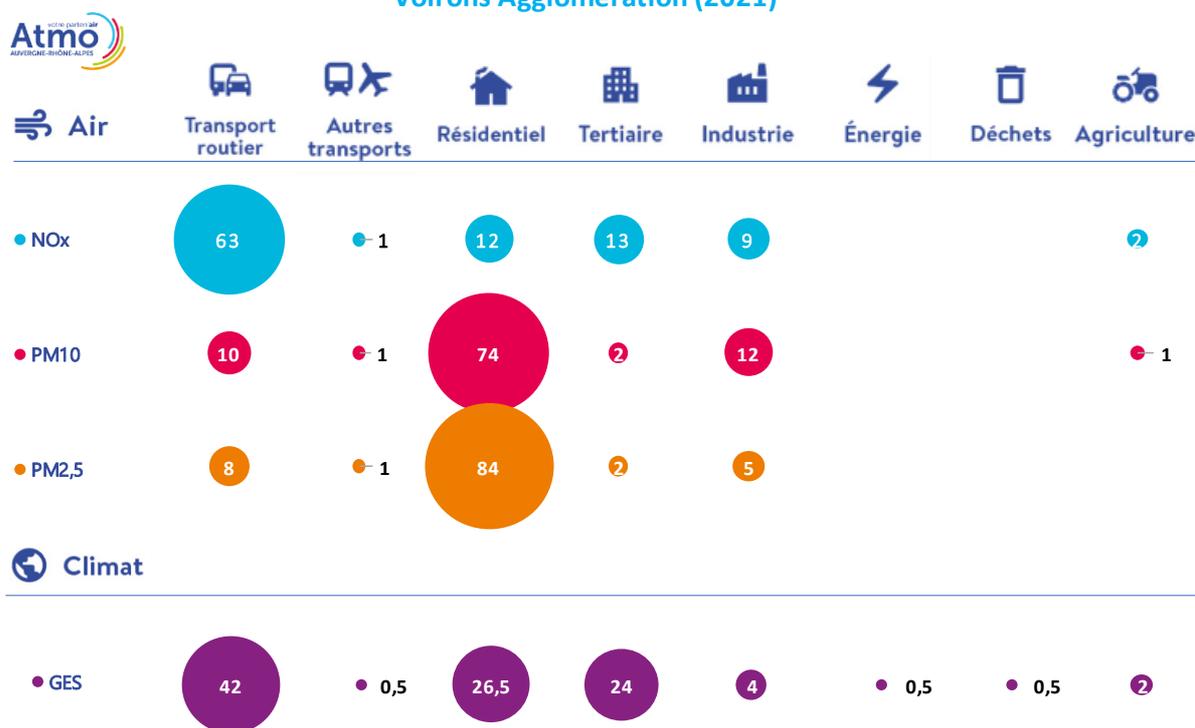
La Figure 5 présente les répartitions des émissions de polluants à effets sanitaires : NOx, PM10, et PM2,5 et de gaz à effet de serre (GES) sur le territoire de l'agglomération en 2021.

Le transport routier :

- est la principale source d'émissions d'oxyde d'azote (NOx) avec 63% des émissions.
- pour les particules, il est en moyenne responsable de 10% des émissions de PM10 et de 8% des émissions de PM2,5 sur le territoire.
- et pour les GES, il représente environ 42% des émissions en 2021.

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

Contribution des différentes activités dans les émissions polluantes en % - CA Annemasse - Les Voirons Agglomération (2021)



Source : Inventaire régional Atmo Auvergne-Rhône-Alpes v2023

Figure 5 : Répartition des émissions de NOx, de PM10, de PM2,5 et GES par secteur d'activité sur le territoire de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération en 2021 (Source : Atmo AURA - Inventaire v2023)

2.3.2. Répartition des émissions du transport routier par type de véhicules sur le territoire d'Annemasse Agglomération

Les répartitions des émissions de NOx, de PM10, de PM2,5 et de GES par type de véhicules sur Annemasse Agglomération en 2021 montrent que les véhicules particuliers sont les principaux émetteurs du transport routier avec 50% des émissions de NOx, environ 66% des émissions de particules, et également 64% des émissions de GES.

Les véhicules utilitaires légers ont une contribution importante aux émissions de NOx à hauteur d'environ 39%, mais également pour les PM10, PM2,5 et GES avec une part de 20% des émissions. Les poids lourds représentent quant à eux environ 10% des émissions de NOx, 13% des émissions de PM10, 12% des émissions de PM2,5 et 15% des émissions de GES (Figure 6).

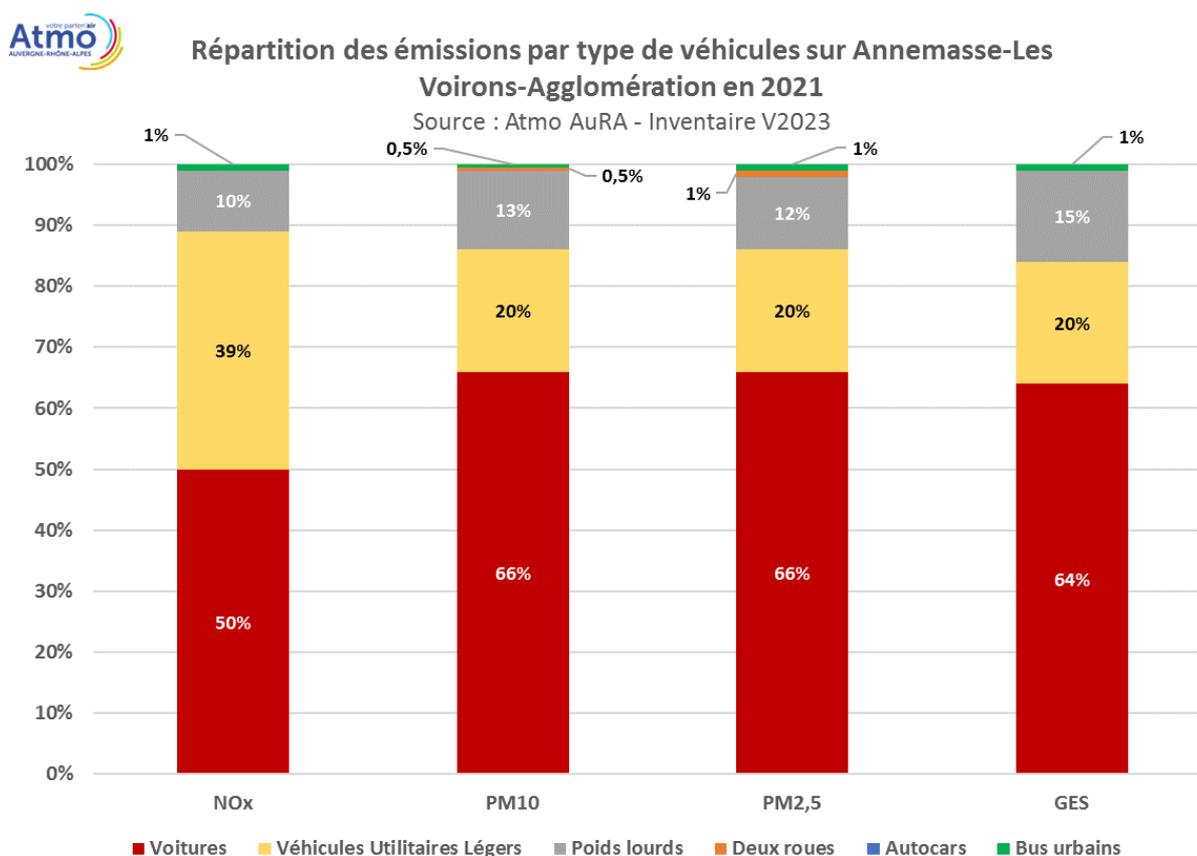


Figure 6 : Répartition des émissions de NOx, de PM10, de PM2,5 et GES par type de véhicules sur le territoire de la communauté d'agglomération d'Annemasse – Les Voirons Agglomération en 2021 (Source : Atmo AURA - Inventaire v2023)

3. Évaluation des effets attendus de la ZFE pour les véhicules particuliers (VP), les véhicules utilitaires légers (VUL) et les poids lourds (PL)

3.1. Méthodologie de l'évaluation des effets de la ZFE

Cette partie présente l'évaluation des effets de la ZFE sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre sur le territoire d'Annemasse Agglomération, ainsi qu'une évaluation des effets sur l'exposition des populations.

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

Le parc local de véhicules roulants, utilisé pour les différents scénarios, se base sur des projections des parcs SDES² ou CITEPA³ de 2023 jusqu'en 2030 :

- de façon tendancielle avec des hypothèses nationales de durée de vie qui permettent de quantifier les véhicules qui sortent du parc et d'appliquer des hypothèses de renouvellement pour les véhicules neufs qui viennent en substitution ;
- ou en prenant en compte les étapes de la ZFE : les hypothèses de renouvellement estimées des véhicules qui doivent sortir du parc lors de chaque pas d'interdiction de la ZFE sont identiques à celles utilisées pour les projections tendancielle ;
- avec également, la prise en compte de l'interdiction de vente des véhicules légers (VP et VUL) thermiques en 2035, entraînant des hypothèses de renouvellement mises à jour par rapport à celles du CITEPA AME⁴ v2024.

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

3.2. Méthodologie de projection des parcs de véhicules particuliers, de véhicules utilitaires légers et de poids lourds

La construction du parc de référence avec l'évolution tendancielle et du parc avec le scénario ZFE est réalisée avec l'outil « MOCAT Parc », développé par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, à partir des données communales de véhicules en état de rouler (par croisement entre le fichier SIV⁵ des immatriculations et la base des contrôles techniques) fournies par le SDES, auxquelles sont appliquées les comportements « naturels » des acteurs utilisés pour la construction des parcs CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique) : renouvellement du parc, achats de nouveaux véhicules, changements d'usages... On y intègre aussi des hypothèses sur

² Service de la Donnée et des Etudes Statistiques

³ Centre Interprofessionnel Technique d'Étude de la Pollution Atmosphérique

⁴ AME (Avec Mesures Existantes) : scénario prenant en compte les politiques et mesures décidées et/ou mises en œuvre

⁵ Système d'Immatriculation des Véhicules

les taux de disparition des véhicules par âge, résultats des comportements des acteurs (mise au rebut des véhicules, revente, remplacement).

D'importantes incertitudes sont à prendre en compte pour cette méthode notamment pour :

- Les hypothèses d'évolution à long terme de la composition du parc en termes de carburant et norme EURO ;
- Les performances des futurs véhicules (méthodologie COPERT 5) qui à ce jour n'existent pas encore. Ainsi, la trajectoire tendancielle, si elle constitue aujourd'hui une référence technique, est probablement « optimiste ».

