

Plan de Mobilité (PdM)

Des territoires lyonnais

2024



Diffusion : Avril 2024

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



Financement

Cette étude d'amélioration de connaissances a été rendue possible grâce à l'aide financière particulière de SYTRAL Mobilités.

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

Résumé

Dans un contexte d'adaptation au changement climatique et de lutte contre la pollution atmosphérique, la mobilité est un secteur en forte évolution.

C'est dans ce contexte que la Loi d'Orientation des Mobilités (LOM) a pour objectif de transformer les politiques de transport en France en les orientant vers une mobilité plus durable, inclusive et efficiente.

Pour se faire, l'outil de planification de la mobilité qu'est le PdM permet au territoire de mettre en place une mobilité urbaine en accord avec les critères de la loi LOM dans les grandes agglomérations françaises.

Ainsi, toute autorité organisatrice de la mobilité de plus de 100 000 habitants doit établir un Plan de Mobilité (PdM) sur son territoire. Dans la région lyonnaise, c'est SYTRAL Mobilités qui est chargé d'établir ce plan. Son territoire est découpé en trois bassins locaux de mobilité: l'Agglomération lyonnaise, le Beaujolais et l'Ouest lyonnais.

L'élaboration du PdM se déroule en plusieurs étapes :

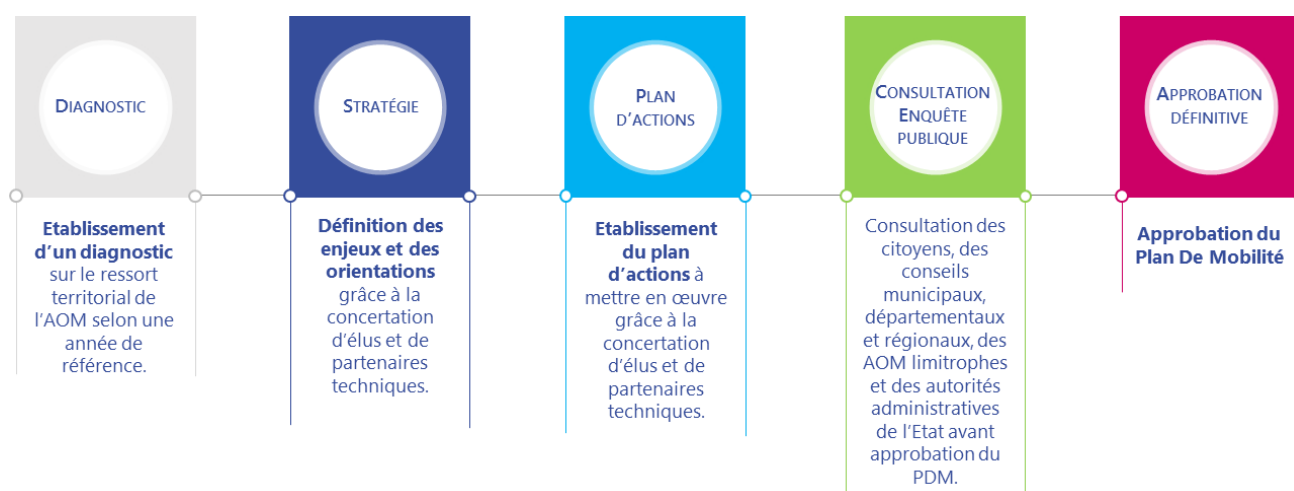


Figure 1: Etapes d'élaboration du PdM

Les travaux d'élaboration du PdM nécessitent notamment l'établissement d'une étude prospective à long terme. Cette étude permet d'évaluer l'impact du plan d'actions sur la qualité de l'air et induit la prise en compte de nombreuses hypothèses pour définir les caractéristiques du futur parc (véhicules légers, véhicules utilitaires légers et poids lourd) telles que : la motorisation, le carburant utilisé, les répercussions de décisions réglementaires telles que l'interdiction à la vente de véhicules légers thermiques en 2035 etc.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a accompagné SYTRAL Mobilités en tant que fournisseur de données « qualité de l'air » pour la partie diagnostic et a évalué l'impact du plan d'actions du PdM des territoires lyonnais à l'horizon 2040.

Le diagnostic « qualité de l'air » sur le ressort territorial de l'AOM repose sur les données 2019. Les informations clés à retenir sont les suivantes :

- En émissions de polluants : le transport routier est responsable de 57% des émissions de NO_x, d'environ 15% des émissions de particules fines et de 34% des émissions de CO₂. L'Agglomération lyonnaise est le bassin de vie le plus contributeur, car il supporte le trafic routier le plus dense.
- En concentrations de polluants : les concentrations en NO₂ les plus élevées sont relevées sur l'Agglomération lyonnaise avec notamment des dépassements de la valeur réglementaire à proximité des axes structurants (40 µg/m³). Pour les deux autres bassins locaux de mobilité, les concentrations les plus fortes sont mesurées au droit des axes structurants également, mais les niveaux de fond sont nettement plus faibles.
- En exposition de la population : la population de l'Agglomération lyonnaise est la population la plus exposée à des concentrations en NO₂ supérieures à la valeur réglementaire (40µg/m³) avec 1 à 5% de

sa population exposée en fonction de sa localisation. Sur les autres bassins locaux de mobilité (Ouest lyonnais et Beaujolais), moins de 0,1% de sa population est exposée à de telles concentrations. Concernant les particules fines PM10 et PM2,5, aucune population n'est exposée à des dépassements de la valeur réglementaire sur l'ensemble du ressort territorial.

L'évaluation prospective de l'impact du PdM à l'horizon 2040 par rapport à la situation de référence 2040 se construit en deux parties avec :

- L'évaluation de l'impact du plan d'actions sur les émissions de polluants ;
- Et l'évaluation de l'impact du PdM sur les concentrations et l'exposition de la population aux polluants atmosphériques.

D'après la modélisation effectuée, par rapport au scénario de référence en 2040, les actions du PdM entraînent au total une baisse de 5,8% des kilomètres parcourus tous véhicules confondus sur le périmètre du PdM. A noter, que les kilomètres parcourus par les transports en commun (TC) présentent une hausse de 25% par rapport à la situation sans action sur PdM. Une hausse des kilomètres parcourus par les poids lourds (PL) à l'extérieur de l'Agglomération lyonnaise et une hausse de ceux parcourus par les VP dans le Beaujolais sont également constatées.

Sur le territoire du ressort territorial, cette évolution apportée par les actions du PdM induit les résultats suivants par rapport à la situation de référence 2040 :

- **Une baisse des émissions totales de NOx inférieure à 1%,**
- **Une baisse des émissions totales de PM10 de 3,7% et de PM2,5 de 4%,**
- **Une baisse des émissions totales de CO₂ de 3%.**

A l'échelle des bassins locaux de mobilité, l'Agglomération lyonnaise présente les baisses en émissions, tous polluants confondus, les plus importantes, ce qui corrobore le constat fait sur les kilomètres parcourus.

En termes de concentrations de polluants, la mise en place du plan d'actions en 2040 par rapport à la situation de référence 2040 présente les résultats suivants :

- Pour les concentrations moyennes en NO₂ : une baisse inférieure à 1 µg/m³ sur la quasi-totalité du territoire est constatée. Les différences significatives (c'est-à-dire supérieures à 1 µg/m³) sont observées sur l'Agglomération lyonnaise au droit des axes structurants, avec des gains de concentrations entre 1 et 3 µg/m³.
- Pour les concentrations moyennes en particules fines PM10 et PM2,5 : une baisse inférieure à 1 µg/m³ sur la quasi-totalité du territoire est constatée. Les différences significatives (c'est-à-dire supérieures à 1 µg/m³) sont également observées sur l'Agglomération lyonnaise au droit des axes structurants, avec des gains de concentrations allant jusqu'à 4 µg/m³ pour les PM10 et entre 1 et 3 µg/m³ pour les PM2,5.

En ce qui concerne l'exposition de la population à la pollution atmosphérique, les actions du PdM permettent que 26 000 habitants supplémentaires passent sous le seuil recommandé par l'OMS pour le dioxyde d'azote NO₂.

L'exposition de la population à des concentrations supérieures aux recommandations OMS pour les particules fines PM10 diminue de 3 600 habitants grâce à l'application du PdM.

Aucun réel impact sur l'exposition aux particules fines PM2,5 n'est cependant observé entre la situation de référence et la situation avec les actions PdM.

Dans les modélisations effectuées, les gains en qualité de l'air entre 2018 et 2040 sont très majoritairement dus à l'amélioration technologique des véhicules. La mise en place des actions du PdM entraîne donc un impact limité sur la qualité de l'air en 2040. Cependant, les baisses en concentrations de polluants observées en 2040 grâce aux actions du PdM impactent des axes actuellement sensibles en termes de qualité de l'air. Chaque gain en concentrations compte pour limiter l'exposition de la population.



Sommaire

Introduction	9
1. Contexte général.....	10
1.1. Qu'est qu'un PdM ?.....	10
1.2. Le Plan De Mobilité 2025 - 2040.....	11
1.3. Le périmètre d'exécution du PdM des territoires lyonnais	11
1.4. Transports et qualité de l'air.....	12
2. Le diagnostic « qualité de l'air » du PdM	13
2.1. Les éléments clefs en émissions de polluants atmosphériques	13
2.2. Les éléments clefs en concentrations et exposition de la population	17
2.2.1. Concentrations en polluants atmosphériques	17
2.2.2. Expositions de la population aux polluants atmosphériques	19
3. Evaluation de l'impact du PdM sur la qualité de l'air.....	21
3.1. Méthodologie d'évaluation des émissions et données utilisées.....	21
3.1.1. Méthodologie générale	21
3.1.2. Données et hypothèses de calculs.....	22
3.2. Méthodologie de modélisation des concentrations et de calcul de l'exposition des populations.....	25
3.2.1. Modélisation et évaluation de l'impact sur les concentrations.....	25
3.2.2. Evaluation de l'exposition des populations.....	25
3.3. Résultats évaluation en émissions	27
3.3.1. Impacts sur les kilomètres parcourus	27
3.3.2. Impact sur les émissions d'oxydes d'azote NOx.....	28
3.3.3. Impact sur les émissions de particules fines PM10 et PM2,5	30
3.3.4. Impact sur les émissions de dioxyde de carbone CO2	33
3.3.5. Evolution des émissions sur le territoire du PdM de 2018 à 2040	34
3.4. Impact sur les concentrations et l'exposition au dioxyde d'azote NO ₂	36
3.4.1. Concentrations moyenne en NO2 aux horizons 2018/2040, avec et sans scénario PdM.....	36
3.4.2. Impact sur les concentrations et l'exposition aux particules fines PM10	40
3.4.3. Impact sur les concentrations et l'exposition aux particules fines PM2,5	43
3.4.4. Impact sur les concentrations en ozone	48
Conclusion	49

Annexes

Annexe 1 – Cartes des concentrations moyennes en particules fines en 2019	50
Annexe 2 – Carte annuelle en ozone O₃ en 2019.....	51
Annexe 3 - Exposition de la population à des concentrations de particules fines supérieures aux seuils réglementaires en 2019	52
Annexe 4 Exposition de la population à des concentrations de particules fines supérieures aux recommandations OMS en 2019	53
Annexe 5 Hypothèses d'étude pour le parc de véhicules et résultats des tests de sensibilité.....	54
Annexe 6 – Emissions de polluants atmosphériques par ressort territorial en 2040	60
Annexe 7 – Evolution tendancielle 2018 – 2040.....	64



Illustrations

Figure 1: Etapes d'élaboration du PdM	3
Figure 2: Articulation du PdM avec les autres documents de planification	10
Figure 3: Etapes d'élaboration du PdM	11
Figure 4: Ressort territorial de SYTRAL Mobilités (2022).	11
Figure 5 : Contributions sectorielles sur le ressort territorial du PdM des territoires lyonnais.....	12
Figure 6: Emissions de NO_x en 2019 sur le ressort territorial (tonnes)	13
Figure 7: Contribution territoriale des bassins territoriaux en 2019 dans les émissions de NO_x	14
Figure 8: Emissions de PM₁₀ et PM_{2,5} en 2019 sur le ressort territorial.....	15
Figure 9: Contribution territoriale des bassins territoriaux en 2019 dans les émissions de PM₁₀ et PM_{2,5}	16
Figure 10: Emissions de CO₂ en 2019 sur le ressort territorial	16
Figure 11: Contribution territoriale des bassins territoriaux en 2019 dans les émissions de CO₂	17
Figure 12: Carte annuelle 2019 en dioxyde d'azote à l'échelle du ressort territorial.....	18
Figure 13: Exposition de la population inter-communale à des concentrations en NO₂ supérieures à la recommandation OMS (20µg/m³) en 2019.....	19
Figure 14: Exposition de la population inter-communale à des concentrations en NO₂ supérieures au seuil OMS (10µg/m³) en 2019.....	20
Figure 15 : Organisation générale de l'outil MOCAT	21
Figure 16 : Répartition par vignettes Crit'air des parcs VP, VUL et PL 2018 et 2040 utilisés pour l'évaluation des actions PdM	24
Figure 17 : Hypothèses sur les agrocarburants retenues.....	24

Figure 18 : Répartition de la population du périmètre PdM en 2018 et 2040	26
Figure 19 : répartition par type de véhicules des kilomètres parcourus sur le périmètre PdM	27
Figure 20 : Impact de la mise en place des actions PdM sur les kilomètres parcourus de la situation de référence 2040.	28
Figure 21 : répartition par type de véhicules des émissions de NOx sur le périmètre PdM	29
Figure 22 : Impact de la mise en place des actions PdM sur émissions de NOx de la situation de référence 2040.....	30
Figure 23 : répartition par type de véhicules des émissions de PM10 sur le périmètre PdM.....	31
Figure 24 : répartition par type de véhicules des émissions de PM2,5 sur le périmètre PdM.....	31
Figure 25 : Impact de la mise en place des actions PdM sur émissions de PM10 de la situation de référence 2040.....	32
Figure 26 : Impact de la mise en place des actions PdM sur émissions de PM2,5 de la situation de référence 2040.....	32
Figure 27 : répartition par type de véhicules des émissions de CO₂ sur le périmètre PdM.....	33
Figure 28 : Impact de la mise en place des actions PdM sur émissions de CO₂ de la situation de référence 2040.....	34
Figure 29: Evolution des émissions sur le périmètre PdM des territoires lyonnais entre 2018 et 2040 (tendanciel/actions PdM)	35
Figure 30 : Moyennes annuelles des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ en µg/m³ modélisées pour la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM	37
Figure 31 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO₂ en µg/m³ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM	37
Figure 32 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO₂ en µg/m³ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040, zoom sur l'Agglomération lyonnaise	38
Figure 33 : Distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote NO₂ pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM	39
Figure 34 : Expositions moyennes au dioxyde d'azote NO₂ (IPP) pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM et les 3 zones du découpage territorial	39
Figure 35 : Moyennes annuelles des concentrations en particules fines PM10 en µg/m³ déterminées pour la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM	40
Figure 36 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM10 en µg/m³ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM	41
Figure 37 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM10 en µg/m³ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040, zoom sur l'Agglomération lyonnaise	41
Figure 38 : Distribution de l'exposition de la population aux particules fines PM10 pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM	43