Il a été considéré pour le scénario ZFE en accord avec Annemasse Agglo :

- Un taux de fraude de 15% ;
- Un taux de dérogation de 15%.

Chaque catégorie de véhicules décrite est ensuite affinée au moyen de la décomposition nationale CITEPA 2023, niveau de détail nécessaire pour le calcul des émissions.

3.3. Méthodologie de calcul des émissions de polluants

Les calculs d'émissions ont été réalisés par tronçon routier, puis agrégés par commune. Les distances parcourues par tous les types de véhicules sur Annemasse Agglo proviennent du Modèle Multimodal Transfrontalier MMT géré par CITEC⁶. En l'absence de modélisations spécifiques du trafic pour la mise en place de la ZFE, la situation de référence 2019 est utilisée pour toutes les années.

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 AASQA⁷ pour la réalisation des inventaires nationaux et territoriaux.

3.4. Résultats des projections des parcs tendanciels et ZFE pour les véhicules entre 2023 et 2030

3.4.1. Projections des parcs pour les véhicules particuliers

La Figure 7 montre l'évolution tendancielle du parc de véhicules particuliers sur le périmètre de l'agglomération entre 2023 et 2030, c'est-à-dire l'évolution de la composition du parc roulant si aucune ZFE n'est mise en place.

En 2023, les VP ayant une vignette Crit'Air 3 et plus représentent environ 20% du parc, les véhicules Crit'Air 1 et 2 représentent respectivement 31% et 48% du parc et les véhicules électriques sont présents à hauteur d'un peu plus de 1%.

En 2030, le pourcentage de véhicules Crit'Air 3 et plus descendra à environ 5% avec la sortie du parc des Crit'Air 5 et non classés, les Crit'Air 2 seront assez stables, avec 44% de présence dans le parc, et les pourcentages de Crit'Air 1 et électriques augmenteront pour atteindre respectivement 41% et 10% du parc.

⁶ Bureaux d'études en ingénierie Transport et Mobilité

⁷ Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

Projection tendancielle du parc de VP à partir des données SDES de 2023

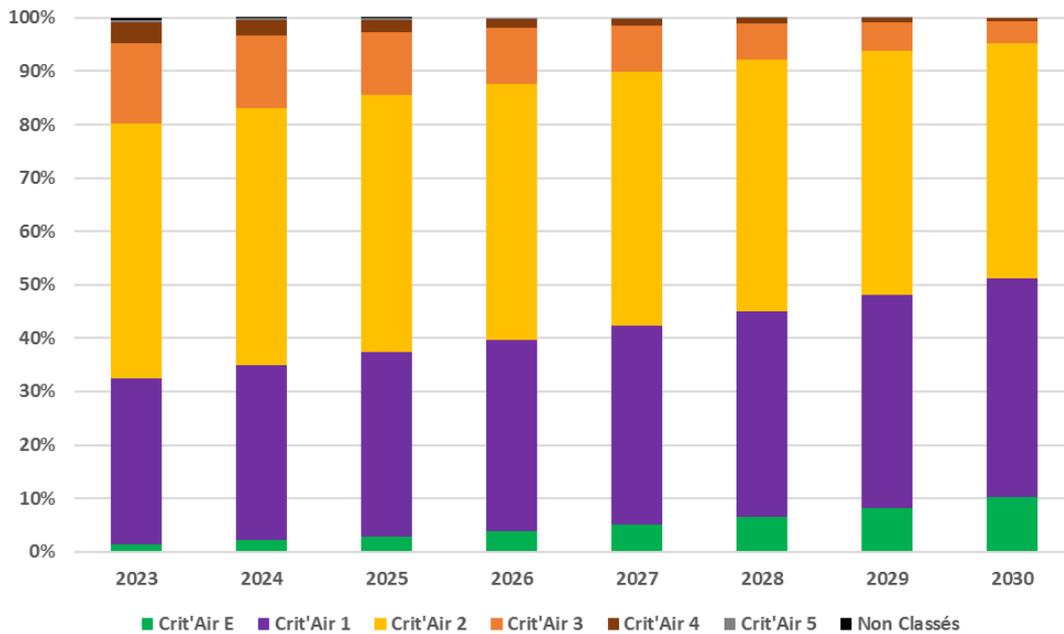


Figure 7 : Évolution tendancielle de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air (Source : SDES/Atmo AuRA)

Projection du parc ZFE pour les VP à partir des données SDES de 2023

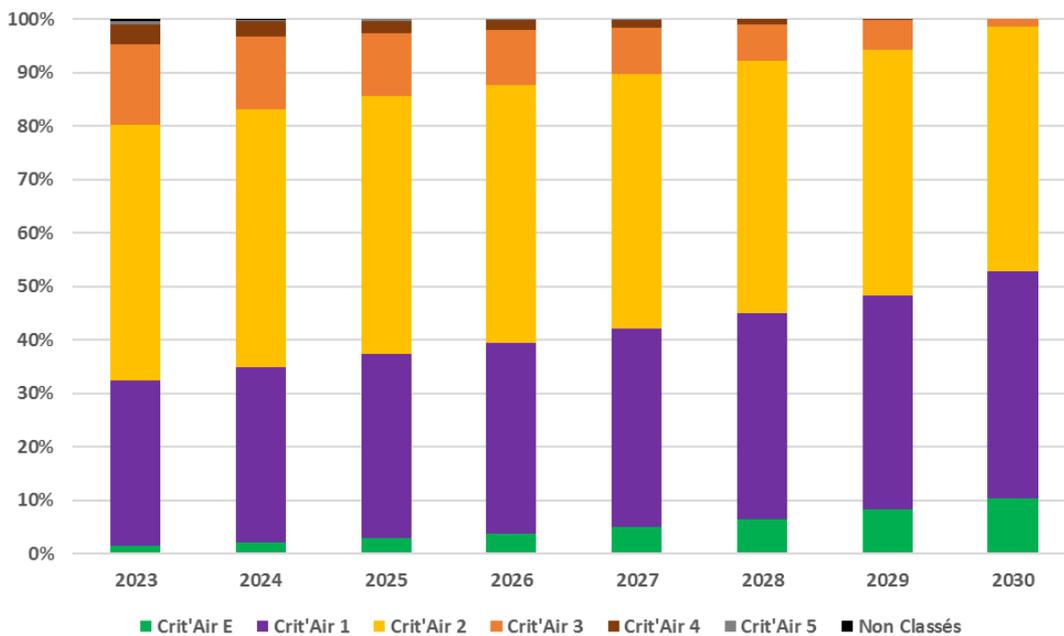


Figure 8 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE, de la composition du parc de véhicules particuliers en fonction de leur vignette Crit'Air (Source : SDES/Atmo AuRA)

La mise en place des quatre étapes de la ZFE entraînera en 2030, la sortie du parc des VP Crit'Air 4, 5 et non classés. Pour les véhicules Crit'Air 3 qui seront interdits de circulation en 2030, il restera moins de 2% des véhicules en raison des taux de fraude et de dérogation.

Ces véhicules seront majoritairement remplacés par des véhicules Crit’Air 1 et Zéro émission, qui passeront respectivement de 31% à 43% et de 1,4% à 10% entre 2023 et 2030. Les VP Crit’Air 2 seront en légère baisse, entre 2023 et 2030, en passant de 48% à 46%.

3.4.2. Projections des parcs pour les véhicules utilitaires légers

La Figure 9 montre l’évolution tendancielle du parc de véhicules utilitaires légers sur l’agglomération entre 2023 et 2030.

En 2023, les VUL ayant une vignette Crit’Air 3 et plus représentent environ 14% du parc, les véhicules Crit’Air 2 représentent 83% du parc et les véhicules Crit’Air 1 et électriques sont présents à hauteur de respectivement 2% et 1%.

En 2030, le pourcentage de véhicules Crit’Air 3 et plus descendra à moins de 2% avec la sortie du parc des Crit’Air 5 et non classés, les Crit’Air 2 seront assez stables avec 84% de présence dans le parc, et les pourcentages de Crit’Air 1 et électriques augmenteront pour atteindre respectivement 3% et 11% du parc.

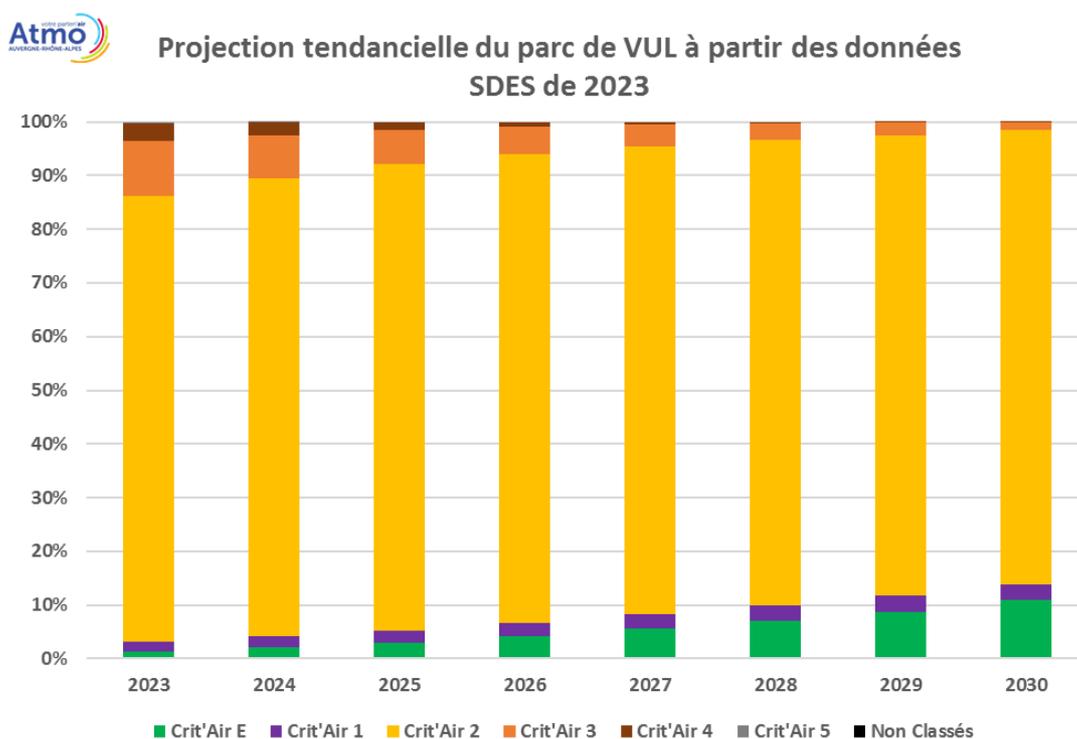


Figure 9 : Évolution tendancielle de la composition du parc de véhicules utilitaires légers en fonction de leur vignette Crit’Air (Source : SDES/Atmo AuRA)

La mise en place des trois premières étapes de la ZFE n’influe pas sur la composition du parc de VUL car les véhicules non classés, Crit’Air 4 et 5 ne seront plus présents dans le parc au moment de leur interdiction. Seul le dernier pas entraînera une sortie des VUL Crit’Air 3 en 2030 (Figure 10).

Projection du parc ZFE pour les VUL à partir des données SDES de 2023

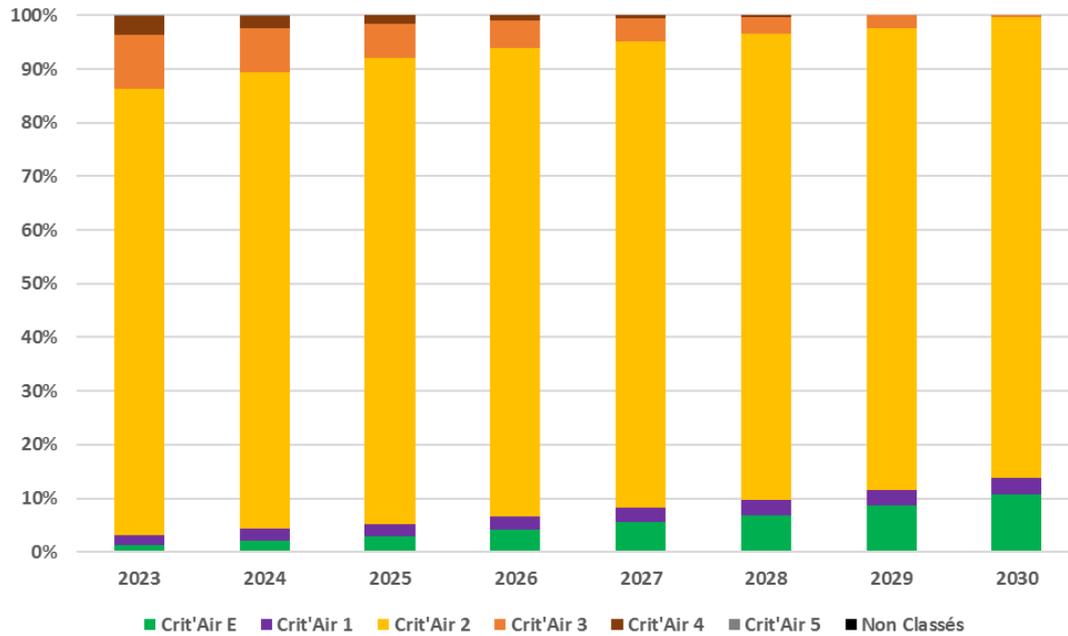


Figure 10 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE, de la composition du parc de véhicules utilitaires légers en fonction de leur vignette Crit'Air (Source : SDES/Atmo AuRA)

3.4.3. Projections des parcs pour les poids lourds

L'évolution tendancielle (c'est-à-dire sans ZFE) du parc de poids lourds montre une baisse importante de la part des vignettes Crit'Air 3 et plus, entre 2023 et 2030, en passant de 28% à 6%. La sortie du parc de ces poids lourds entraîne l'augmentation des Crit'Air 2, 1 et électriques qui passeront respectivement de 70% à 78%, de 3% à 12% et de moins de 1% à 4% entre 2023 et 2030 (Figure 11).

Projection tendancielle du parc de PL à partir des données SDES de 2023

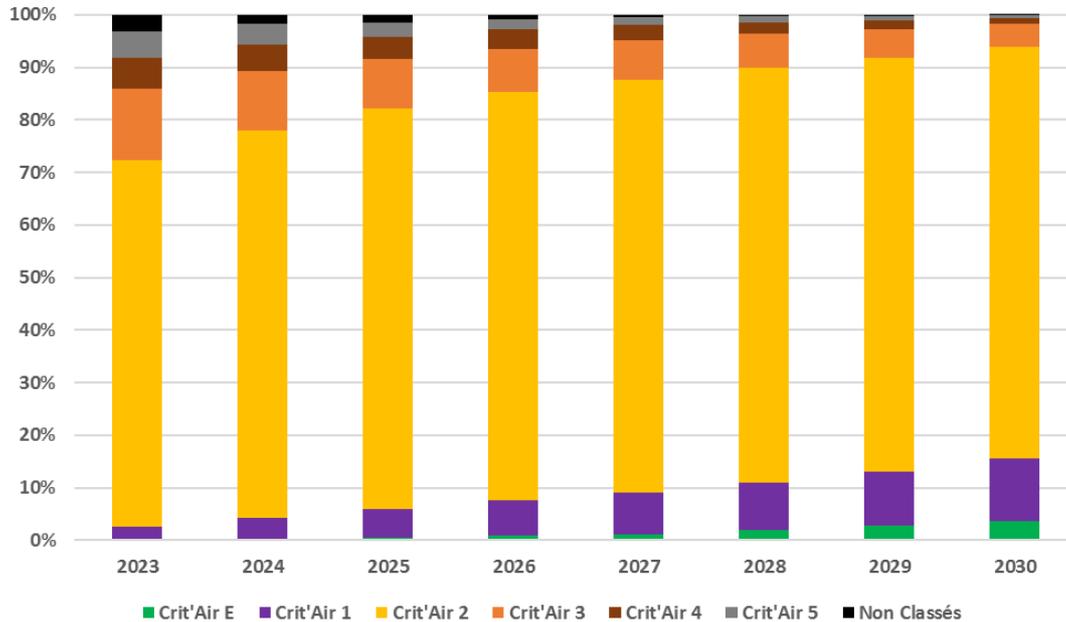


Figure 11 : Évolution tendancielle de la composition du parc de poids lourds en fonction de leur vignette Crit'Air (Source : SDES/Atmo AuRA)

La mise en place de la ZFE a un impact sur chaque étape d'interdiction de circulation des PL et entraînera en 2030 la sortie de tous les véhicules Crit'Air 4, 5 et non classés. Comme pour les VP, il restera environ 1,5% de PL Crit'Air 3 en 2030 qui correspondent à de la fraude et de la dérogation. Ces véhicules seront principalement renouvelés par des PL Crit'Air 1 et 2.

Projection du parc ZFE pour les PL à partir des données SDES de 2023

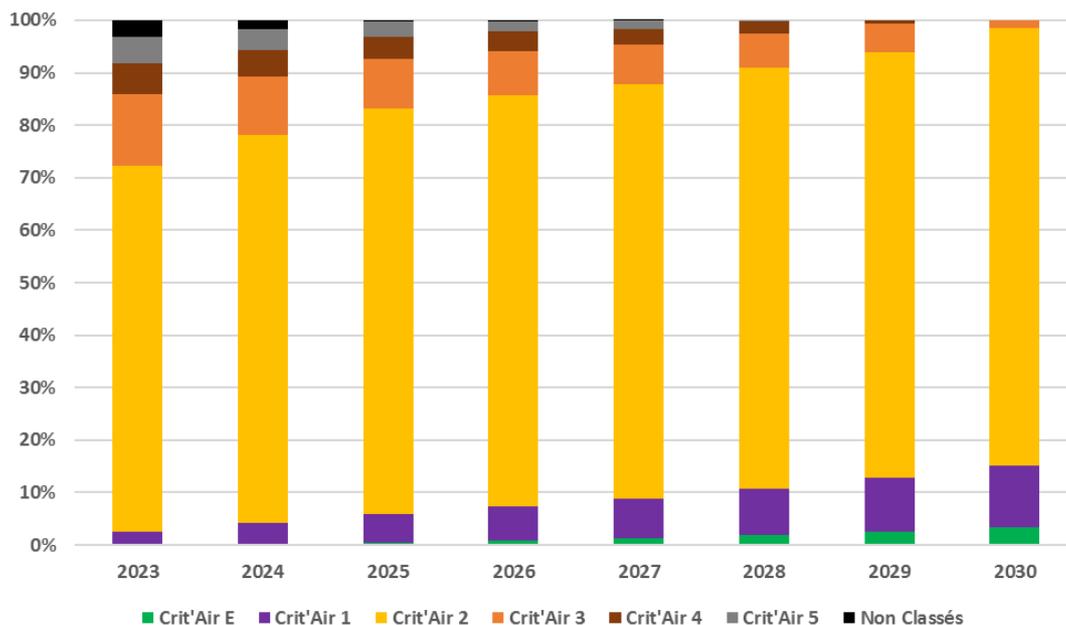


Figure 12 : Évolution, en prenant en compte les étapes de la ZFE, de la composition du parc de poids lourds en fonction de leur vignette Crit'Air (Source : SDES/Atmo AuRA)

3.5. Évaluation des effets de la ZFE sur les émissions de polluants des véhicules particuliers, des véhicules utilitaires légers et des poids lourds

La Figure 13 présente les émissions de NOx par type de véhicules calculées pour l'année de référence 2022 et pour toutes les échéances du calendrier d'interdiction de la ZFE, pour la situation tendancielle sans ZFE et pour le scénario avec ZFE sur Annemasse Agglo. La Figure 14 présente quant à elle les gains d'émissions du scénario ZFE par rapport à la situation de référence pour les différentes échéances sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE.

Les émissions de NOx du transport routier diminueront régulièrement grâce au renouvellement naturel du parc de véhicules vers des véhicules plus récents et moins émissifs. Les émissions de NOx du scénario de référence diminueront de 54% entre 2022 et 2030, soit une baisse de 70 tonnes de NOx sur le périmètre ZFE et 185 tonnes à l'échelle d'Annemasse Agglo.

La mise en place de la ZFE va permettre un gain supplémentaire faible sur la baisse des émissions de NOx.

Sur le périmètre ZFE, l'interdiction des véhicules NC et Crit'Air 5 (respectivement en 2025 et 2028) entraînera des gains inférieurs à 1% par rapport à la situation tendancielle et l'interdiction des véhicules Crit'Air 4 en 2029 environ 2%. Seule l'interdiction des véhicules Crit'Air 3 en 2030 entraînera des gains plus significatifs, bien que restant faibles, avec une baisse des émissions de NOx de 6% par rapport à la situation tendancielle 2030 sans ZFE, soit un gain de 4 tonnes de NOx. Les gains les plus significatifs sur les émissions de NOx sont dus à l'interdiction des PL Crit'Air 3.