Figure 39 : Expositions moyennes aux particules fines PM10 (IPP) pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM et les 3 zones du découpage territorial	43
Figure 40 : Moyennes annuelles des concentrations en particules fines PM2,5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ déterminées pour la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM	44
Figure 41 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM2,5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM	45
Figure 42 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM2,5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040, zoom sur l'Agglomération lyonnaise	45
Figure 43 : Distribution de l'exposition de la population aux particules fines PM2,5 pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM.....	47
Figure 44 : Expositions moyennes aux particules fines PM2,5 (IPP) pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM et les 3 zones du découpage territorial	47
Figure 45 : Répartition par carburant des VP entrant tendanciuellement dans le parc avec les hypothèses nationales CITEPA v2024 et avec la prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035	54
Figure 46 : Répartition par carburant des VUL entrant tendanciuellement dans le parc avec les hypothèses nationales CITEPA v2024 et avec la prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035	55
Figure 47 : Répartition par vignettes Crit'air des parcs VP et VUL en 2018 et 2040 avec ou sans prise en compte de l'interdiction de vente des VL en 2035	55
<i>Figure 48 : Répartition par type de véhicules des émissions de NOx sur le périmètre PdM en 2018 et 2040, avec et sans prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035.....</i>	<i>56</i>
<i>Figure 49 : Répartition par type de véhicules des émissions de NOx sur le périmètre PdM en 2018 et 2040, avec et sans prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035.....</i>	<i>57</i>
Figure 50 : Répartition par type de véhicules des émissions de PM2,5 sur le périmètre PdM en 2018 et 2040, avec et sans prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035	58
Figure 51 : Répartition par type de véhicules des émissions de CO ₂ sur le périmètre PdM en 2018 et 2040, avec et sans prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035	59
Figure 52: Répartition par type de véhicules des émissions de NOx sur l'Agglomération lyonnaise, l'Ouest lyonnais et le Beaujolais	60
Figure 53: Répartition par type de véhicules des émissions de PM10 sur l'Agglomération lyonnaise, l'Ouest lyonnais et le Beaujolais	61
Figure 54: Répartition par type de véhicules des émissions de PM2,5 sur l'Agglomération lyonnaise, l'Ouest lyonnais et le Beaujolais	62
Figure 55: Répartition par type de véhicules des émissions de CO2 sur l'Agglomération lyonnaise, l'Ouest lyonnais et le Beaujolais	63
Figure 56: Evolution tendancielle entre 2018 et 2040 des concentrations moyenne en NO ₂	64
Figure 57: Evolution tendancielle entre 2018 et 2040 des concentrations moyenne en PM10.....	65
Figure 58: Evolution tendancielle entre 2018 et 2040 des concentrations moyenne en PM2,5.....	65

Introduction

Le Plan De Mobilité (PdM) de l'Agglomération lyonnaise définit les grands principes d'organisation de la mobilité des personnes, du transport des marchandises, de la circulation et du stationnement. Il vise notamment à améliorer la gestion des déplacements des habitants tout en conciliant le respect de l'environnement et la protection de leur santé.

Cet outil de planification qui a une portée à court et moyen termes, est issu de la Loi d'Orientations des Mobilités (LOM) n°2019-1428 du 24 décembre 2019. La loi définit deux types de PdM :

- Le PdM établi sur le ressort territorial de l'Autorité Organisatrice des Mobilités (AOM) pour les territoires de plus de 100 000 habitants (obligatoire) ;
- Le PdM simplifié (ex : Plan de Mobilité Rural) pour les villes moyennes et les territoires ruraux de moins de 100 000 habitants (volontaire).

Dans le cas de l'Agglomération lyonnaise, c'est l'AOM SYTRAL Mobilités, créée le 1^{er} janvier 2022, qui a la charge d'établir le PdM. Ce plan couvre la période 2025 – 2040 sur le ressort territorial de l'AOM.

Les actions définies par le PdM modifient les volumes de trafic et donc les émissions de polluants sur les axes routiers de l'agglomération.

Afin d'intégrer au mieux les enjeux de qualité de l'air parmi les critères du Plan De Mobilité, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a accompagné SYTRAL Mobilités dans sa démarche d'élaboration du PdM des territoires lyonnais.

Dans un premier temps, des données de qualité de l'air ont été fournies à Mosaïque Environnement, bureau d'études en charge de l'accompagnement de l'AOM, afin d'établir un diagnostic environnemental.

Dans un second temps, des études prospectives ont été réalisées pour mesurer l'impact des mesures prises dans le PdM sur les polluants atmosphériques et les gaz à effet de serre.

Les simulations réalisées dans le cadre de cette étude ont ainsi permis d'évaluer principalement l'impact sur les émissions de polluants atmosphériques de la situation suivante : « scénario PdM 2040 / scénario référence 2040 ». Des données sont détaillées également pour les situations suivantes :

- Entre la situation de référence 2018 et la situation de référence à horizon 2040 (scénario « référence »),
- Entre la situation de référence 2018 et la situation « PdM » à horizon 2040 (scénario « PdM »).

L'impact du PdM sur les concentrations et l'exposition de la population a également été étudié pour les scénarios suivants :

- Entre les scénarios « PdM 2040 » et « référence 2040 » pour les concentrations en polluants atmosphériques
- Entre les scénarios « référence 2018 », « référence 2040 » et « PdM 2040 » pour la population exposée.

1. Contexte général

1.1. Qu'est qu'un PdM ?

Tout territoire de plus de 100 000 habitants doit établir un Plan de Mobilité (PdM) d'après la loi LOM (2019). Ce document cadre régit l'organisation de la mobilité des personnes et du transport des marchandises, la circulation et le stationnement sur le ressort territorial de l'AOM.

Sur les territoires lyonnais, c'est l'AOM SYTRAL Mobilités qui a à sa charge l'élaboration du plan. Pour se faire, elle doit tenir compte de la diversité des composantes du territoire, ainsi que des besoins de la population, en lien avec les collectivités territoriales limitrophes.

Le PdM vise à contribuer à la diminution des émissions de gaz à effet de serre liées au secteur des transports, selon une trajectoire cohérente avec les engagements de la France. Ces engagements portent sur le changement climatique, la lutte contre la pollution de l'air et la pollution sonore, ainsi que la préservation de la biodiversité.

Ce document de planification est établi pour la période 2025-2040. Il sera évalué voire révisé tous les 5 ans ou en cas de modification du périmètre du ressort territorial.

Les mesures prises dans le cadre du PdM doivent prendre en compte les autres outils de planification de son périmètre tels que les SCOT, le PPA, les PCAET et le SRADDET. Cet outil de planification des mobilités doit être compatible avec le SRADDET.

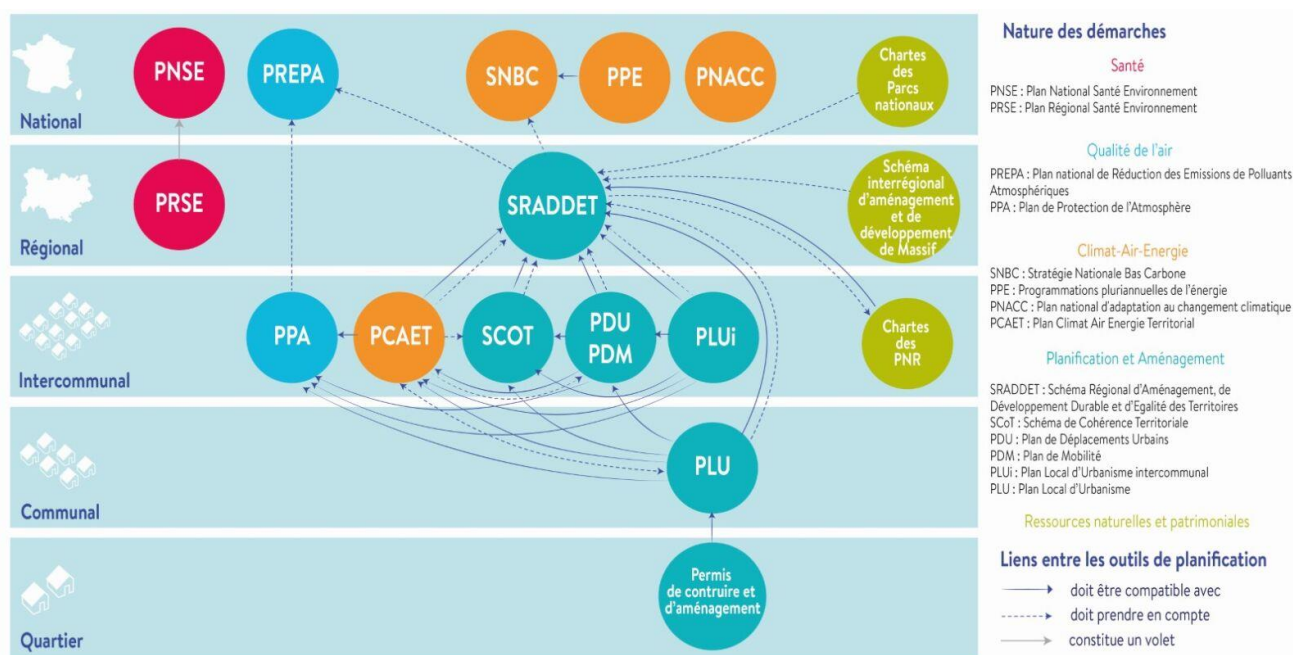


Figure 2: Articulation du PdM avec les autres documents de planification

Le PdM se fait en concertation avec l'ensemble des acteurs institutionnels, économiques et la société civile. Pour faciliter la mise en place du PdM, des instances de suivi sont constituées.

1.2. Le Plan De Mobilité 2025 - 2040

L'élaboration du PdM suit un processus défini qui s'organise de la façon suivante :

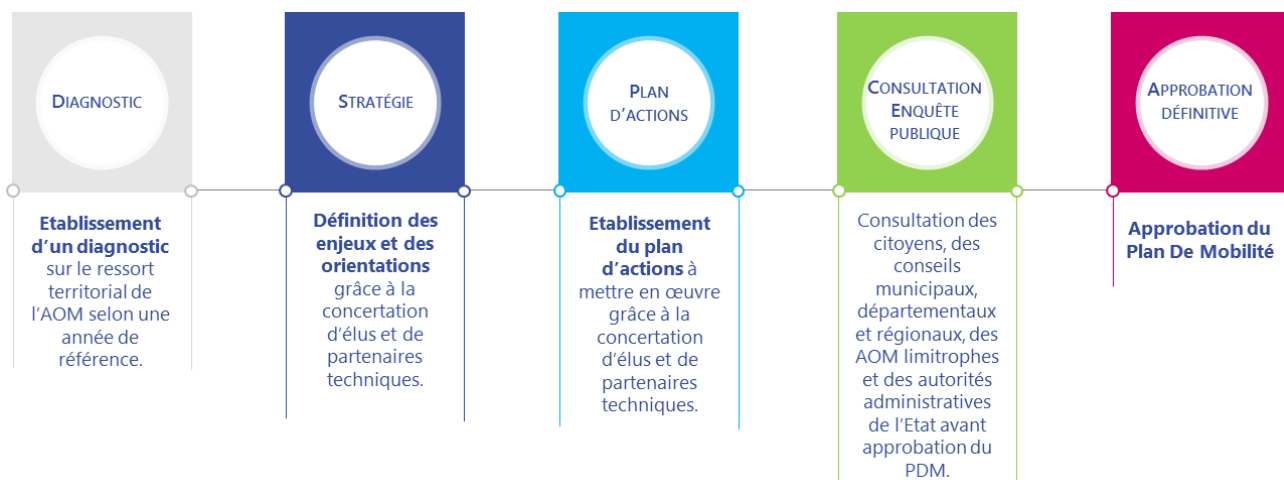


Figure 3: Etapes d'élaboration du PdM

1.3. Le périmètre d'exécution du PdM des territoires lyonnais

Le Plan De Mobilité des territoires lyonnais repose sur le ressort territorial de SYTRAL Mobilités (Figure 4). Ce périmètre se découpe en trois bassins locaux qui comprend :

- L'Agglomération lyonnaise ;
- L'Ouest lyonnais ;
- Le Beaujolais.

C'est sur ce périmètre et ce zonage que repose la présente étude.

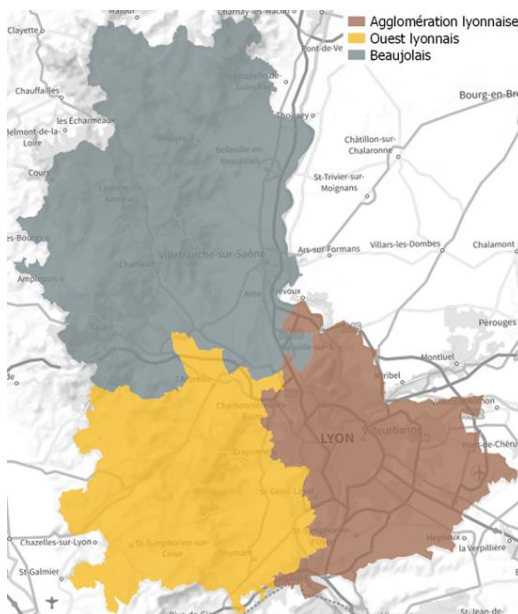


Figure 4: Ressort territorial de SYTRAL Mobilités (2022).

Plus précisément, cela représente le territoire de la Métropole de Lyon et du département du Rhône (hors région de Condrieu), 7 communes de la Loire et 1 commune de l'Ain. Ce vaste territoire se compose de territoires urbains denses, périurbains et ruraux.

Des zooms sont faits à l'échelle des bassins locaux afin de mieux tenir compte des spécificités locales.

1.4. Transports et qualité de l'air

Sur le périmètre de SYTRAL Mobilités, le secteur des transports est à l'origine d'émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre. A lui seul, le transport routier est responsable de 57% des émissions d'oxydes d'azote et d'environ 15% des émissions de particules fines. Comme le montrent les données ci-dessous, le transport routier est le principal émetteur d'oxydes d'azote (NOx).

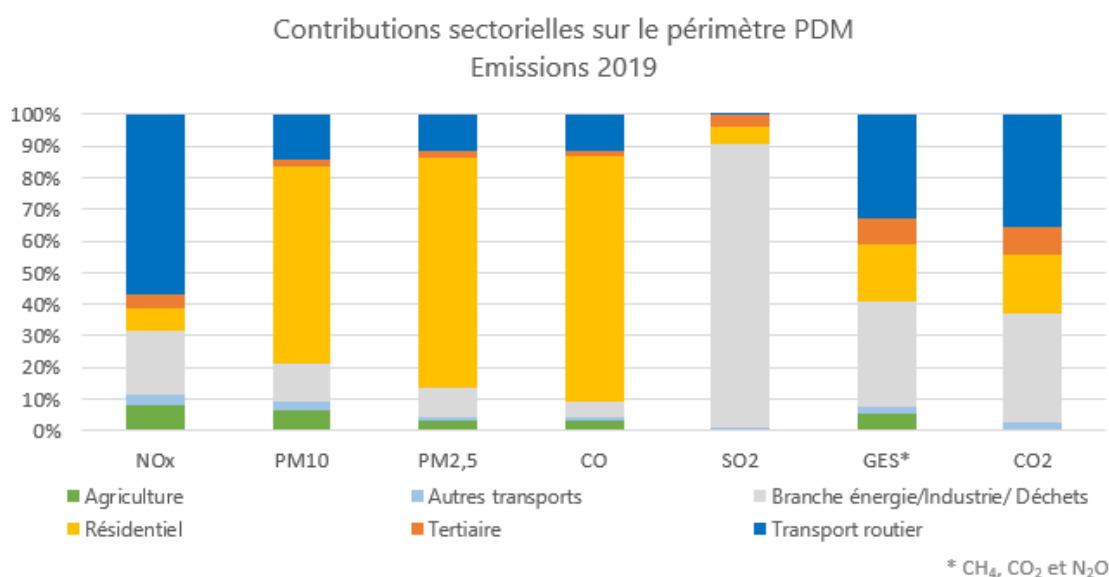


Figure 5 : Contributions sectorielles sur le ressort territorial du PdM des territoires lyonnais
Emissions 2019. (Source : Atmo Auvergne-Rhône-Alpes v2023)

Le secteur des transports représente l'un des principaux leviers d'action pour agir sur les émissions d'oxydes d'azote (NOx). Les principales actions possibles sont les suivantes :

- Favoriser une mobilité moins dépendante de la voiture particulière avec le développement de l'offre de transports en commun, des modes actifs (marche à pied, vélo, etc) ;
- Optimiser le trafic de marchandises en développant des plateformes multimodales et en optimisant les plateformes logistiques ;
- Restreindre l'accès de certaines zones à tous les véhicules, dans l'objectif de créer des zones moins exposées à la pollution.

Le PdM se présente comme un des outils, à la disposition des AOM, pour contribuer aux objectifs de lutte contre le changement climatique et la pollution de l'air et sonore.

2. Le diagnostic « qualité de l'air » du PdM

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a contribué à la 1^{ère} étape de l'élaboration du PdM en tant que fournisseur de données. Cette étape consiste en l'établissement d'un diagnostic global sur le périmètre d'action du PdM. Pour alimenter le diagnostic « air » du ressort territorial, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a fourni les données suivantes :

- Emissions de polluants atmosphériques (en tonnes) pour : le NO_x, les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) ;
- Cartes des moyennes annuelles de concentrations de polluants atmosphériques (en µg/m³) pour : le NO₂, les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) et l'ozone (O₃) ;
- L'exposition de la population (habitants) aux polluants suivants : le NO₂, les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) et l'ozone (O₃).

Ces données ont été fournies, pour l'année 2019, à l'échelle globale du ressort territorial et à l'échelle des 3 bassins locaux de mobilité (Figure 4).

2.1. Les éléments clefs en émissions de polluants atmosphériques

Les activités humaines sont à l'origine de l'émission de nombreux polluants atmosphériques. Parmi elles, le secteur du transport routier contribue fortement à l'émission de certains polluants spécifiques.

Les oxydes d'azote NO_x

Les NO_x sont considérés comme le marqueur de la pollution routière. En 2019, le transport routier est responsable de 57% des émissions de NO_x tout secteur confondu sur le périmètre de SYTRAL Mobilités (Figure 5). Cette tendance se retrouve pour chaque bassin du périmètre de SYTRAL Mobilités.

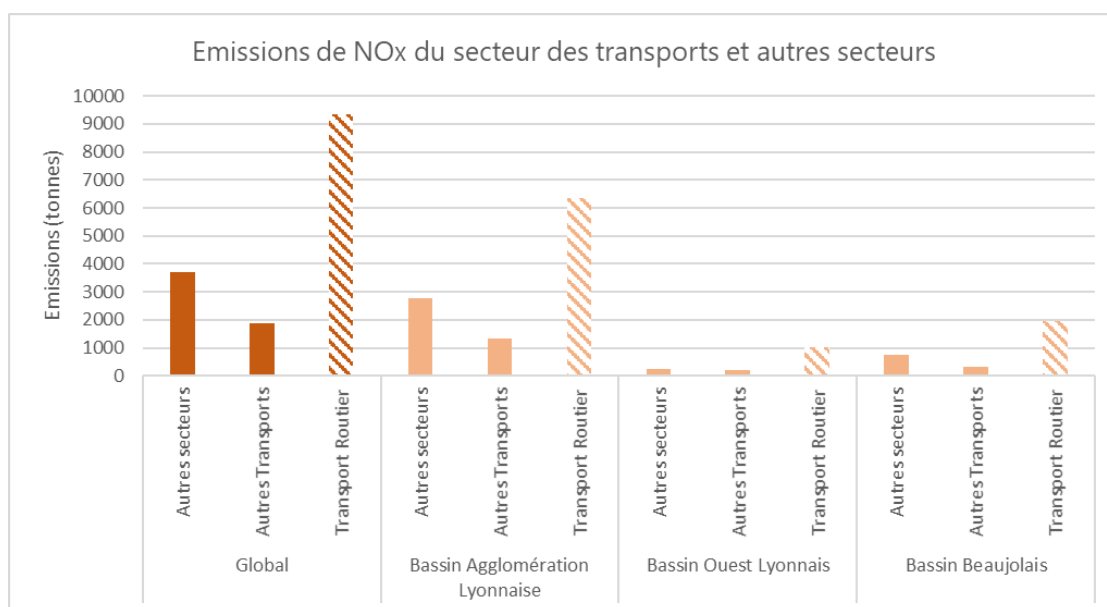


Figure 6: Emissions de NO_x en 2019 sur le ressort territorial (tonnes)

Le bassin « Agglomération lyonnaise » est le bassin présentant le trafic routier le plus dense. Il représente 68% des émissions de NO_x liées au transport routier du territoire PdM (Figure 7).

Cette tendance est légèrement plus élevée (74%) pour les émissions dues aux autres secteurs d'activités.

Les autres territoires du PdM présentent une densité de population plus faible et un trafic moindre. Leur implication dans les émissions de NO_x est donc nettement inférieure.

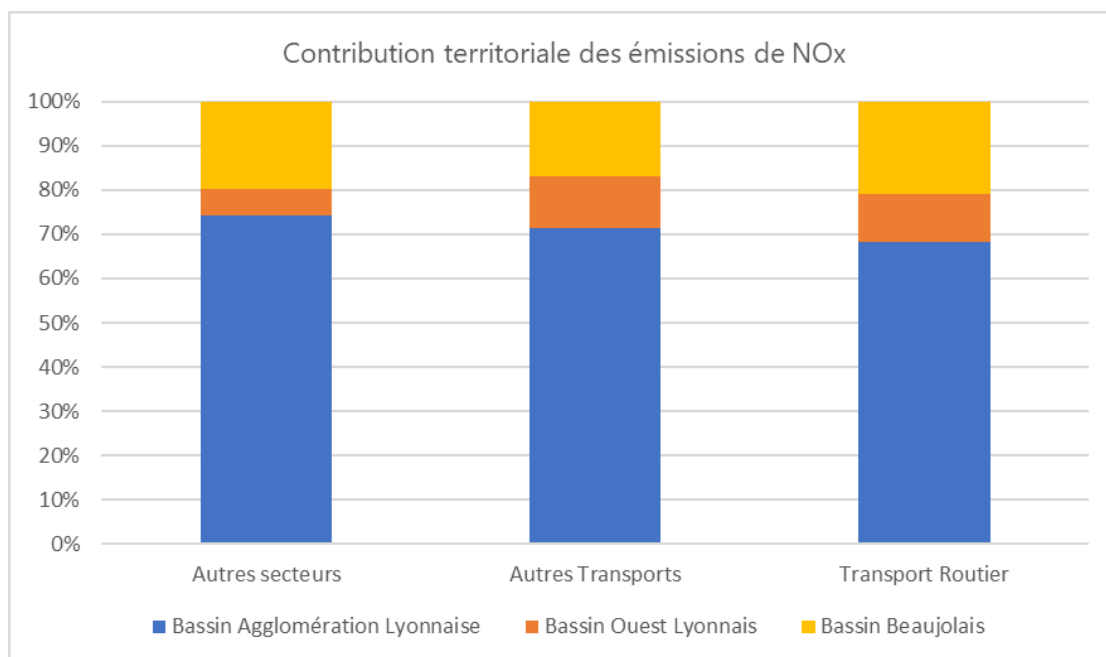
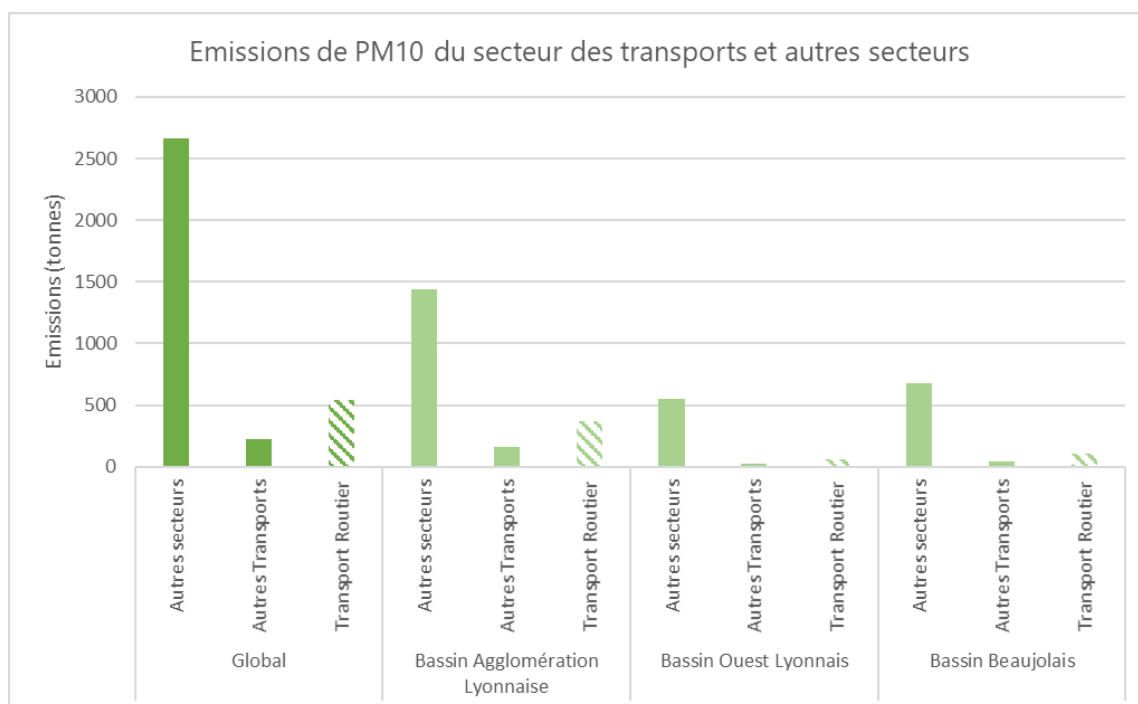


Figure 7: Contribution territoriale des bassins territoriaux en 2019 dans les émissions de NOx

Les particules fines PM10 et PM2,5

Les particules fines sont considérées comme le marqueur de la pollution liée au chauffage individuel au bois non performant. La majorité de ces émissions est donc due au secteur « résidentiel ». Les tendances observées à l'échelle du PdM sont cohérentes avec ce constat (Figure 8).

En 2019, le transport routier est responsable de 16% des émissions de PM10 et 15% des émissions de PM2,5 tout secteur confondu sur le périmètre du PdM (Figure 8).



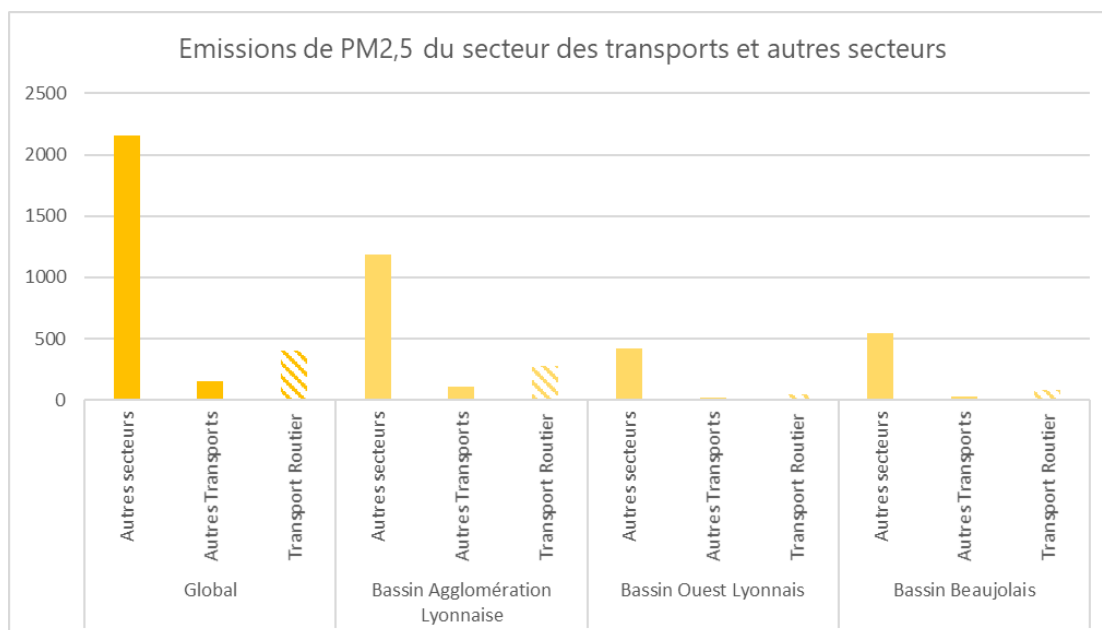
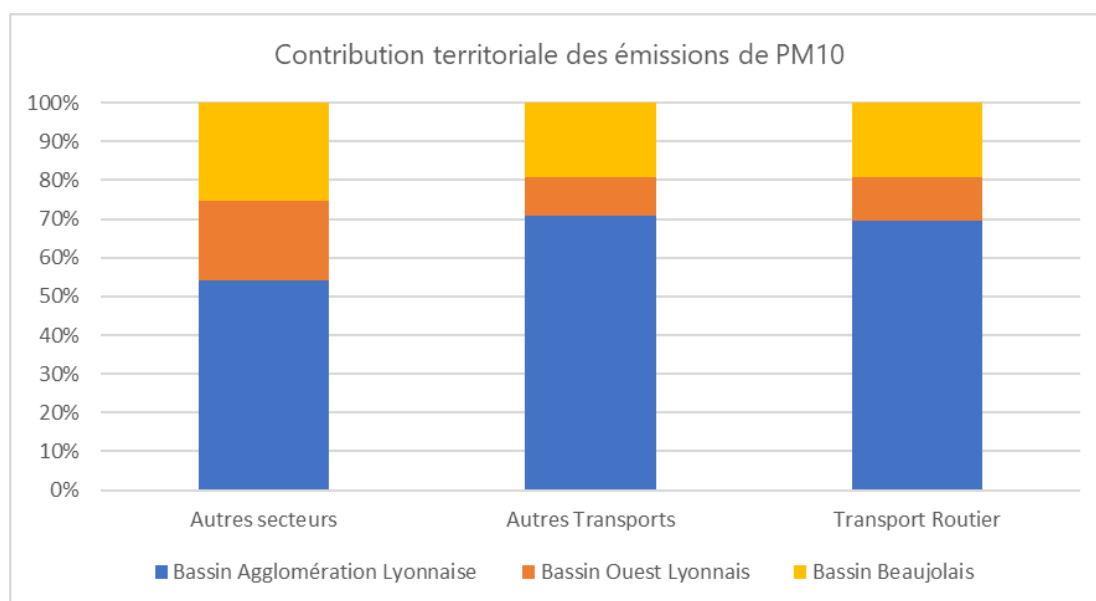


Figure 8: Emissions de PM10 et PM2,5 en 2019 sur le ressort territorial

Le bassin « Agglomération lyonnaise » représente 69% des émissions de PM10 et 69% des émissions de PM2,5 liées au transport routier du territoire PdM (Figure 9).

Pour les émissions de PM10 et de PM2,5 liées aux autres secteurs d'activités, cette tendance géographique est sensiblement plus faible. En effet sur le territoire du PdM, l'Agglomération lyonnaise est responsable de 54% des émissions de PM10 et 55% des émissions de PM2,5. Les autres territoires du PdM présentent un usage du chauffage au bois individuel plus important qu'en zone urbaine dense à population équivalente. Leur implication dans les émissions de PM2,5 pour les autres secteurs est donc plus prononcée.