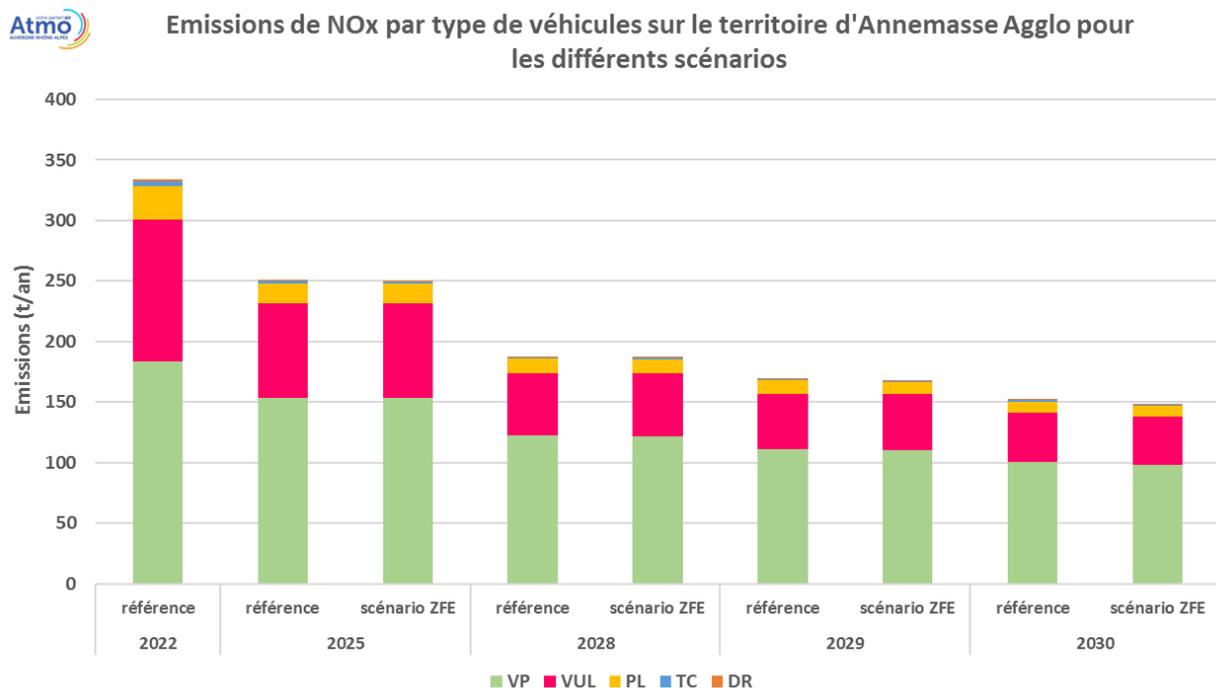


Figure 13 : Emissions de NOx par type de véhicules pour les scénarios de référence (sans ZFE) et ZFE sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE aux différentes échéances (Source : Atmo AuRA)

Gains d'émissions de NOx par rapport à la référence

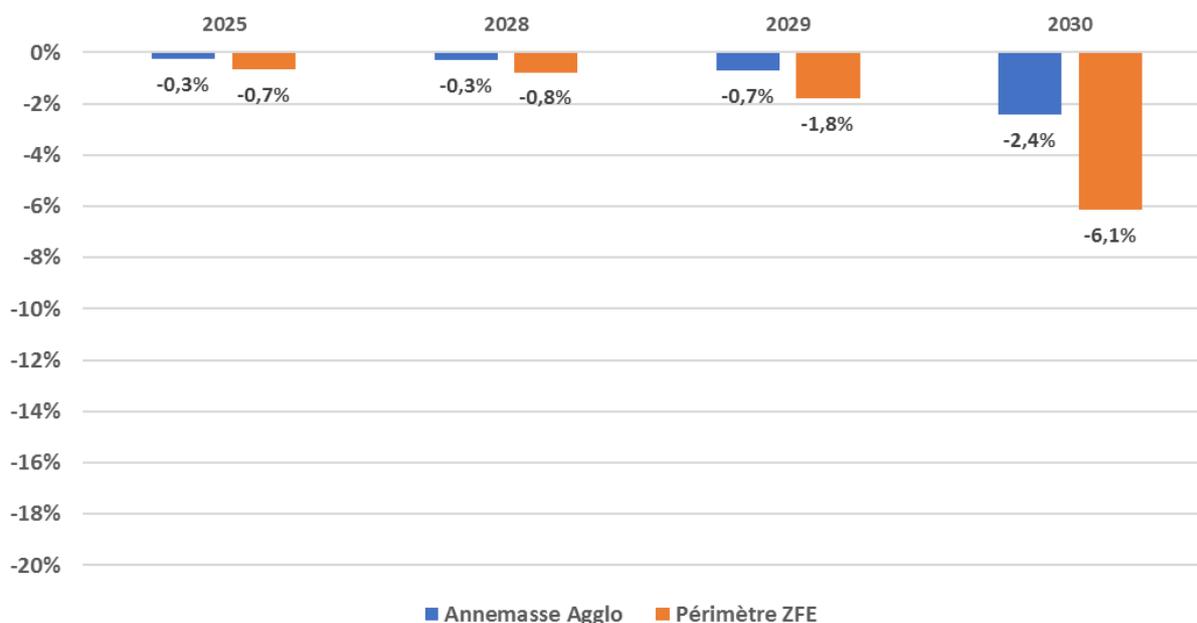


Figure 14 : Gains d'émissions de NOx en pourcentage du scénario ZFE par rapport au scénario de référence aux différentes échéances sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE (Source : Atmo AuRA)

Les Figure 15 et Figure 16 présentent respectivement les émissions de PM_{2,5} des différents scénarios sur Annemasse Agglo par type de véhicules et les gains d'émissions du scénario ZFE par rapport à la situation de référence pour les différentes échéances sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE. Les émissions de particules PM₁₀ et PM_{2,5} du trafic routier issues de l'échappement sont très liées, aussi les évolutions de ces deux types de particules sont similaires. Seuls les résultats pour les émissions de PM_{2,5} sont présentés ici. Les données sur les PM₁₀ sont données dans l'Annexe 2.

Les émissions de PM_{2,5} diminueront tendanciellement mais de manière moins marquée que les émissions de NOx. En effet, les émissions de particules du trafic routier ne proviennent pas seulement de la combustion du carburant, mais aussi d'autres facteurs ne dépendant pas de la norme du véhicule, comme l'usure des freins lors du freinage et de celle des pneus sur la route. Entre les situations de référence 2022 et tendancielle 2030, les émissions de PM_{2,5} diminueront de 32% sur Annemasse Agglo et 27% sur le périmètre ZFE, ce qui représente des gains respectifs de 4 tonnes et 2 tonnes émis de polluants émis.

La mise en place des restrictions ZFE permettra de faibles réductions d'émissions de PM_{2,5} supplémentaires, uniquement significatifs avec l'interdiction des véhicules Crit'Air 3 en 2030. Les pas d'interdictions précédents entraîneront des gains inférieurs à 1%. En 2030, les gains seront d'environ 5% sur le périmètre ZFE et 2% à l'échelle d'Annemasse Agglo, soient une baisse de 200 kg d'émissions de PM_{2,5}.

Emissions de PM_{2,5} par type de véhicules sur le territoire d'Annemasse Agglo pour les différents scénarios

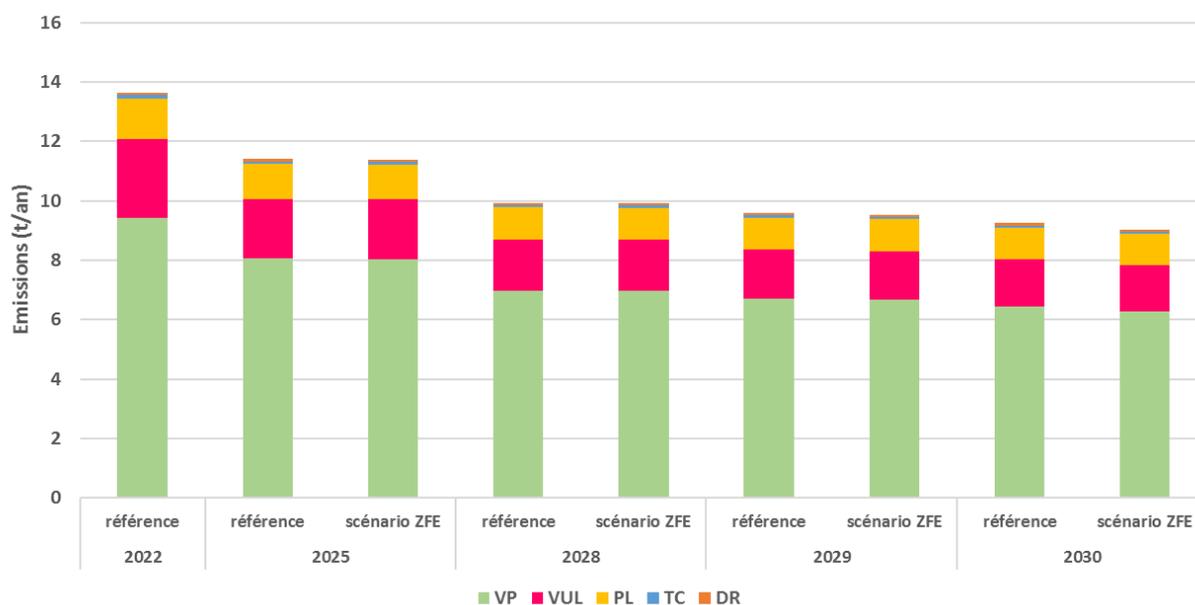


Figure 15 : Emissions de PM_{2,5} par type de véhicules pour les scénarios de référence (sans ZFE) et ZFE sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE aux différentes échéances (Source : Atmo AuRA)