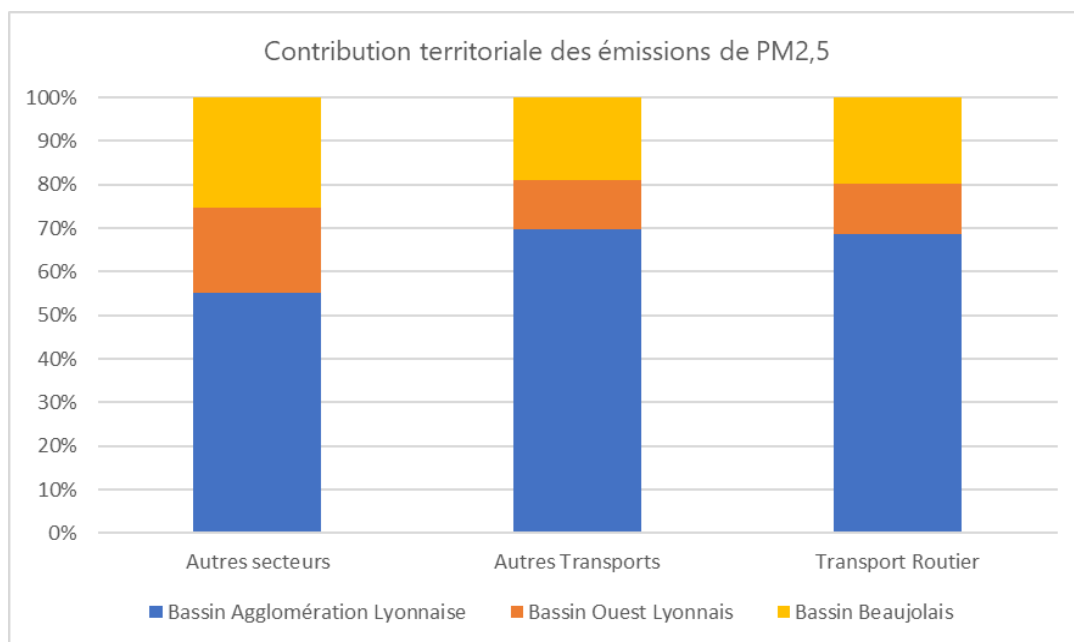


Figure 9: Contribution territoriale des bassins territoriaux en 2019 dans les émissions de PM10 et PM2,5

Le dioxyde de carbone CO₂

Le CO₂ est un gaz à effet de serre qui provient de diverses sources anthropiques et naturelles. Actuellement, la majorité des émissions, entre 70% et 90%, proviennent de la combustion des énergies fossiles. Le secteur du transport peut être un fort contributeur des émissions de ce GES selon le territoire.

En 2019, le transport routier est responsable de 34% des émissions de CO₂ tout secteur confondu sur le périmètre de SYTRAL Mobilités (Figure 10). Cette tendance est légèrement différente selon le bassin géographique. La contribution du transport routier pour les émissions de CO₂ est de :

- 37% dans le bassin de « l'Agglomération lyonnaise »,
- 55% dans le bassin « Ouest lyonnais »
- et de 23% dans le bassin « Beaujolais ».

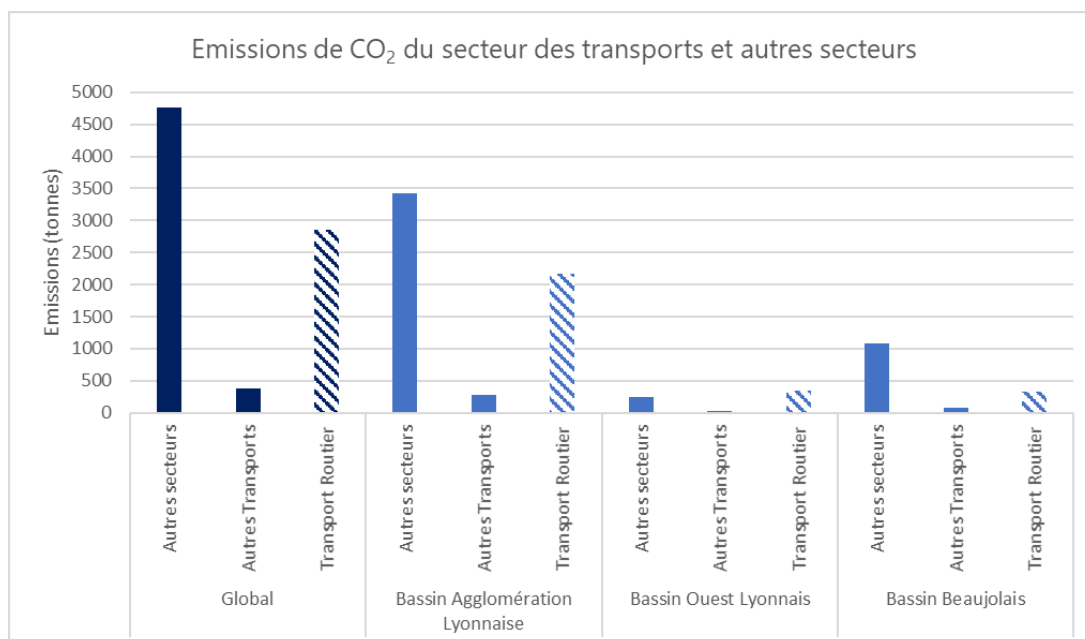


Figure 10: Emissions de CO₂ en 2019 sur le ressort territorial

Le bassin « Agglomération lyonnaise » représente 76% des émissions de CO₂ liées au transport routier du territoire PdM (Figure 11).

Cette tendance géographique est visible également pour les émissions de CO₂ dues aux autres secteurs d'activités. En effet sur le territoire du PdM, 72% des émissions de CO₂ émises par d'autres activités que le transport sont portées par le bassin lyonnais. Les autres territoires du PdM présentent une densité de population plus faible et un trafic moindre. Leurs implications dans les émissions de CO₂ tous secteurs sont donc plus faibles.

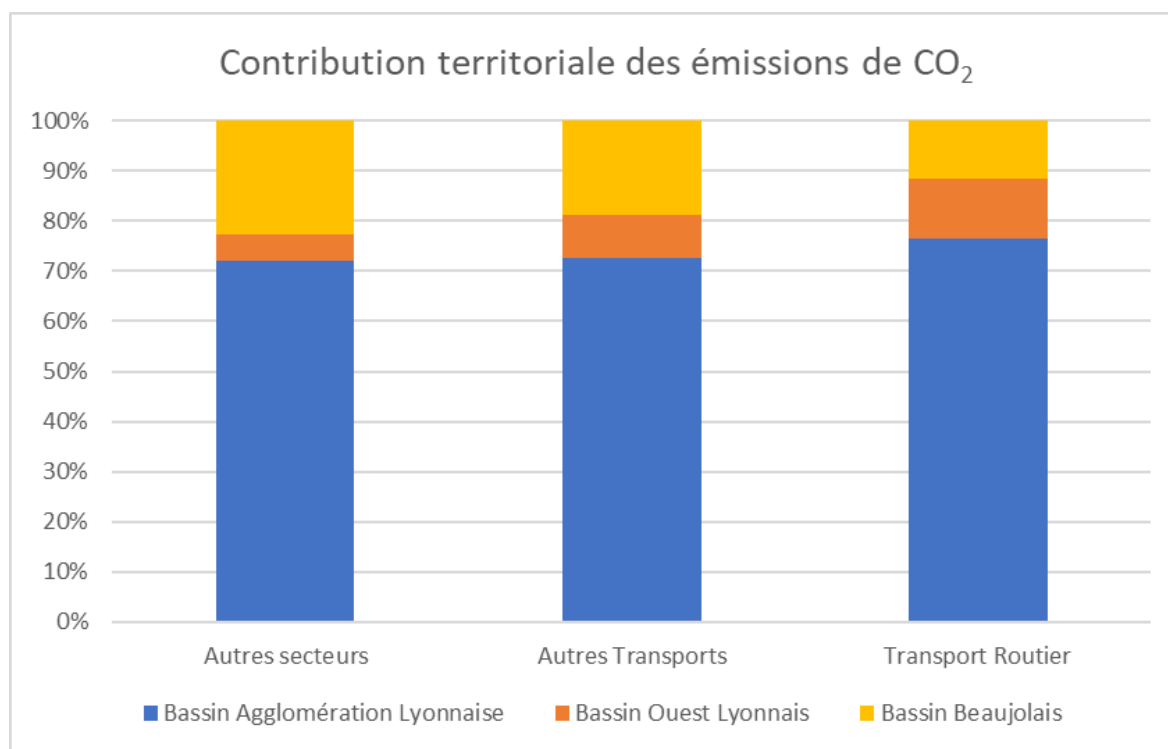


Figure 11: Contribution territoriale des bassins territoriaux en 2019 dans les émissions de CO₂

2.2. Les éléments clefs en concentrations et exposition de la population

Les éléments détaillés dans les parties suivantes se concentrent sur les données en dioxyde d'azote, principal marqueur de la circulation routière. Pour les autres polluants, les informations sont synthétisées dans l'étude et détaillées en annexe.

2.2.1. Concentrations en polluants atmosphériques

Le dioxyde d'azote NO₂

Le dioxyde d'azote NO₂ se concentre principalement dans les cœurs urbains et au niveau des axes structurants. Sa présence à des niveaux de concentrations élevées (>20 µg/m³) est corrélée avec le trafic. Sur le périmètre d'exécution du PdM, l'Agglomération lyonnaise est le bassin présentant les concentrations les plus élevées, avec des dépassements de la valeur réglementaire (40µg/m³).

Sur le bassin « Beaujolais » et le bassin « Ouest lyonnais », seuls les axes structurants tels que les autoroutes, les nationales et les départementales présentent des niveaux élevés de NO₂.

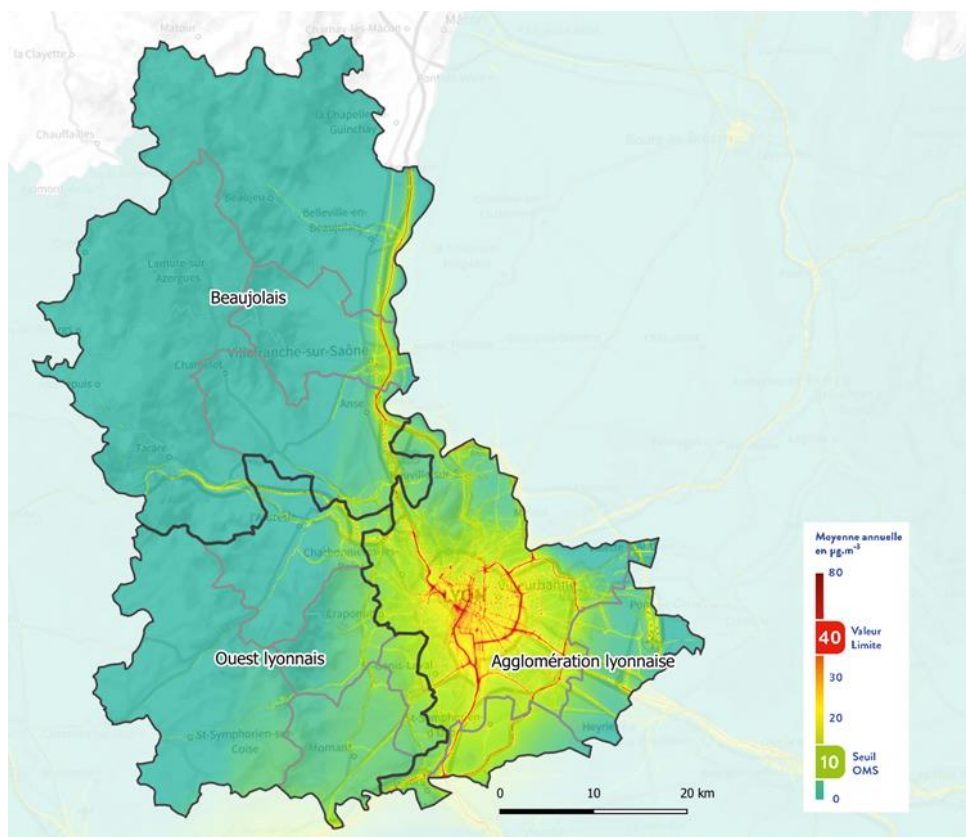


Figure 12: Carte annuelle 2019 en dioxyde d'azote à l'échelle du ressort territorial.

Les particules fines PM10 et PM2,5

La pollution aux particules fines a un comportement différent de la pollution au NO₂. C'est une pollution plus diffuse contrairement au NO₂ qui se concentre sur les zones à trafic dense. Comme présenté en Figure 5, les particules fines sont émises à hauteur de 15% par le secteur des transports. La cause principale d'émissions de ces polluants est le secteur résidentiel, et plus spécifiquement le chauffage individuel au bois non performant.

Sur le territoire du PdM des territoires lyonnais, les concentrations en particules fines sont plus importantes sur le bassin de l'Agglomération lyonnaise cependant, celles-ci restent globalement en deçà des valeurs réglementaires. Seules quelques portions des axes structurants présentent des concentrations autour des valeurs réglementaires pour les PM10 (25 µg/m³) et pour les PM2,5 (45 µg/m³).

Les cartes annuelles 2019 en PM10 et PM2,5 sont consultables en [annexe 1](#).

L'Ozone O₃

L'ozone est un polluant atmosphérique dit secondaire. Il se forme à partir de NO_x et de Composés Organiques Volatils (COV) présents dans l'atmosphère sous l'effet des rayonnements Ultra-Violet (UV). Ces deux polluants sont des polluants primaires issus des activités humaines. Le secteur des transports est donc un levier essentiel dans la lutte contre la pollution à l'ozone.

Des dépassements de la valeur réglementaire (18 jours/an avec une moyenne sur 8h > 120µg/m³) sont observés sur la quasi-totalité du territoire. Les zones urbaines et le nord du territoire présentent le nombre de jours de dépassement le plus bas.

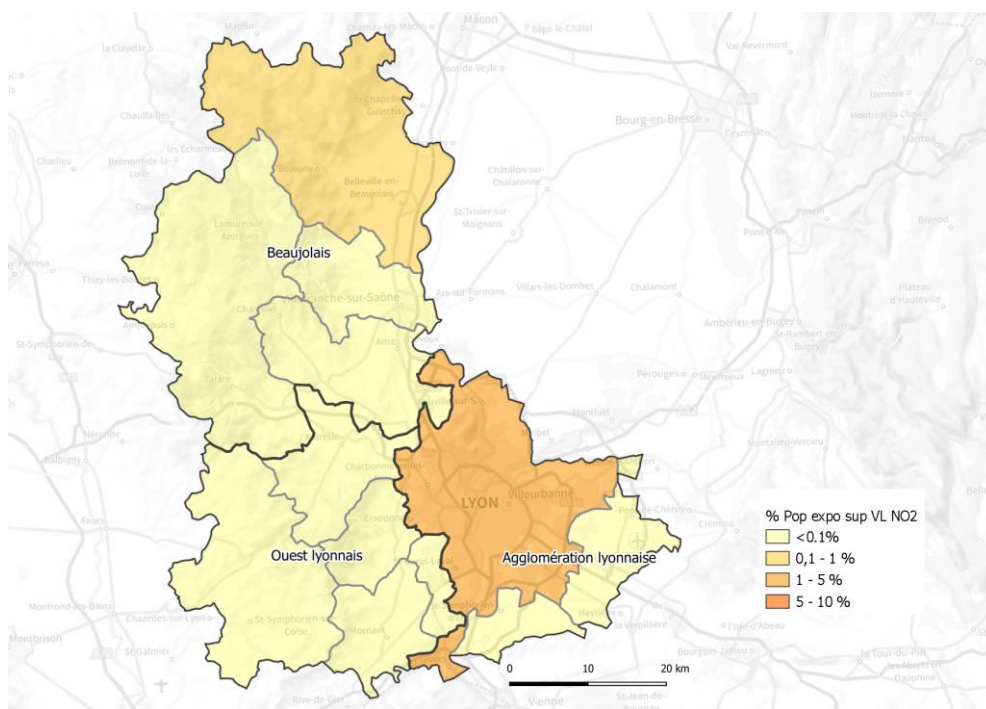
La carte annuelle 2019 en O₃ est consultable en [annexe 2](#).

2.2.2. Expositions de la population aux polluants atmosphériques

Le dioxyde d'azote

La population de chaque bassin du ressort territorial est exposée à des dépassements de la valeur réglementaire de manière différente (Figure 13). Dans l'Agglomération Lyonnaise, 1 à 5% de la population est exposée à des concentrations supérieures à la valeur réglementaire concernant le NO_2 ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2019. Cela s'explique par une densité de population et un trafic routier dense.

Sur les territoires moins denses, la population exposée à des dépassements de la valeur réglementaire se situe à proximité d'axes structurants (départementales/nationales). Le bassin « Ouest lyonnais » est le bassin présentant la population la moins exposée (<0.1%).



Le dioxyde d'azote a des effets avérés sur la santé. C'est un gaz irritant pour les bronches, il augmente la fréquence et la gravité des crises d'asthme. D'après une étude de Santé Publique France (EQIS Régional), les décès prématurés sur la région Auvergne-Rhône-Alpes liés à l'exposition de la population au NO_2 s'élève à 2 000 décès prématurés/an.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) fixe donc des recommandations en termes de pollution atmosphérique et de santé. Les concentrations observées, au-delà des seuils recommandés par l'OMS, ont des effets néfastes avérés sur la santé. Pour le dioxyde d'azote NO_2 , le seuil recommandé par l'OMS est fixé à $10\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En 2019, seule la communauté d'agglomération de l'ouest rhodanien a son exposition de la population à des concentrations en NO_2 supérieures au seuil OMS comprise 25 et 50 %.

Pour les autres EPCI du périmètre d'étude, cette exposition est comprise entre 75% et 100% de la population. Il est à noter que l'ensemble de la population du bassin « Agglomération lyonnaise » est exposé à des concentrations en NO_2 supérieures au seuil OMS de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$.

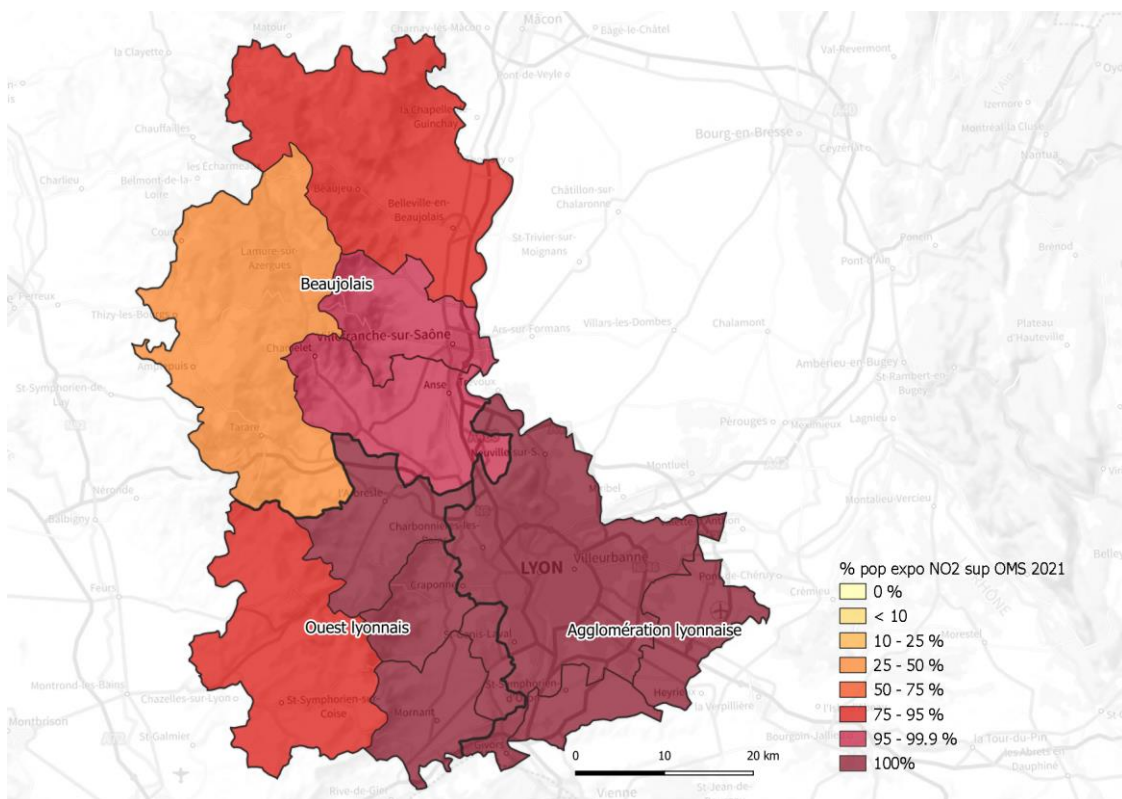


Figure 14: Exposition de la population inter-communale à des concentrations en NO₂ supérieures au seuil OMS (10µg/m³) en 2019.

Le dioxyde d'azote est également un précurseur de l'ozone O₃.

Les particules fines PM₁₀ et PM_{2,5}

Sur le périmètre d'étude, aucune population n'est exposée à des dépassements des valeurs réglementaires annuelles pour les PM₁₀ et PM_{2,5} fixées respectivement à 40 µg/m³ et 25 µg/m³.

Les cartes d'exposition de la population à des concentrations supérieures aux seuils réglementaires pour les PM_{2,5} et PM₁₀ en 2019 sont consultables en [annexe 3](#).

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) fixe des recommandations en termes de pollution atmosphérique et de santé. Les concentrations observées, au-delà des seuils recommandés par l'OMS, ont des effets néfastes avérés sur la santé. Pour les PM₁₀, le seuil recommandé est fixé à 15 µg/m³. Il est de 5 µg/m³ pour les PM_{2,5}. En effet, les particules fines provoquent des irritations des voies respiratoires et augmentent les risques cardiaques. Certains types de particules sont cancérigènes et mutagènes. Elles favorisent les troubles de la reproduction et du développement de l'enfant. Deux facteurs influent leur dangerosité : leur taille et leur pouvoir oxydant.

D'après une étude de Santé Publique France (EQIS Régional), les décès prématurés liés à l'exposition de la population aux PM_{2,5} s'élève à 4 300 décès prématurés/an sur la région.

Les cartes d'exposition de la population à des concentrations supérieures aux seuils recommandés par l'OMS pour les PM_{2,5} et PM₁₀ en 2019 sont consultables en [annexe 4](#).

3. Evaluation de l'impact du PdM sur la qualité de l'air

3.1. Méthodologie d'évaluation des émissions et données utilisées

3.1.1. Méthodologie générale

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes développe et enrichit en continu depuis près de vingt ans un inventaire régional des émissions.

Les méthodes utilisées suivent les guides méthodologiques européens (EMEP/EEA), nationaux (CITEPA/OMINEA) et régionaux (guide méthodologique du Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux), qui décrivent, pour toutes les activités susceptibles d'émettre des polluants dans l'atmosphère, les méthodes pour générer les données d'activités les plus fiables possibles.

Le calcul des émissions liées au trafic routier est effectué sur l'ensemble du territoire à l'aide de l'outil MOCAT (MOdèle de CALCul des émissions du Transport routier) développé par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (Figure 15).

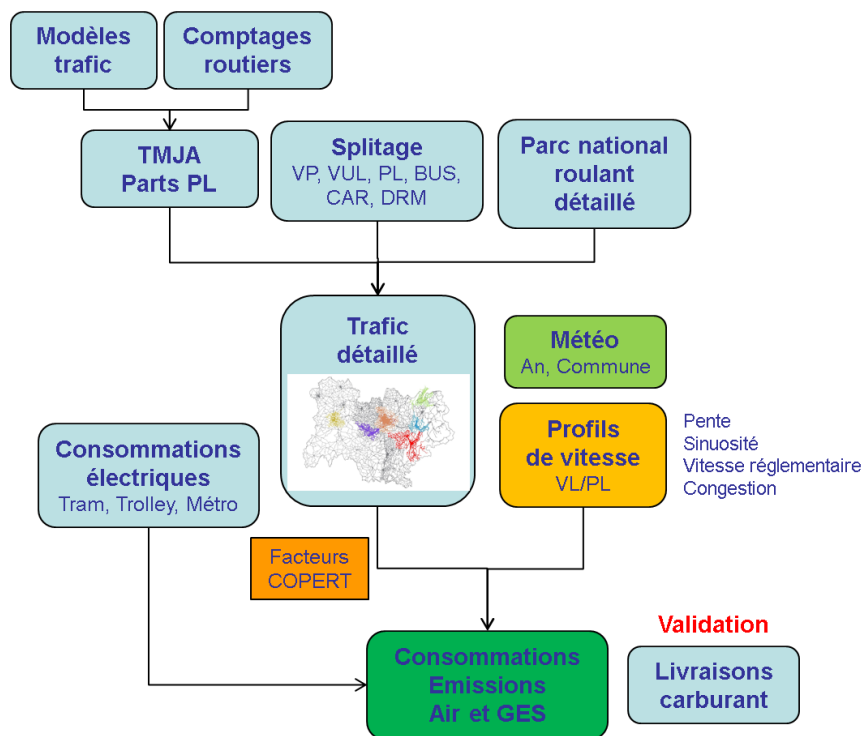


Figure 15 : Organisation générale de l'outil MOCAT

Plusieurs données d'entrée sont nécessaires :

- Données liées aux volumes de trafic (modèle trafic, comptages routiers) ;
- Données liées au réseau routier (pente, sinuosité des axes, vitesses réglementaires, ...) ;
- Données liées au parc de véhicules roulant sur le réseau.

La combinaison de ces sources permet de décrire précisément la nature du trafic routier sur le réseau routier de la zone d'étude.

Les émissions routières sont ensuite obtenues en affectant à chaque type de véhicules un facteur d'émission dépendant du polluant, de la vitesse, voire de la température (surémission à froid), de la pente/sinuosité de la route. Ces facteurs sont principalement issus du programme européen COPERT 5.4.36 de l'EEA¹.

Les différentes sources d'émissions routières sont les suivantes :

- **Échappement** : les émissions à chaud (lorsque le moteur a atteint sa température de croisière) sont calculées pour l'ensemble des véhicules, tandis que les surémissions à froid (premiers kilomètres d'un trajet) ne sont évaluées que pour les véhicules légers et VUL. Un profil annuel moyen de température est estimé par commune pour évaluer au mieux ces surémissions à froid ;
- **Abrasion** : il s'agit des émissions de particules (ainsi que certains métaux) dues à l'usure des pneus, plaquettes de freins, ainsi que la route. L'abrasion est généralement plus élevée en agglomération, ainsi que pour les véhicules lourds (PL, bus et autocars) ;
- **Resuspension** : il s'agit des particules déposées sur la chaussée qui sont remises en suspension lors du passage des véhicules. Par convention, ces émissions ne sont pas directement intégrées aux bilans massiques d'émissions pour éviter un double compte, toutefois leur évaluation est utile pour alimenter les modèles de dispersion ;
- **Évaporation** : concerne les émissions de COVNM dues à l'évaporation de l'essence lors des phases d'arrêt et du stationnement des véhicules.

3.1.2. Données et hypothèses de calculs

Données trafic

Les volumes de trafic utilisés proviennent du modèle trafic MODELy, fourni par le bureau d'études Egis par type de véhicule.

Hypothèses parcs

Afin de décrire au mieux les véhicules roulant sur le territoire en 2040, un parc local de véhicules est créé à partir des hypothèses les plus récentes disponibles au moment de l'étude.

Pour les véhicules particuliers (VP), Véhicules Utilitaires Légers (VUL) et Poids Lourds (PL), les données du parc SDES² sont utilisées. Elles décrivent les véhicules immatriculés sur chaque commune du périmètre PdM au 01/01/2023 par carburant et par vignette Crit'Air.

Ce parc est raffiné par cylindrée/PTAC³ à partir du parc national CITEPA v2023 (données officielles).

La projection tendancielle à 2040 de ce parc statique se fait grâce à l'outil MOCAT Parc développé par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Cet outil permet de croiser différentes hypothèses afin de décrire la part des véhicules sortant et entrant du parc à chaque échéance :

- Les hypothèses de survie des véhicules par rapport à leur âge sont issues des hypothèses nationales AME⁴ v2024 ;
- Le taux de renouvellement des VUL et VP est fixé à 95% afin de prendre en compte la baisse annuelle de 0.5% du nombre total de VP et VUL immatriculés ces dernières années sur le périmètre du PdM ;
- La répartition des véhicules neufs entrant tendanciellement selon leur motorisation est établie à partir :
 - Des ventes nationales 2022-2023 de véhicules neufs ;
 - Des hypothèses nationales AME V2024 ;

¹ Agence européenne pour l'environnement

² Service des Données et Etudes Statistiques auprès des ministères chargés de l'environnement, de l'énergie, de la construction, du logement et des transports.

³ Poids Total en Charge Autorisé

⁴ Scénario Avec Mesures Existantes au 31/12/2021

- Ajustées avec l'intégration de l'interdiction à la vente des VL thermiques en 2035 (hypothèse non prise en compte dans les hypothèses nationales AME v2024).

Les dernières hypothèses d'évolution tendancielle officielles du CITEPA ne prennent pas en compte la mesure d'interdiction de vente des véhicules légers (VL) thermiques en 2035. En effet, elles ne prennent en compte que les mesures actées au 31/12/2021. Afin que le parc de véhicules utilisé pour l'évaluation du PdM de Lyon en 2040 intègre cette mesure, les hypothèses CITEPA v2024 sont ajustées afin d'obtenir un renouvellement des VP et VUL à 100% vers des véhicules électriques à partir de 2035.

Un test de sensibilité a été fait sur la référence 2040 avec les hypothèses tendancielle officielles du CITEPA v2024 (n'intégrant pas la mesure de l'interdiction de ventes des thermiques en 2035). Les résultats en émissions correspondants sont disponibles en [annexe 5](#).

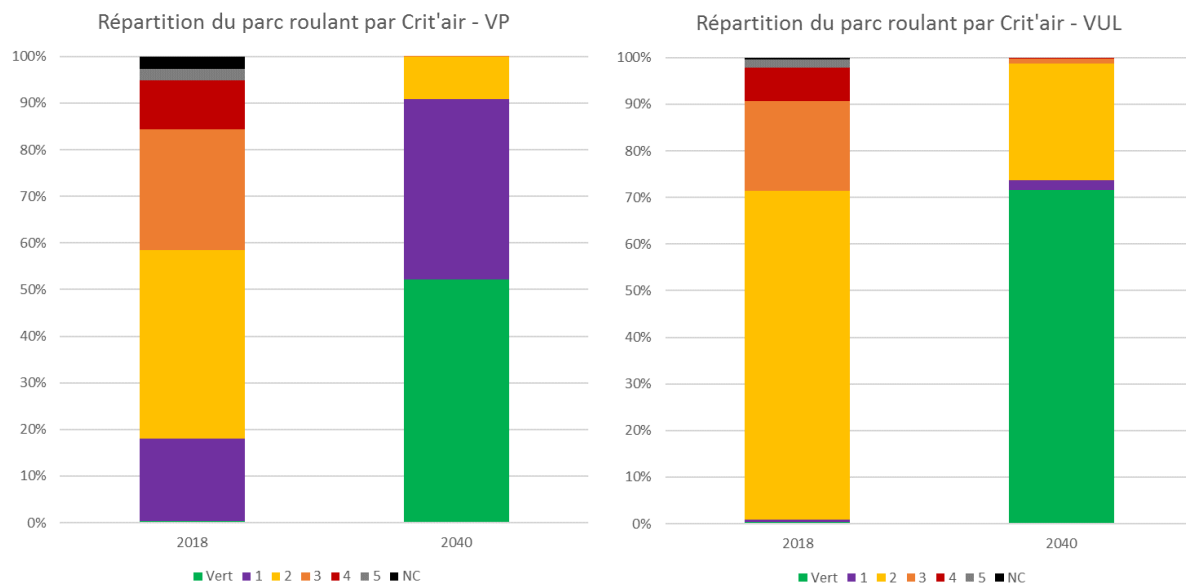
Les parcs de VP, VUL et PL utilisés pour l'évaluation des actions PdM sont présentés à la Figure 16. Entre 2018 et 2040, l'évolution tendancielle du parc de VP, VUL et PL permet une amélioration très importante du parc de véhicules, avec une diminution forte du parc ancien (Crit'Air 3,4,5 et NC) et notamment une disparition complète des Crit'Air 5 et NC.