Gains d'émissions de PM_{2,5} par rapport à la référence

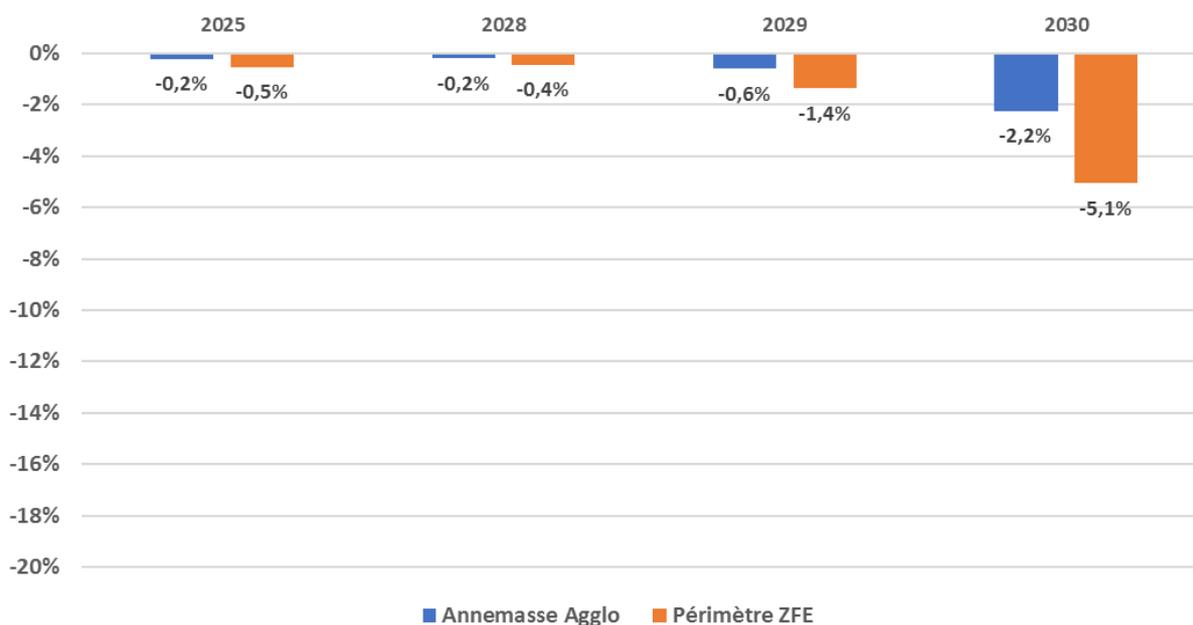


Figure 16 : Gains d'émissions de PM_{2,5} en pourcentage du scénario ZFE par rapport au scénario de référence aux différentes échéances sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE (Source : Atmo AuRA)

Les émissions de GES sont liées à la consommation des véhicules et ne diminuent que dans le cas de changement de motorisation thermique vers de l'électrique. Les restrictions des véhicules Crit'Air 3 et plus n'entraîneront pas un report massif vers des véhicules électriques : l'impact de la mise en place de la ZFE sera ainsi négligeable sur les émissions de GES (Annexe 2).

3.6. Évaluation des effets sur l'exposition de la population aux concentrations de polluants atmosphériques

Les résultats précédents correspondent aux réductions en émissions de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre.

Ces variations d'émissions de polluants influent sur les concentrations de polluants dans l'air, qui dépendent également des conditions météorologiques, des conditions de dispersion, de la topographie, etc.

Le prochain paragraphe présente l'évolution des concentrations dans l'air avec le scénario ZFE décrit précédemment pour l'année 2030. La météorologie utilisée est celle de l'année 2022.

Le croisement des cartes de concentrations annuelles avec la répartition spatiale des populations résidentes (fournis par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air LCSQA sur la base de la population communale INSEE 2020) permet d'estimer l'exposition de la population aux polluants atmosphériques associée.

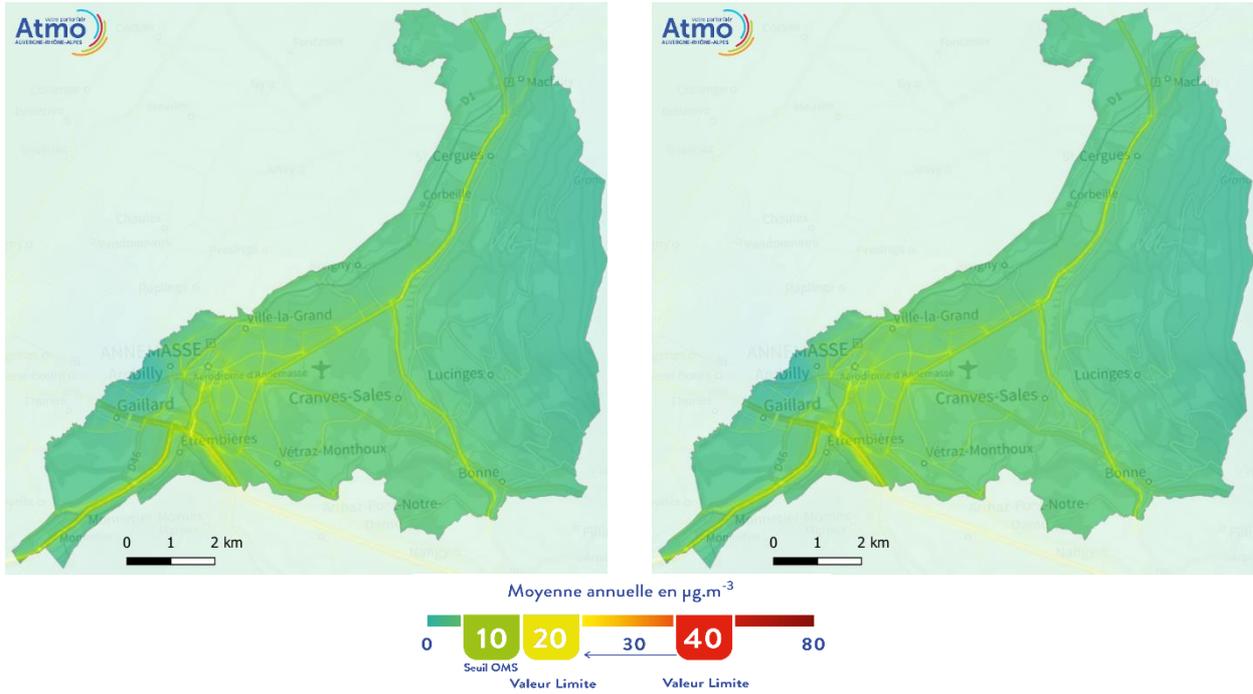
3.6.1. Exposition de la population aux concentrations de dioxyde d'azote NO₂

La Figure 17 présente les cartes projetées de la concentration annuelle en NO₂ pour le scénario tendanciel sans ZFE en 2030 et pour le scénario ZFE en 2030 qui comprend l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 3 et plus sur le périmètre ZFE.

En 2030, la mise en place de la ZFE ne permettra pas une réduction significative des concentrations annuelles de NO₂ sur le territoire d'Annemasse Agglo, y compris au sein du périmètre ZFE. La carte de différence entre les deux scénarios ne montre pas de baisse de concentrations supérieure à 1 µg/m³.

CONCENTRATIONS EN NO₂ MODELISEES EN 2030
REFERENCE (SANS ZFE)

CONCENTRATIONS EN NO₂ MODELISEES EN 2030
AVEC RESTRICTIONS ZFE



GAINS DES CONCENTRATIONS NO₂ ENTRE LA REFERENCE 2030 ET SCENARIO ZFE 2030

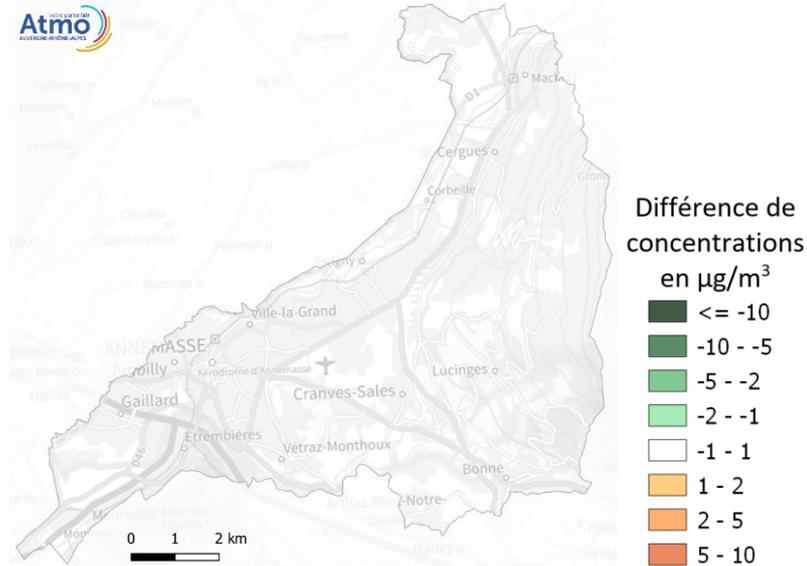
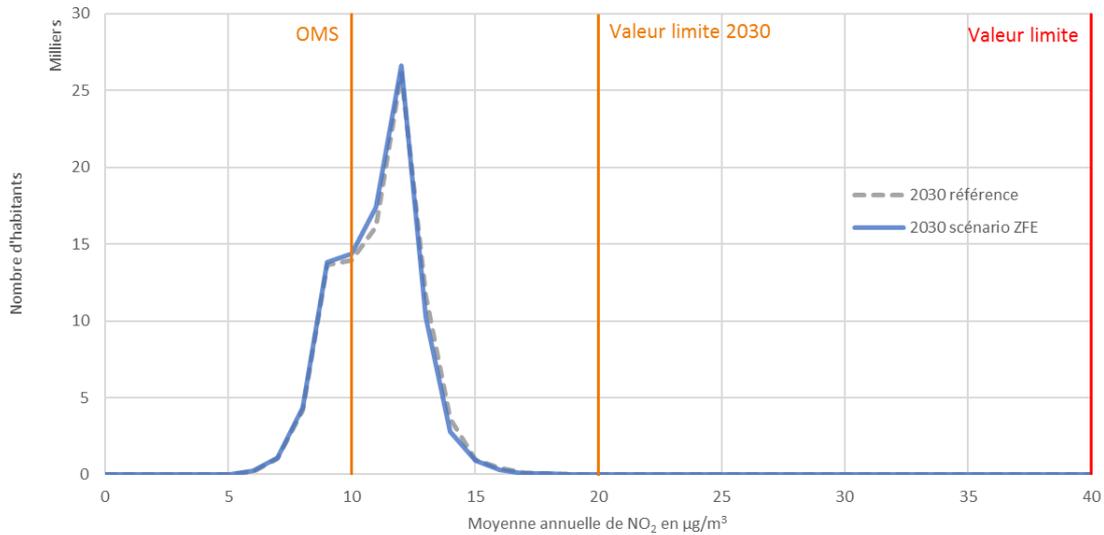


Figure 17 : Cartes de la concentration annuelle moyenne du dioxyde d'azote (NO₂) pour le scénario tendanciel en 2030 (à gauche) et le scénario ZFE Crit'Air 3 et plus en 2030 sur le périmètre ZFE (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas) (Source : Atmo AuRA)

La Figure 18 montre la distribution des populations exposées au NO₂ pour le scénario tendanciel et le scénario ZFE Crit'Air 3 et plus en 2030, sur le territoire d'Annemasse Agglo et sur le périmètre de la ZFE.