En 2040, la part de véhicules électriques est de 52% pour les VP et 73% pour les VUL. Les véhicules électriques et Crit'air 1 représentent plus de 90% du parc de VP et 75% des VUL.

Pour les PL, le parc reste majoritairement composé de véhicules diesel Crit'air 2 (75%), dû aux limitations d'offre alternative au diesel, notamment sur les gros véhicules.

Le parc de bus est composé à 50% de véhicules électriques et 50% de véhicules roulant au BioGNV, tandis que le parc d'autocar est composé à 100% de véhicules roulant au BioGNV (hypothèses SYTRAL Mobilités).

Par rapport à 2018, les véhicules circulants en 2040 sont peu émissifs de polluants à l'échappement et donc favorables à de faibles émissions, notamment de NOx grâce à la forte réduction des véhicules diesel présents dans le parc.



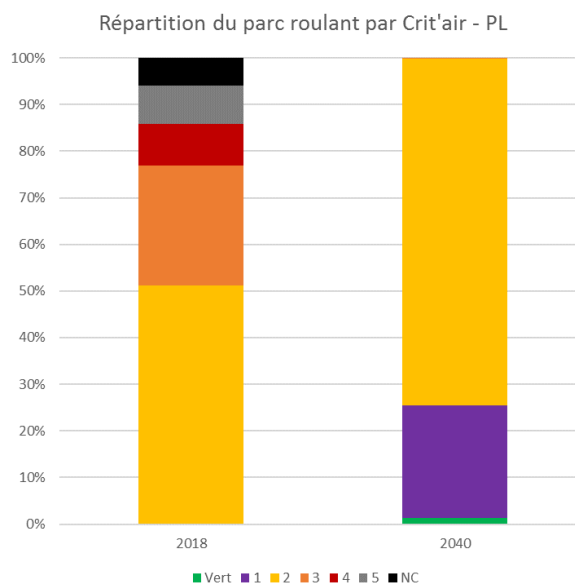


Figure 16 : Répartition par vignettes Crit'air des parcs VP, VUL et PL 2018 et 2040 utilisés pour l'évaluation des actions PdM

Hypothèses sur les agrocarburants

L'hypothèse de part d'agrocarburant intégrée dans le calcul des émissions a une influence sur le calcul du CO₂ fossile. En effet, les émissions de CO₂ provenant d'agrocarburants sont considérées comme des émissions biogéniques et ne sont pas prises en compte dans les objectifs de réductions des émissions de CO₂.

Le Ministère de la Transition Ecologique fournit chaque année des scénarios prospectifs énergie-climat-air. Le scénario AME (« avec mesures existantes ») tient compte des mesures adoptées au 31/12/2021, alors que le scénario AMS (« avec mesures supplémentaires ») présente des mesures futures davantage volontaristes visant à respecter les objectifs de réductions des émissions de gaz à effet de serre.

Pour l'évaluation des actions du PdM, la part d'agrocarburants retenue correspond à la moyenne entre les scénarios AME v2023 et AMS v2023 (Figure 17).

A noter que la flotte GNV de bus et cars du SYTRAL roulera avec 100% de BioGNV à l'horizon 2040.

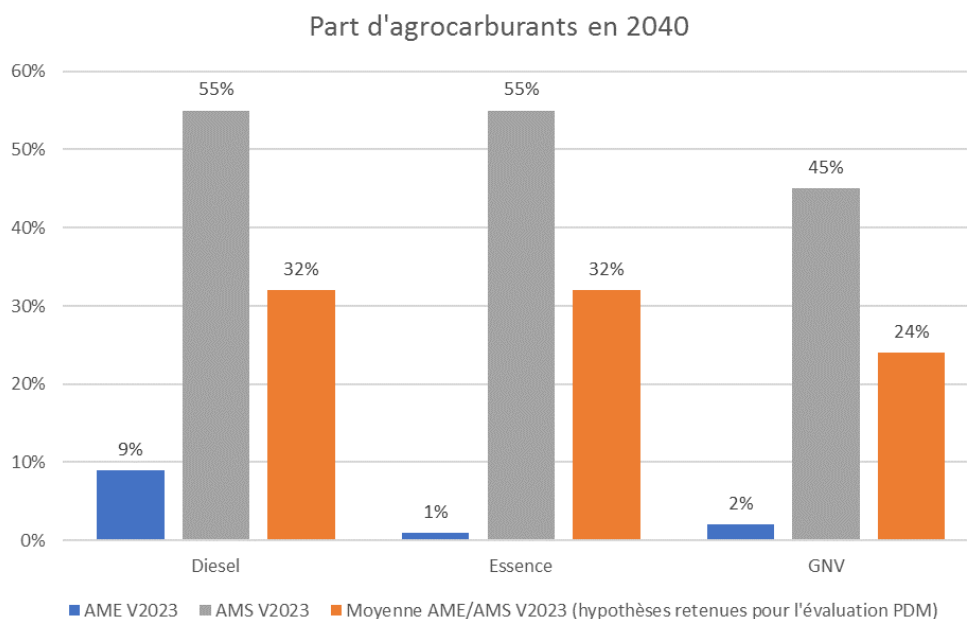


Figure 17 : Hypothèses sur les agrocarburants retenues

3.2. Méthodologie de modélisation des concentrations et de calcul de l'exposition des populations

3.2.1. Modélisation et évaluation de l'impact sur les concentrations

La chaîne de modélisation utilisée pour évaluer l'impact du PdM des territoires lyonnais sur la qualité de l'air intègre plusieurs échelles spatiales.

La méthode développée par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes combine les résultats du modèle méso-échelle de chimie-transport CHIMERE⁵, dont les résultats bruts sont corrigés géostatistiquement à partir des concentrations mesurées par les stations de mesures du réseau et le modèle à fine échelle (10 mètres) de dispersion en milieu urbain SIRANE⁶, développé par l'Ecole Centrale de Lyon.

Ces modèles de dispersion atmosphérique prennent en compte de nombreux paramètres afin de caractériser au mieux la qualité de l'air en tout point du territoire : les conditions météorologiques, les émissions polluantes (dont celles du trafic de proximité), la description des rues et du bâti, les mesures de polluants sur le terrain, les processus chimiques, ...

Pour cette étude, seul le modèle de dispersion SIRANE est utilisé. Il intègre les émissions du trafic routier et la météorologie de l'année 2018 pour tous les scénarios. Le fond régional utilisé, représentant les concentrations dues aux sources hors trafic (chauffage, industrie, agriculture...), provient :

- Pour le scénario de référence 2018, de la carte annuelle réglementaire 2018,
- Pour les scénarios 2040, de l'application de coefficients d'évolution tendancielle des concentrations entre 2018 et 2040 à la carte annuelle réglementaire 2018. Ces coefficients sont issus de l'exploitation des modélisations PREPA fournies par l'INERIS (résultats 2018 et tendanciels 2025 et 2030) et extrapolés à 2040. Il s'agit donc d'une estimation des concentrations de fond en 2040, ce qui permet de prendre en compte les évolutions tendancielles des secteurs hors transport routier.

Les différences de concentrations entre le scénario PdM 2040 et le scénario référence 2040 représentent uniquement l'impact des actions PdM sur le trafic routier.

3.2.2. Evaluation de l'exposition des populations

Le calcul de l'exposition des populations est réalisé en croisant les cartes de concentrations de polluants à une résolution de 10 mètres avec la répartition spatiale des populations résidentes sur la base de la population communale INSEE. L'affectation des populations résidentes à chaque bâtiment a été réalisée par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA).

Un indice d'exposition moyen de la population (IPP) est calculé :

$$IPP = \frac{\sum_i (Concentration_i \times Population_i)}{\sum_i Population_i}$$

⁵ CHIMERE : Institut Pierre-Simon Laplace, INERIS, CNRS <http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/chimere.php>

⁶ Soulhac L, Salizzoni P, Cierco FX, Perkins R. (2011). The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion; Part I : Presentation of the model. Atmos Environ, n° 45(39), p. 79-95.

Soulhac L, Salizzoni P, Mejean P et al. (2012). The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion; Part II : Validation of the model on a real case study. Atmos Environ, n° 49(0), p. 320-337.

où i correspond à la maille de calcul. Cet indice correspond à la moyenne des concentrations modélisées sur une zone, pondérée par la population et représente l'exposition moyenne des habitants d'une zone à un polluant.

Pour les modélisations à échéance 2040, l'affectation de la population au bâti est mise à jour afin de prendre en compte les évolutions attendues de la population.

La population 2040 est donc calculée sur la base des évolutions de population 2018-2040, fournies par Egis sur les zones du modèle trafic Modely. La répartition géographique de la population 2040 est celle connue en 2018.

Selon cette méthode, la population totale de la zone PdM augmente de 12% entre 2018 et 2040, soit une augmentation d'environ 230 000 habitants, dont 160 000 dans l'Agglomération lyonnaise (Figure 18). Toutes les zones du découpage territorial voient leur population augmenter. En proportion, l'augmentation la plus importante se situe dans l'Ouest lyonnais, avec une augmentation de 22% du nombre d'habitants, puis le Beaujolais (+15%) et enfin l'Agglomération lyonnaise (+11%).

La répartition de la population entre les trois zones reste stable entre 2018 et 2040, avec 78% de la population du périmètre PdM habitant l'Agglomération lyonnaise, 12% le Beaujolais et 10% l'Ouest lyonnais.

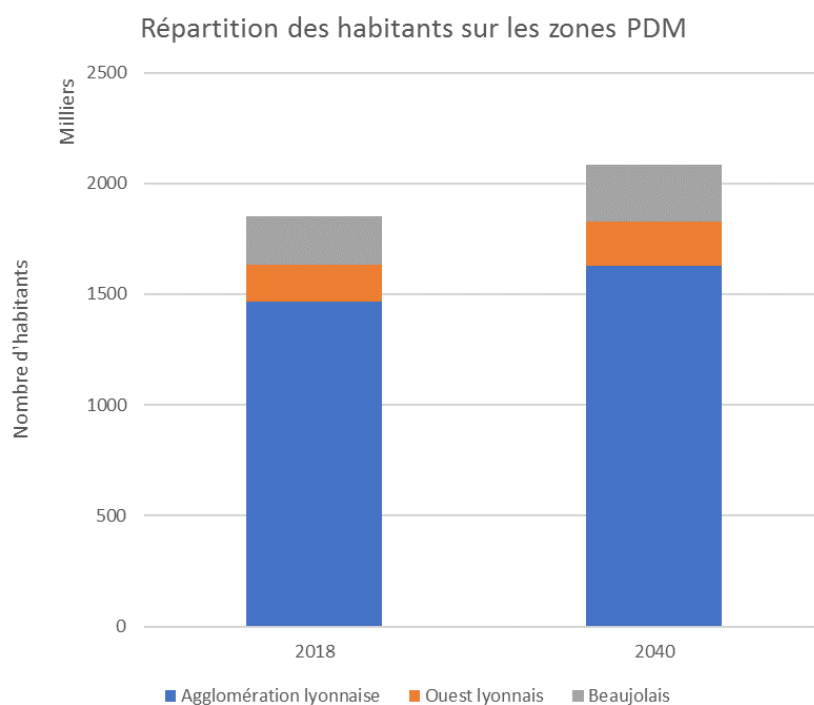


Figure 18 : Répartition de la population du périmètre PdM en 2018 et 2040

Les parcs de véhicules utilisés pour le calcul des émissions sont identiques entre la situation de référence 2040 et le scénario PdM 2040.

Les variations d'émissions dues à la mise en place des actions PdM sont donc uniquement liées à l'évolution des kilomètres parcourus et des vitesses modélisées en heure de pointe.

Dans la suite du document, l'impact du scénario PdM est évalué par rapport à la situation de référence 2040 à l'exception du paragraphe 3.3.5 qui donne une vision synthétique des évolutions des émissions entre la situation de référence 2018, 2040 tendanciel et 2040 scénario PdM.

3.3. Résultats évaluation en émissions

3.3.1. Impacts sur les kilomètres parcourus

En 2040, les VP et deux roues (DR) représentent presque 90% des kilomètres parcourus sur le périmètre PdM, le transport de marchandises (VUL+PL) environ 10% et les TC moins de 1%.

La mise en place des actions PdM en 2040 entraîne :

- une baisse des kilomètres parcourus par les VP de 7%,
- une baisse du transport de marchandises inférieure à 1%,
- et une forte augmentation des TC de 26%, due notamment à l'augmentation de l'offre de Cars à Haut Niveau de Service.

Le PdM entraîne au total une baisse de 5,8% des kilomètres parcourus tous véhicules confondus sur le périmètre PdM (Figure 19).

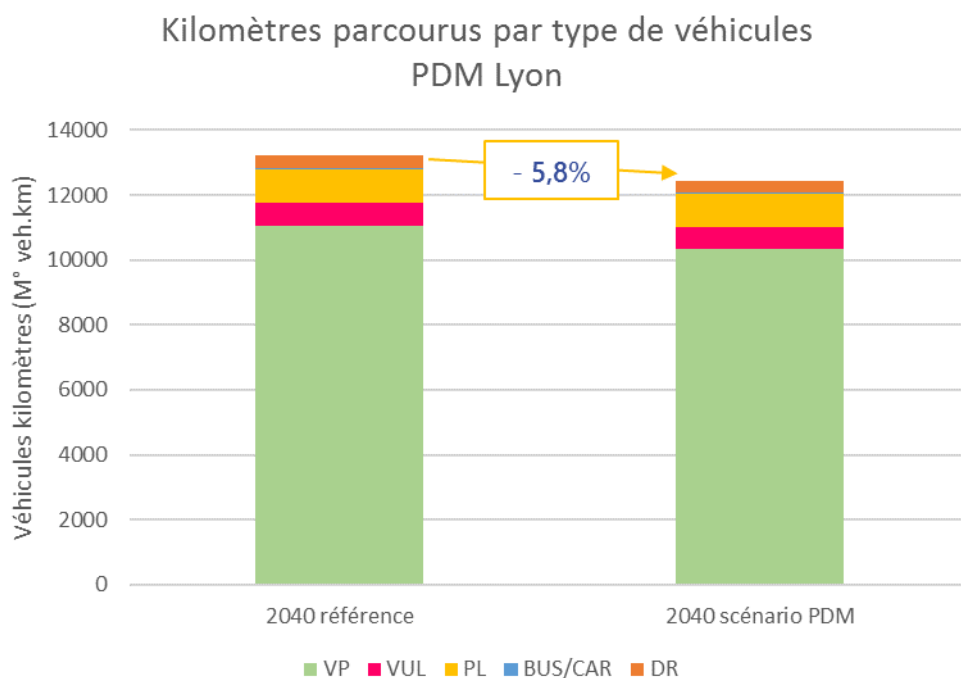


Figure 19 : répartition par type de véhicules des kilomètres parcourus sur le périmètre PdM

Parmi les kilomètres parcourus sur le périmètre PdM :

- 65% sont faits sur l'Agglomération lyonnaise,
- 20% dans le Beaujolais,
- et le reste dans l'Ouest lyonnais.