Distribution de l'exposition de la population au NO₂ Annemasse Agglo



Distribution de l'exposition de la population au NO₂ Périmètre ZFE

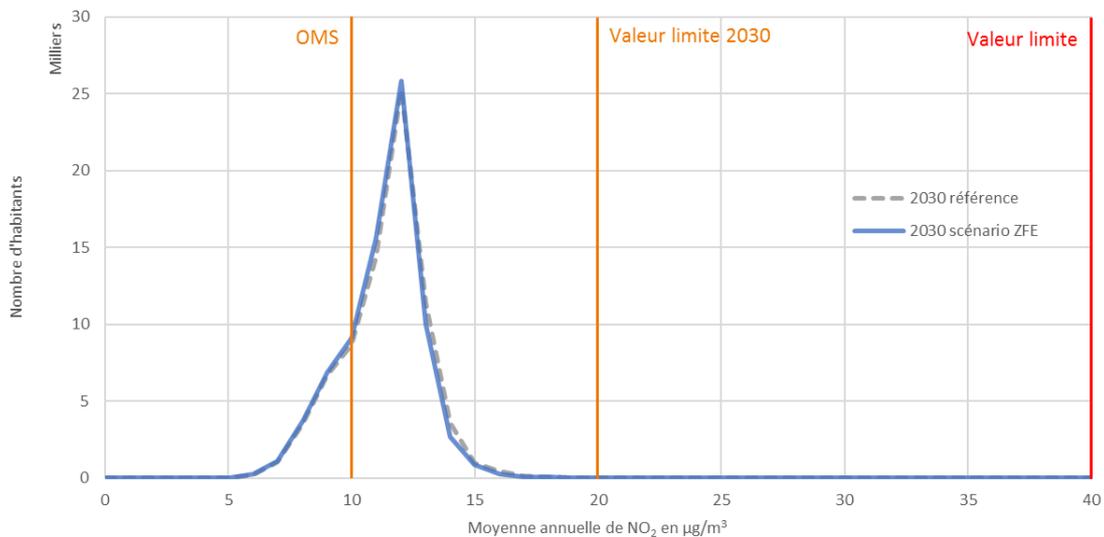


Figure 18 : Distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote (NO₂) pour le scénario tendanciel 2030 et pour le scénario ZFE Crit'Air 3 et plus en 2030 sur le territoire d'Annemasse Agglo (en haut) et du périmètre ZFE (en bas) (Source : Atmo AuRA)

En situation tendancielle 2030, l'exposition moyenne de la population sera de 11,4 µg/m³ sur le périmètre de la ZFE et de 11,1 µg/m³ à l'échelle d'Annemasse Agglo. La mise en place de la ZFE ne permettra pas de diminuer ces expositions moyennes de manière significative.

En 2030, aucun habitant d'Annemasse Agglo ne sera exposé à des dépassements de la valeur limite réglementaire actuelle (40 µg/m³) et future (20 µg/m³). 79% de la population sera exposée à des concentrations de NO₂ supérieures à la valeur guide OMS 2021 (10 µg/m³) ; la mise en place de la ZFE n'aura pas d'impact sur cette valeur.

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

Les cartes de concentrations ainsi que les distributions de l'exposition des populations pour les PM2,5 pour les différents scénarios sont présentées dans l'Annexe 3.

Contrairement aux oxydes d'azote, pour lesquels la source majoritaire d'émissions dans l'air est le trafic routier, les concentrations en particules fines résultent d'une part des émissions locales (chauffage, trafic et industrie en particulier), des émissions extérieures au territoire et de la formation de particules dites secondaires par transformation d'autres polluants (oxydes d'azote et de soufre, ammoniac...). Par rapport à la situation tendancielle 2030, la mise en place des restrictions ZFE ne permettra pas des baisses de concentrations de PM2,5 significatives, y compris dans le périmètre ZFE.

Aucun habitant d'Annemasse Agglo ne sera exposé à des dépassements de la valeur limite réglementaire actuelle ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et future ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2030 pour les PM2,5. Toute la population restera exposée à un dépassement du seuil de recommandation de l'OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2030. La mise en place de la ZFE ne permettra pas d'agir sur l'exposition de la population aux PM2,5.

4. Conclusion

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

- des valeurs réglementaires pour le NO₂, les PM10 et les PM2,5,
- ni de la future valeur 2030 de la réglementation européenne pour les PM10.

Pour les PM2,5, moins de 1% de la population est exposée un dépassement de cette future norme, et environ 3% de la population est exposée pour le NO₂.

Pour les valeurs OMS, le constat est différent avec 100% de la population exposée à un dépassement de la valeur pour les PM2,5, 38% de la population exposée pour les PM10 et 99,8% de la population exposée pour le NO₂.

Sur le territoire de l'agglomération, le transport routier est responsable d'environ 63% des émissions de NOx, environ 10% des émissions de particules fines (PM10 et PM2,5) et 42% des émissions de gaz à effet de serre (GES) en 2021. Parmi ce secteur, les véhicules particuliers sont les plus grands émetteurs avec environ 50% des émissions de NOx et environ 65% des émissions de PM10, de PM2,5 et de GES.

Le périmètre de la ZFE s'étale en grande partie sur 6 communes de l'agglomération autour d'Annemasse. Le calendrier des différents pas d'interdiction de la ZFE commence en 2025 avec l'interdiction de circulation des véhicules particuliers, des véhicules utilitaires légers et de poids lourds non classés, puis en 2028 l'interdiction des Crit'Air 5, en 2029 l'interdiction des Crit'Air 4, et le dernier pas qui sera l'interdiction de circulation des véhicules Crit'Air 3 en 2030.

Pour les véhicules particuliers, les projections du parc tendanciel entre 2023 et 2030 montrent un maintien du pourcentage de véhicules Crit'Air 2 aux environs des 44%, un renouvellement des véhicules plus important vers les Crit'Air 1 et électriques qui augmenteront d'environ 10%, et une diminution importante des Crit'Air 3 et plus avec la sortie du parc des Crit'Air 5 et non classés en 2030. La mise en place de la ZFE entraînera la sortie du parc des véhicules Crit'Air 3 et plus dès 2025 et accélèrera le renouvellement vers des véhicules Crit'Air 1 et zéro émission.

Pour les véhicules utilitaires légers, les projections tendanciennes du parc entre 2023 et 2030 montrent une grande majorité de véhicules Crit'Air 2 qui resteront stables sur la période (environ 85%), ainsi qu'une diminution des Crit'Air 3 et plus qui seront principalement remplacés par des véhicules électriques. Seul le pas d'interdiction des Crit'Air 3 en 2030 de la ZFE permettra un renouvellement supplémentaire du parc de VUL par rapport au tendanciel.

Pour les poids lourds, les véhicules Crit'Air 2, 1 et électriques augmenteront au profit des Crit'Air 3 et plus pour atteindre plus de 94% du parc en 2030. Contrairement aux VUL, chaque pas de la ZFE aura un impact sur le renouvellement des véhicules vers des PL Crit'Air 2 ou 1 principalement.

Les effets de la ZFE sur les émissions de polluants atmosphériques pour le scénario ZFE par rapport au tendanciel, sur le périmètre de la ZFE et sur le périmètre d'Annemasse Agglo, montrent de légers gains principalement en 2030, notamment pour les NOx et les PM2,5 avec une baisse respective d'environ 6% et 5% pour le scénario ZFE par rapport au scénario de référence en 2030.

Pour les GES, la mise en place de la ZFE ne montre pas de gains sur les émissions par rapport au scénario tendanciel.

La mise en place de l'interdiction des VP, VUL et PL Crit'Air 3 et plus ne permettra pas de réduire de manière significative les concentrations des différents polluants atmosphériques étudiés (NO₂, PM2,5 et PM10) en 2030 par rapport à l'évolution tendancielle des concentrations. L'exposition

moyenne de la population aux concentrations de NO₂ à l'échelle d'Annemasse Agglo et du périmètre de la ZFE ne diminuera pas de manière significative en 2030 avec la mise en place de la ZFE.

5. Annexes

Annexe 1. 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 2 sur le territoire d'Annemasse – Les Voirons Agglomération. Elles permettent de mesurer environ 200 composés différents. 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.

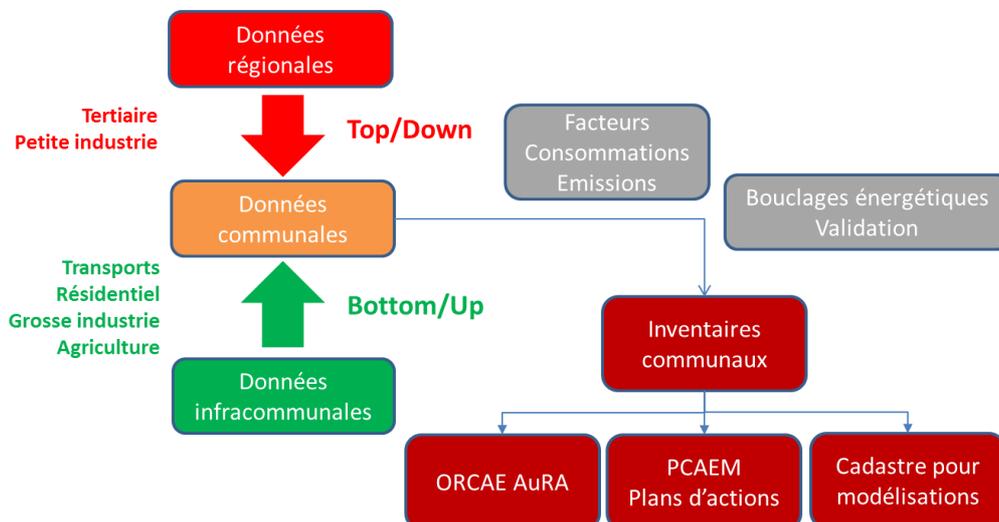


Figure 19 : Chaîne de calcul des émissions d'Atmo AURA

Dans le cadre de l'évaluation du projet ZFE, 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 20 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 du trafic local modélisés via le modèle trafic ;
- Des données de parc VP/VUL/PL :
 - issues du SDES :
 - VP par cylindrée
 - VUL et PL porteurs et articulés par classe de poids à vide
 - par carburant
 - par norme Euro
 - puis projetées selon :
 - les évolutions tendanciennes du parc
 - les restrictions liées à la mise en place de la ZFE
- Les facteurs d'émissions issus de la méthode européenne standardisée COPERT 5.4.36.

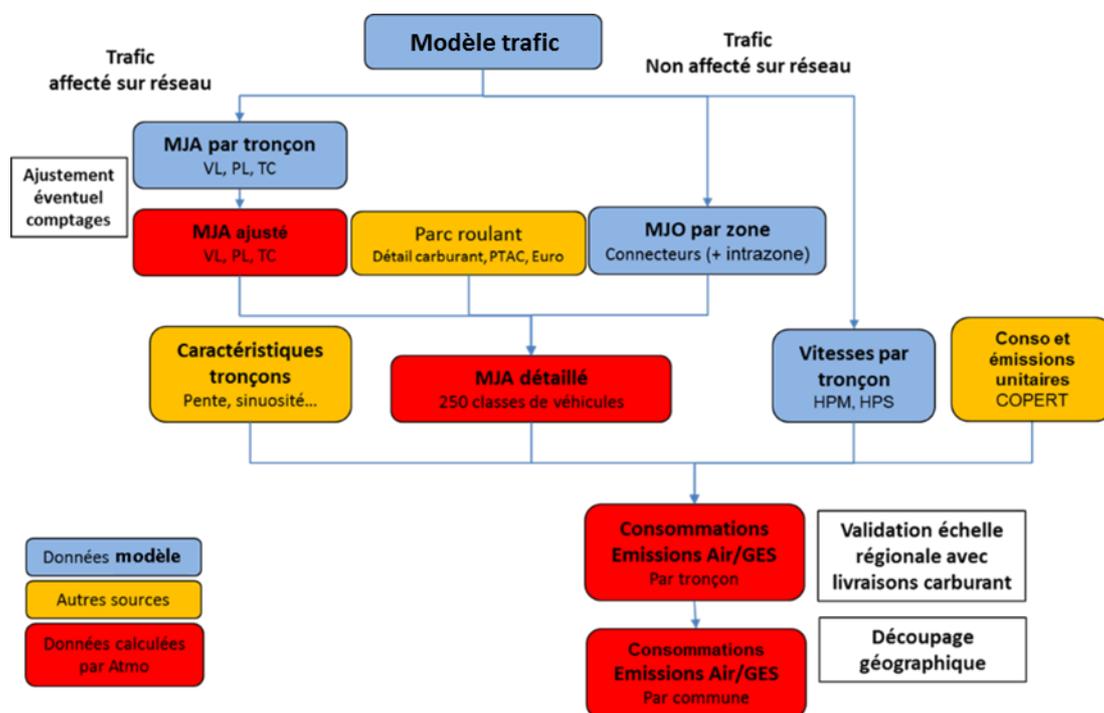


Figure 20 : Chaîne de calcul des émissions de transports routiers d'Atmo AURA

- **Modélisation des concentrations et exposition de la population**

La modélisation des concentrations de polluants atmosphériques pour les concentrations annuelles 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, 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.

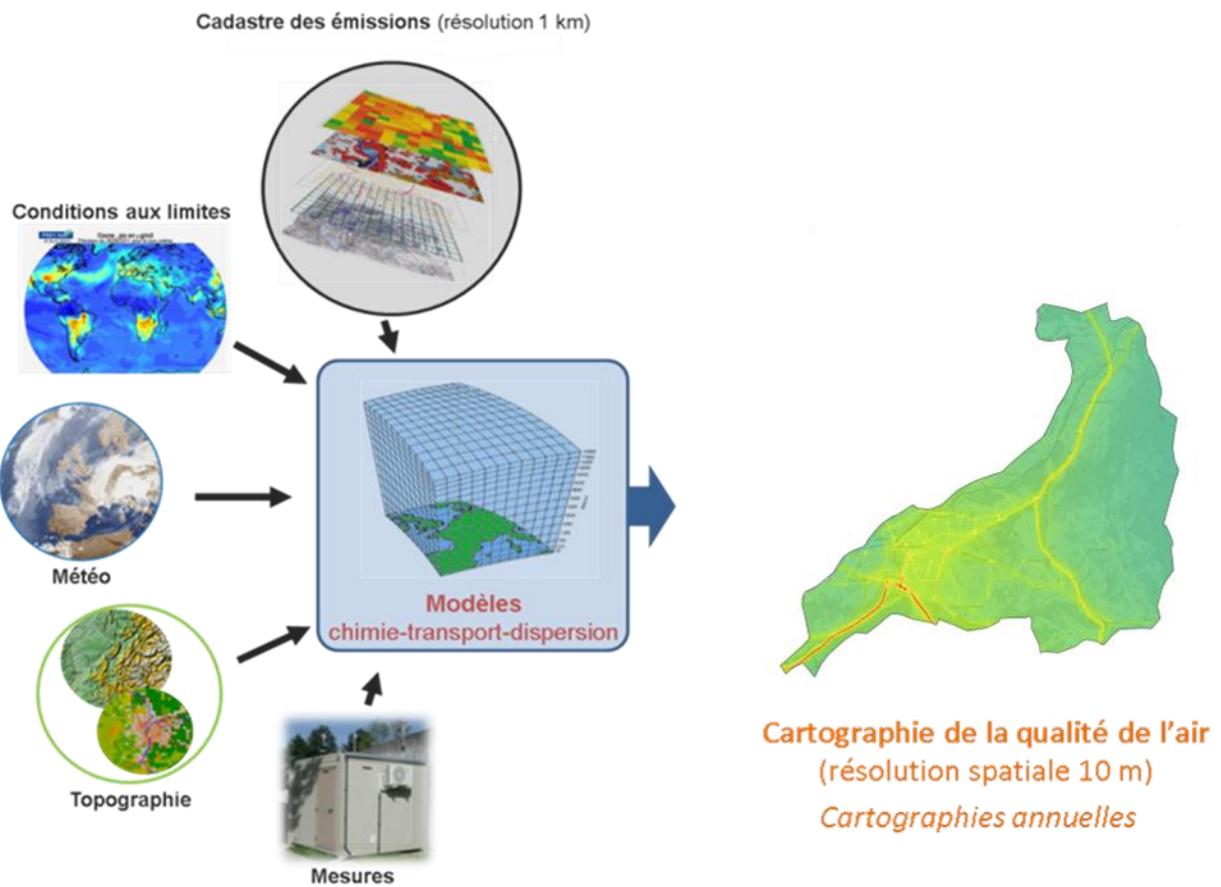


Figure 21 : Chaîne de modélisation des concentrations de polluants d'Atmo AURA

Annexe 2. Évaluation de l'effet de la ZFE sur les émissions de PM10 et de GES

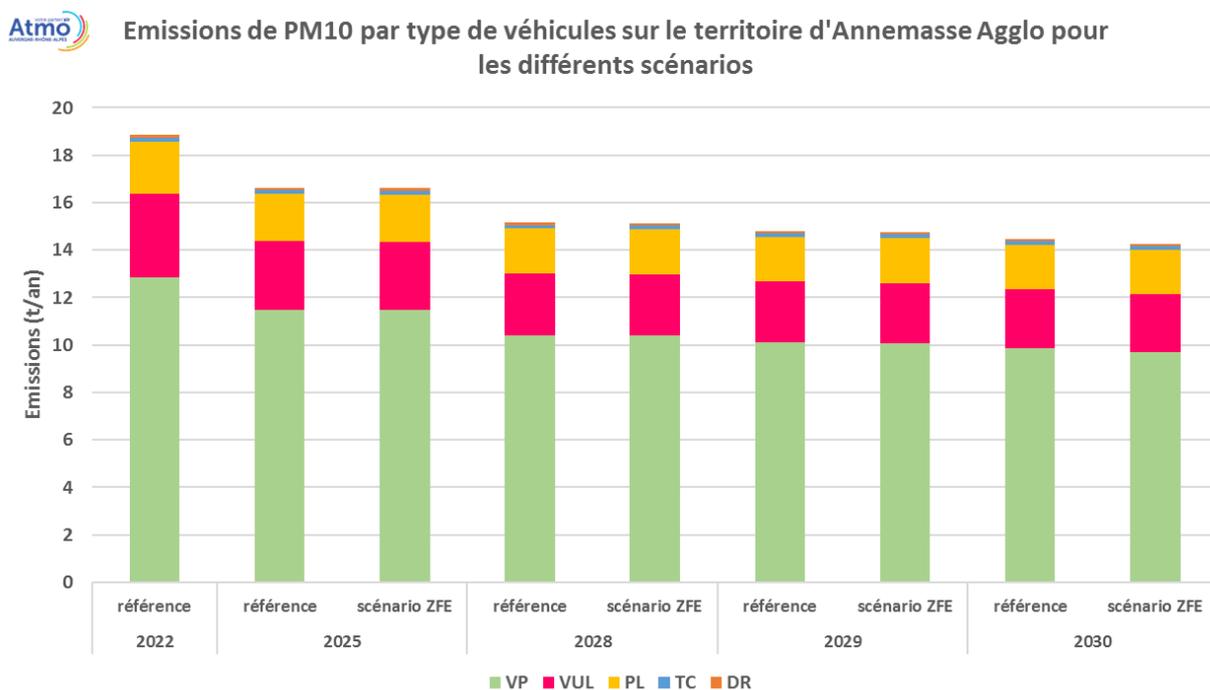


Figure 22 : Emissions de PM10 par type de véhicules pour les scénarios de référence (sans ZFE) et ZFE sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE aux différentes échéances (Source : Atmo AuRA)

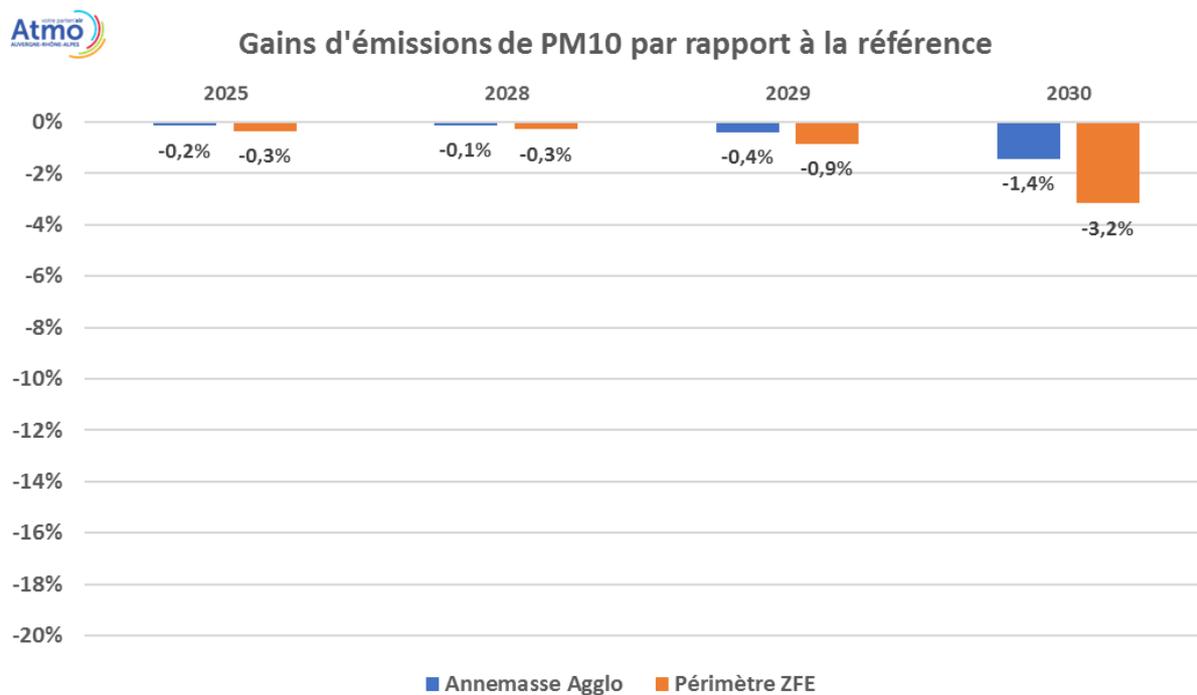


Figure 23 : Gains d'émissions de PM10 en pourcentage du scénario ZFE par rapport au scénario de référence aux différentes échéances sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE (Source : Atmo AuRA)