L'impact du PdM diffère en fonction des territoires (Figure 20). La baisse des kilomètres parcourus est plus importante au sein de l'Agglomération lyonnaise qui concentre la majorité des actions (-9,3%). Les kilomètres parcourus diminuent également dans l'Ouest lyonnais (-4,1%), mais augmentent dans le Beaujolais (+4,7%). Le transport de marchandises diminue dans l'Agglomération lyonnaise, mais augmente légèrement sur les 2 autres territoires.

Les kilomètres parcourus des TC augmentent de 25% avec le scénario PdM sur tout le territoire, notamment à l'extérieur de l'Agglomération lyonnaise avec une hausse des kilomètres parcourus par les Cars à Haut Niveau de Service. Malgré cette hausse importante, les TC représentent une faible part des kilomètres parcourus sur le territoire (inférieure à 1% des kilomètres parcourus totaux).

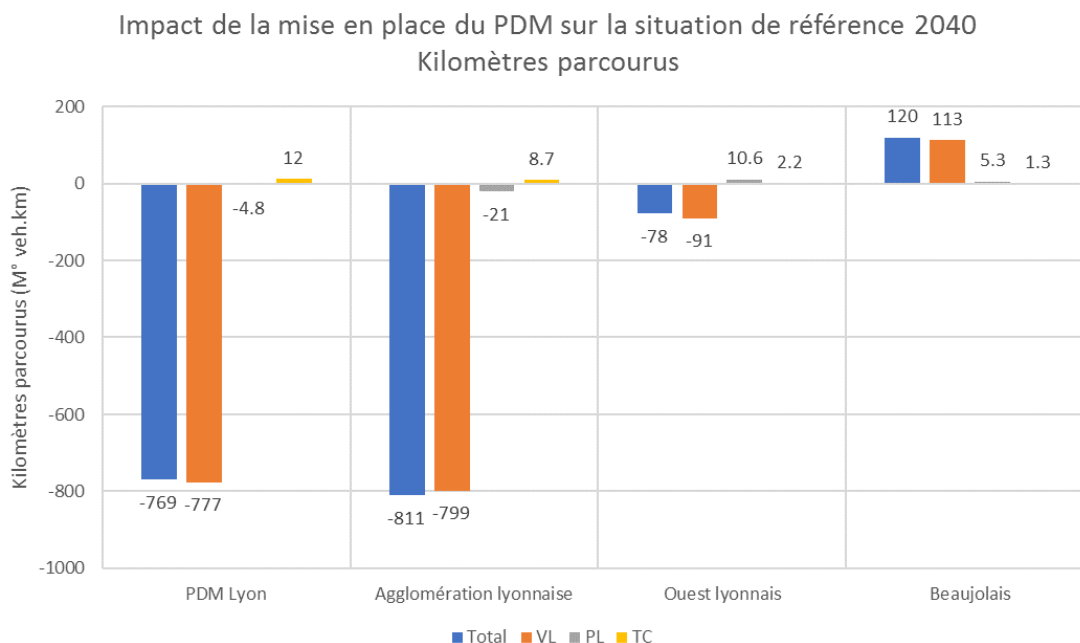


Figure 20 : Impact de la mise en place des actions PdM sur les kilomètres parcourus de la situation de référence 2040.

3.3.2. Impact sur les émissions d'oxydes d'azote NOx

Bien que représentant 90% des kilomètres parcourus, les VP et DR ne représentent que 55% des émissions de NOx en référence 2040. En effet, le parc roulant de VP en 2040 comporte peu de véhicules diesel qui sont fortement émetteurs de NOx. **L'application des actions du PdM permet une baisse supplémentaire de 3% des émissions de NOx liées aux VL.** Cela s'explique par la baisse des kilomètres parcourus induite par ces actions.

En revanche pour les PL, le parc fonctionne essentiellement au diesel en 2040. Les émissions de NOx pour ce type de carburant sont plus importantes que pour des carburants de type GNV. En 2040, les PL contribuent à plus de 25% des émissions de NOx, alors qu'ils représentent moins de 10% des kilomètres parcourus sur le territoire PdM.

Avec les actions du PdM, les émissions de NOx dues au transport de marchandises (notamment des PL) augmentent de 2,5% par rapport à la situation de référence. Cela se traduit notamment par la hausse des kilomètres parcourus des PL dans l'Ouest lyonnais et le Beaujolais qui est respectivement de 10% et 2,5%.

Les émissions unitaires de NOx étant plus importantes pour les PL que pour les VL, cela explique leur plus fort impact sur les émissions de NOx.

Les émissions de NOx des transports en commun augmentent également en raison de l'augmentation de l'offre dans le PdM, mais leurs émissions restent faibles en proportion par rapport aux émissions des VL et PL (2,5% des émissions de NOx totales). A noter que les TC permettent de transporter davantage de personnes dans un véhicule.

Au global, la mise en place des actions PdM entraîne une baisse des émissions totales de NOx du périmètre PdM inférieure à 1% par rapport à la situation de référence 2040 (Figure 21).

Les graphes des émissions de NOx par type de véhicules sur les 3 zones du découpage territorial sont disponibles en [annexe 6](#).

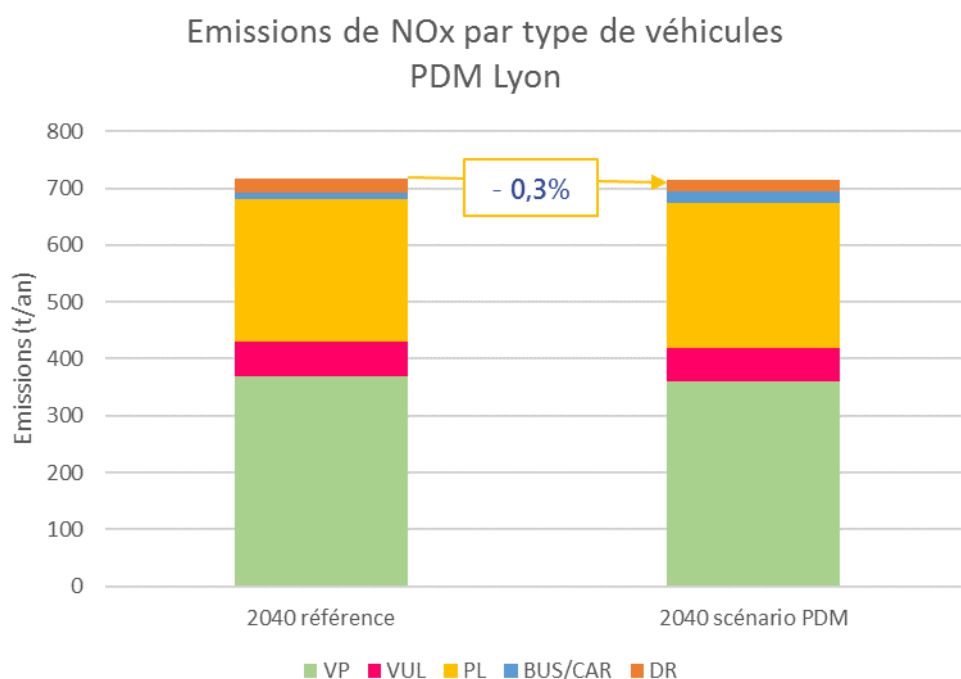


Figure 21 : répartition par type de véhicules des émissions de NOx sur le périmètre PdM

L'impact de la mise en place des actions PdM sur les émissions de NOx peut différer selon les bassins locaux de mobilité (Figure 22). Globalement, la tendance d'évolution géographique des émissions est sensiblement la même que l'évolution géographique des kilomètres parcourus, avec une baisse des émissions pour l'Agglomération lyonnaise de 3,5% et une augmentation des émissions sur le Beaujolais de 6%.

Pour l'Ouest lyonnais, les émissions de NOx ont tendance à augmenter car la baisse des émissions induite par la baisse des kilomètres parcourus des VL ne compense pas la hausse des émissions induite par l'augmentation des kilomètres parcourus des PL et des TC. Sur ce bassin, les émissions de NOx augmentent de 3%.

Selon la typologie de véhicules, des différences territoriales sont également observées.

En effet, les émissions de NOx des VL diminuent dans l'Agglomération lyonnaise (-7%) et dans l'Ouest lyonnais (-2%) mais augmentent dans le Beaujolais (+6%).

Les émissions des PL augmentent à l'extérieur de l'Agglomération lyonnaise mais diminuent à l'intérieur.

Les émissions des transports en commun augmentent fortement par rapport à la situation de référence 2040, avec :

- +45% dans l'Agglomération lyonnaise et le Beaujolais,
- +70% dans l'Ouest Lyonnais.

Les émissions des TC restent cependant faibles par rapport aux émissions des autres types de véhicules, donc leur impact sur le total des émissions reste minime.

Par rapport à la situation de référence 2040, les actions PdM permettent ainsi une baisse des émissions totales de NOx dans l'Agglomération lyonnaise (de -3,5%), mais entraînent une augmentation des émissions dans l'Ouest lyonnais (de +3%) et le Beaujolais (de +6%).

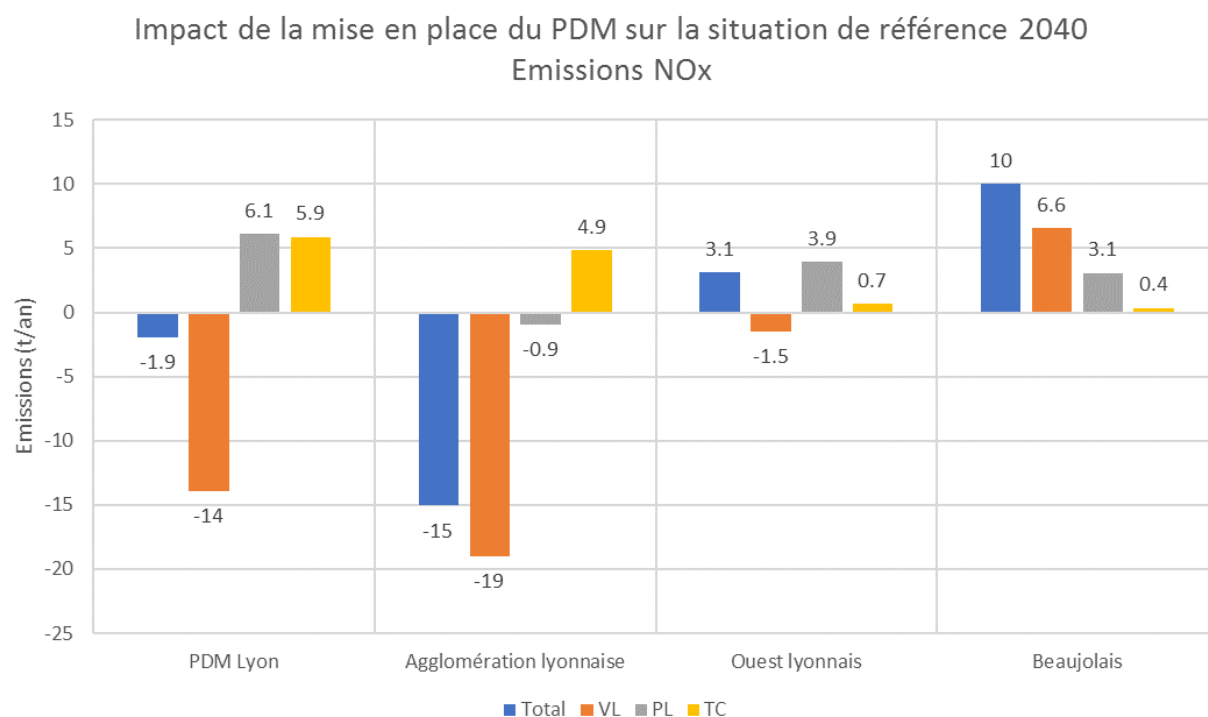


Figure 22 : Impact de la mise en place des actions PdM sur émissions de NOx de la situation de référence 2040.

3.3.3. Impact sur les émissions de particules fines PM10 et PM2,5

Les émissions de particules fines PM10 et PM2,5 du trafic routier proviennent de différents facteurs : la combustion du carburant, l'usure des freins lors du freinage et des pneus sur la route. Avec l'amélioration des technologies, les émissions de particules à l'échappement des véhicules deviennent minimes.

A l'horizon 2040, l'essentiel des émissions de particules proviennent de l'abrasion, qui ne dépend que de la taille des véhicules. **Pour ces polluants, les mesures entraînant une réduction des kilomètres parcourus sont donc les plus efficaces.**

Les émissions de particules fines des VL diminuent en lien avec la baisse des kilomètres parcourus induite par les actions PdM.

Les émissions du transport de marchandises (notamment des PL) ainsi que des transports en commun augmentent légèrement par rapport à la situation de référence, en lien également avec les évolutions des kilomètres parcourus. Ces évolutions restent cependant faibles par rapport à l'évolution des émissions des VL.

Par rapport à la situation de référence 2040, la mise en place des actions PdM entraîne donc une faible baisse des émissions totales du territoire PdM de 3,7% pour les PM10 (Figure 23) et de 4% pour les PM2,5 (Figure 24).

Les graphes des émissions de PM10 et PM2,5 par type de véhicules sur les 3 zones du découpage territorial sont disponibles en [annexe 6](#).

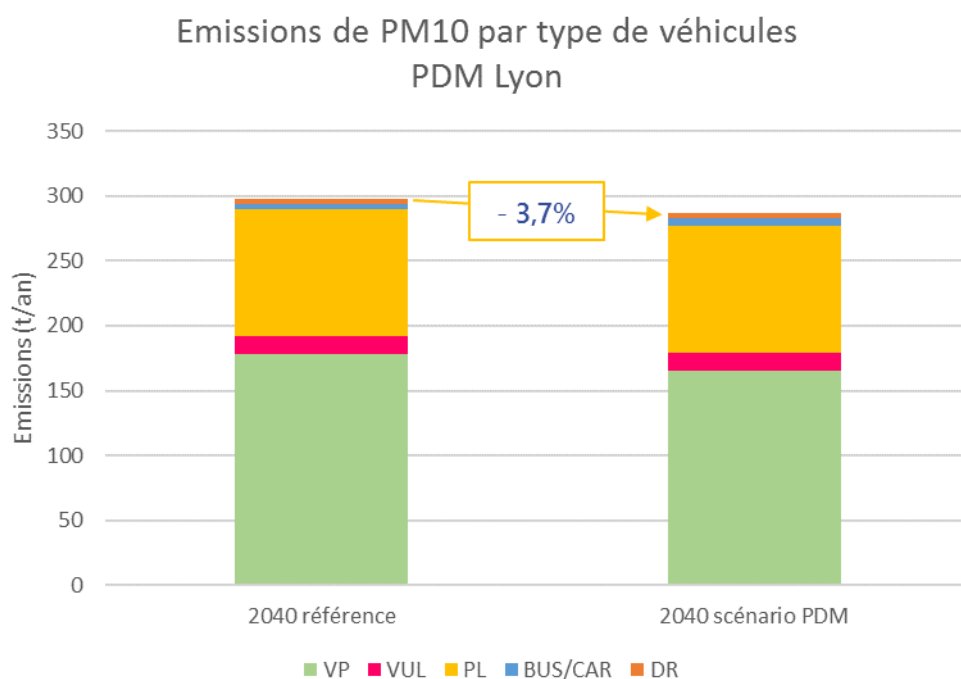


Figure 23 : répartition par type de véhicules des émissions de PM10 sur le périmètre PdM

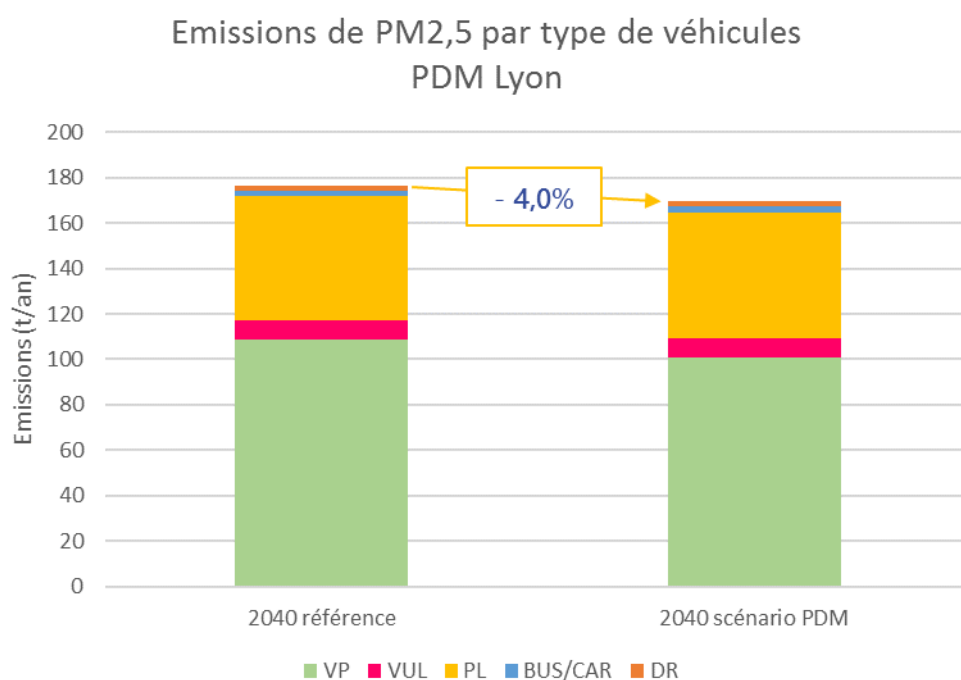


Figure 24 : répartition par type de véhicules des émissions de PM2,5 sur le périmètre PdM

L'impact de la mise en place des actions PdM sur les émissions de particules fines PM10 et PM2,5 diffère selon les territoires (Figure 25).