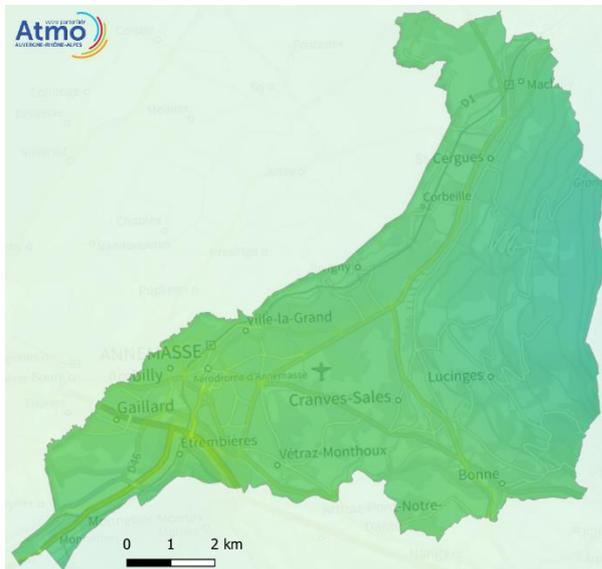
Emissions de GES par type de véhicules sur le territoire d'Annemasse Agglo pour les différents scénarios



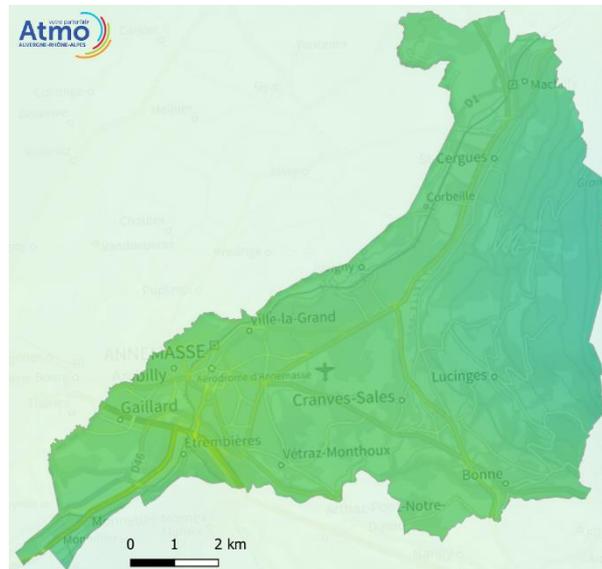
Figure 24 : Emissions de GES par type de véhicules pour les scénarios de référence (sans ZFE) et ZFE sur Annemasse Agglo et le périmètre ZFE aux différentes échéances (Source : Atmo AuRA)

Annexe 3. Évaluation de l'effet de la ZFE sur l'exposition de la population aux concentrations de particules fines PM2,5 en 2030

CONCENTRATIONS EN PM2,5 MODELISEES EN 2030 REFERENCE (SANS ZFE)



CONCENTRATIONS EN PM2,5 MODELISEES EN 2030 AVEC RESTRICTIONS ZFE



Moyenne annuelle en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$



GAINS DES CONCENTRATIONS PM2,5 ENTRE LA REFERENCE 2030 ET SCENARIO ZFE 2030

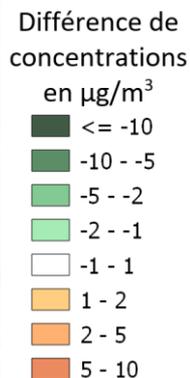
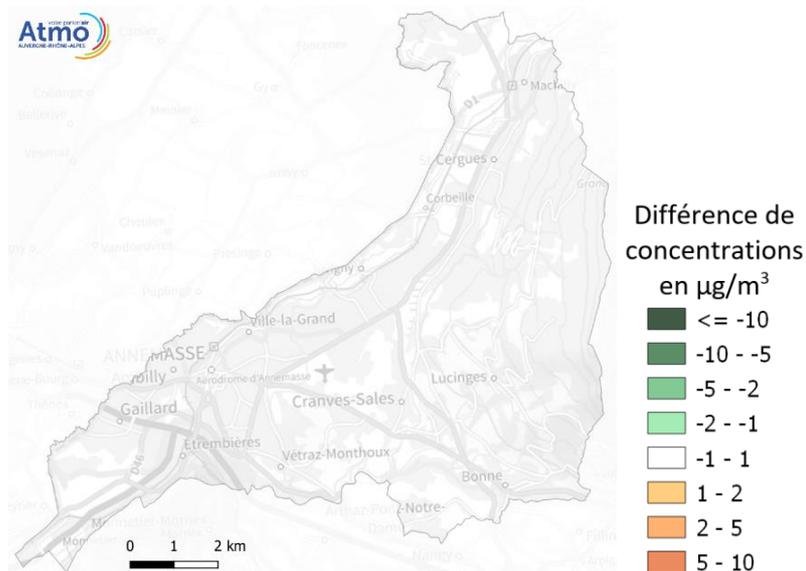
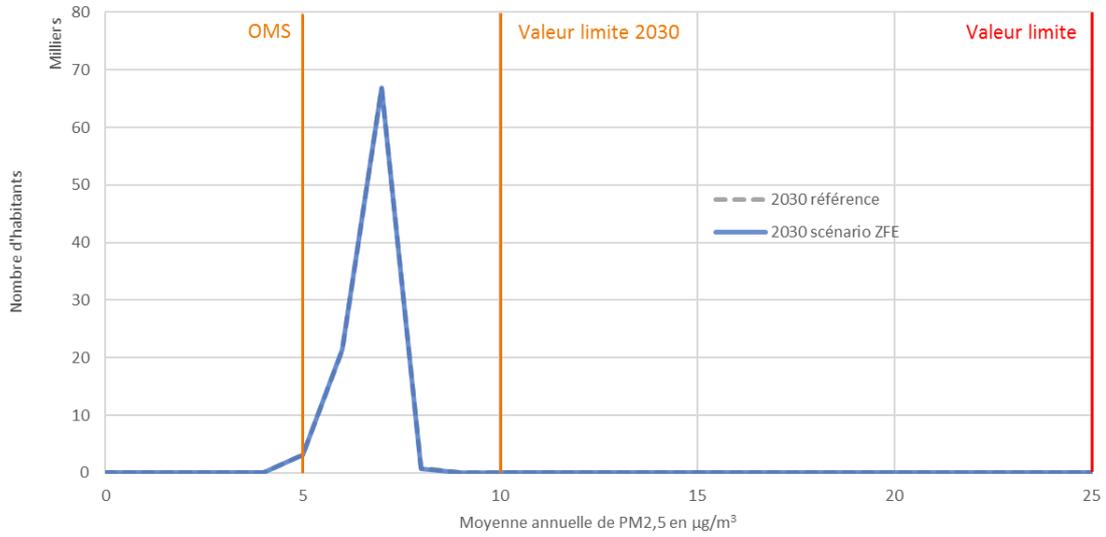


Figure 25 : Cartes de la concentration annuelle moyenne aux PM2,5 pour le scénario tendanciel en 2030 (à gauche) et le scénario ZFE Crit'Air 3 et plus en 2030 sur le périmètre ZFE (à droite) et de l'écart de concentrations entre les deux scénarios (en bas) (Source : Atmo AuRA)

Distribution de l'exposition de la population aux PM2,5
Annemasse Agglo



Distribution de l'exposition de la population aux PM2,5
Périmètre ZFE

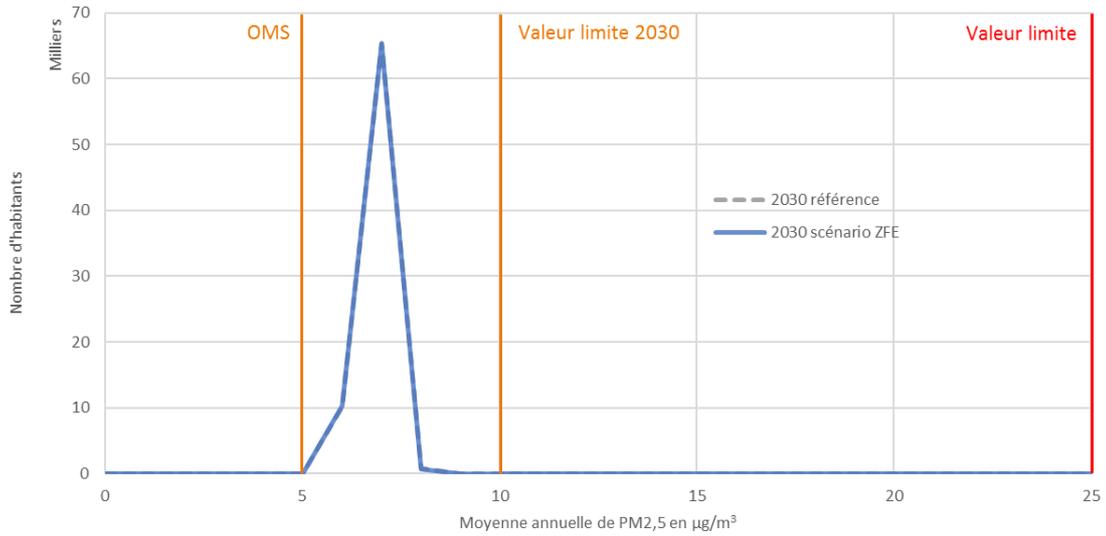


Figure 26 : Distribution de l'exposition de la population aux PM2,5 pour le scénario tendanciel 2030 et pour le scénario ZFE Crit'Air 3 et plus en 2030 sur le territoire d'Annemasse Agglo (en haut) et du périmètre ZFE (en bas) (Source : Atmo AuRA)