L'essentiel des impacts des actions PdM sur les émissions de particules liées aux VL viennent des évolutions des kilomètres parcourus.

Les émissions de particules fines liées aux VL évoluent de la façon suivante par rapport à la situation de référence en 2040 :

- Une diminution de 10% dans l'Agglomération lyonnaise,
- Une diminution de 5% dans l'Ouest lyonnais,
- Et une augmentation de +4,5% dans le Beaujolais.

La mise en place des actions du PdM a pour conséquence d'augmenter les émissions de particules des PL sur l'Ouest lyonnais et le Beaujolais de respectivement 10% et 3%. Cependant sur l'Agglomération lyonnaise, elles diminuent de 10% du fait de la baisse des kilomètres parcourus pour les PL.

Pour les émissions des transports en commun de tout le territoire, une augmentation de 28% est observée avec une tendance plus importante pour l'Ouest lyonnais (+73%) et le Beaujolais (+49%). Cependant, les évolutions restent faibles par rapport au total des émissions.

En conclusion, par rapport à la situation de référence 2040, les actions PdM permettent ainsi :

- une baisse des émissions totales de particules dans l'Agglomération lyonnaise de 6,5% pour les PM10 et 7% pour les PM2,5,
- une baisse négligeable dans l'Ouest lyonnais inférieure à 1% pour les deux polluants,
- et une augmentation des émissions dans le Beaujolais de +4% pour les deux polluants.

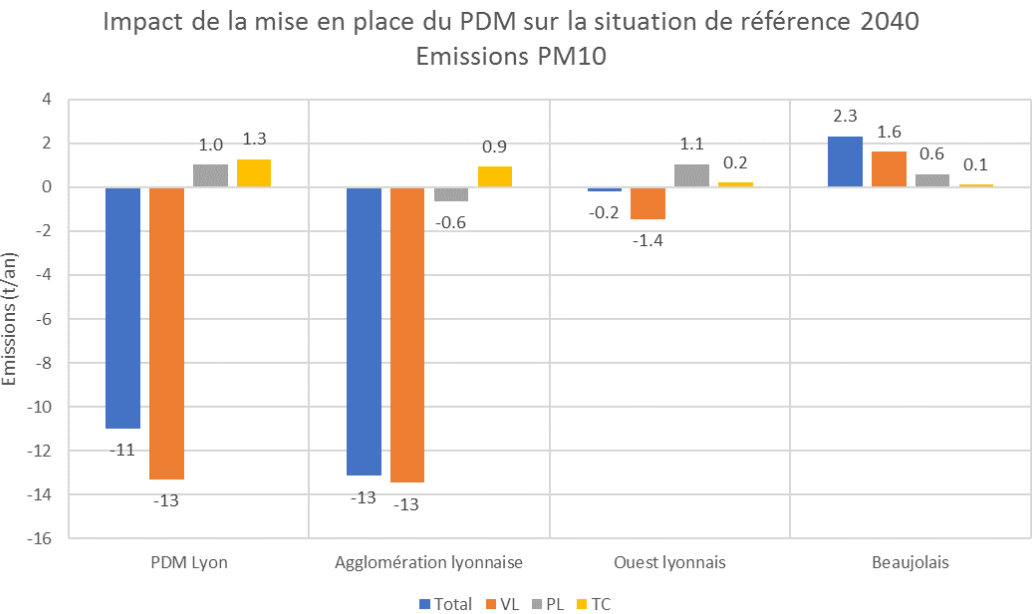


Figure 25 : Impact de la mise en place des actions PdM sur émissions de PM10 de la situation de référence 2040.

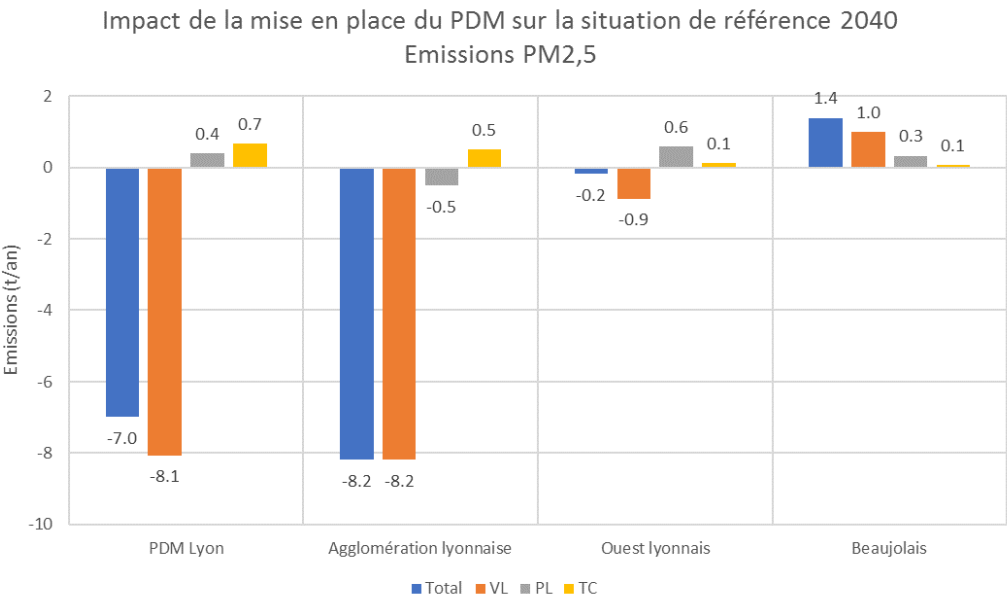


Figure 26 : Impact de la mise en place des actions PdM sur émissions de PM2,5 de la situation de référence 2040.

3.3.4. Impact sur les émissions de dioxyde de carbone CO₂

Les émissions de dioxyde de carbone CO₂ présentées sont d'origine anthropique. Par convention, les émissions de CO₂ des biocarburants sont considérées comme neutres en carbone.

Les émissions de CO₂ des VL diminuent de 5,4%. Cela s'explique par la baisse des kilomètres parcourus induite par les actions du PdM. Les émissions du transport de marchandises baissent très légèrement (inférieure à 1%). Les émissions de CO₂ liées aux transports en commun sont considérées, quant à elles, comme neutre en carbone. En effet, il a été pris comme hypothèse que 100% des transports en commun roulent au biocarburant, ce qui entraîne des émissions de CO₂ nulles.

Au global par rapport à la situation de référence 2040, la mise en place des actions du PdM entraîne une baisse des émissions totales de CO₂ du périmètre PdM de 3% (Figure 27).

Les graphes des émissions de CO₂ par type de véhicules sur les 3 zones du découpage territorial sont disponibles en [annexe 6](#).

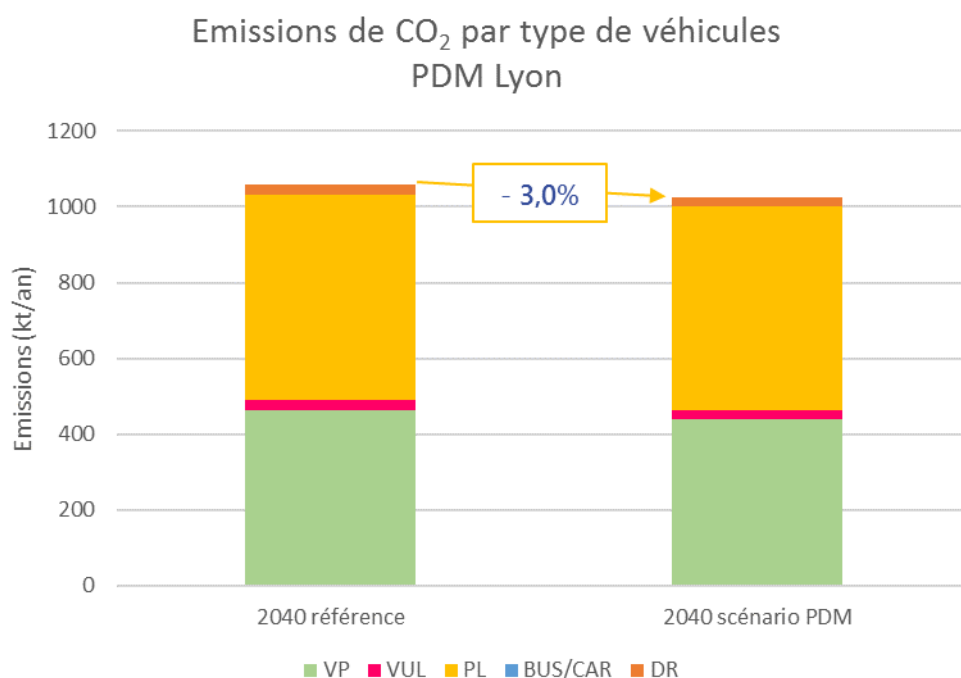


Figure 27 : répartition par type de véhicules des émissions de CO₂ sur le périmètre PdM

L'impact de la mise en place des actions PdM sur les émissions CO₂ diffère selon les territoires (Figure 28).

La répartition des émissions dioxyde de carbone CO₂ des trois territoires est la suivante :

- 68% pour l'Agglomération lyonnaise,
- 20% pour le Beaujolais,
- Et 12% pour l'Ouest lyonnais.

Cette répartition suit sensiblement la même tendance que celle observée pour les véhicules kilomètres.

L'essentiel des impacts des actions du PdM sur les émissions de CO₂ viennent des évolutions des kilomètres parcourus par les VL. Elles diminuent ainsi dans l'Agglomération lyonnaise (-9%) et dans l'Ouest lyonnais (-4%)

mais augmentent dans le Beaujolais (+6,5%). Les émissions des PL augmentent à l'extérieur de l'Agglomération lyonnaise mais diminuent davantage à l'intérieur.

En conclusion, par rapport à la situation de référence 2040, les actions du PdM permettent ainsi :

- une baisse des émissions totales de CO₂ dans l'Agglomération lyonnaise de 6%,
- une faible augmentation dans l'Ouest lyonnais de 2%,
- et une augmentation des émissions dans le Beaujolais de 5%.

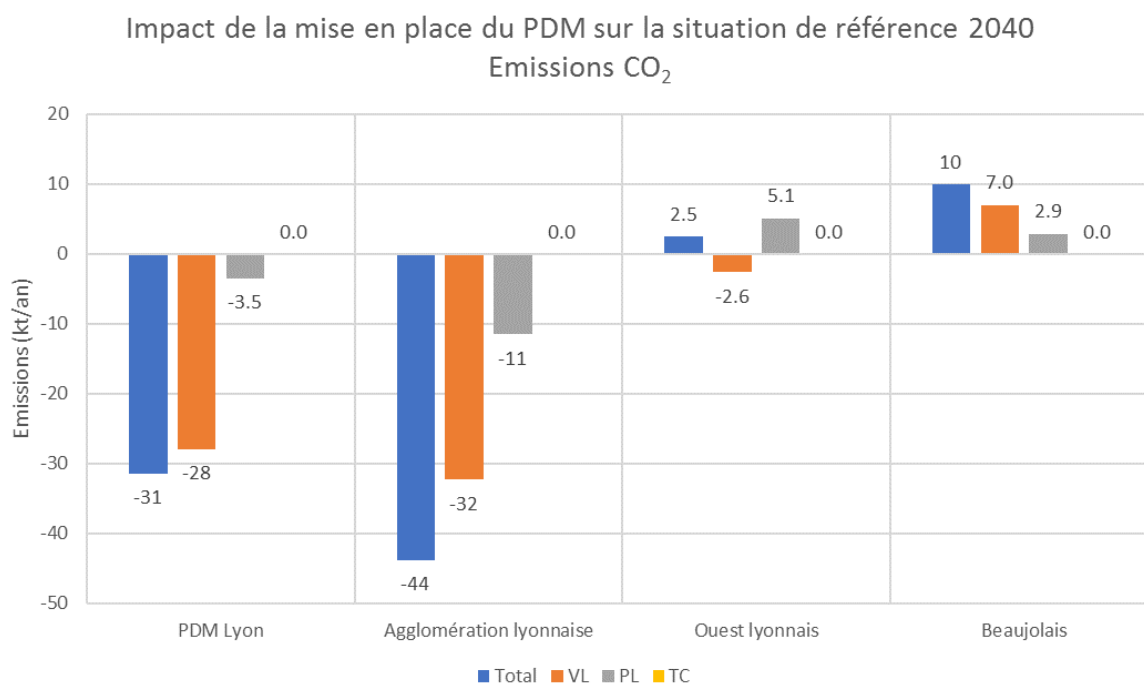


Figure 28 : Impact de la mise en place des actions PdM sur émissions de CO₂ de la situation de référence 2040.

3.3.5. Evolution des émissions sur le territoire du PdM de 2018 à 2040

Sur le territoire du PdM, la baisse tendancielle des émissions de NO_x entre 2018 et 2040 est de 90%. La mise en place des actions du PdM sur ce polluant permet un gain supplémentaire minime inférieur à 0,1%.

Pour les particules PM₁₀ et PM_{2,5}, la baisse tendancielle des émissions entre 2018 et 2040 est respectivement de 33% et 47%. Cette baisse est légèrement accentuée avec la mise en place du PdM. Les gains supplémentaires observés sont de -2.5% pour les PM₁₀ et -2.1% pour les PM_{2,5}.

Pour le dioxyde de carbone CO₂, la baisse tendancielle des émissions entre 2018 et 2040 est de 49%. Le gain supplémentaire lié à l'application du PdM est de -1,5%.

L'évolution tendancielle des émissions est due à la modernisation et à l'électrification des différents parcs de véhicules. Cette tendance est majorée par la mise en place des actions du PdM qui induisent globalement une baisse des kilomètres parcourus de 4% par rapport au total des kilomètres parcourus dans le périmètre PdM en 2018.

Évolution des émissions sur le périmètre PDM de Lyon entre la référence 2018 et le scénario PDM 2040

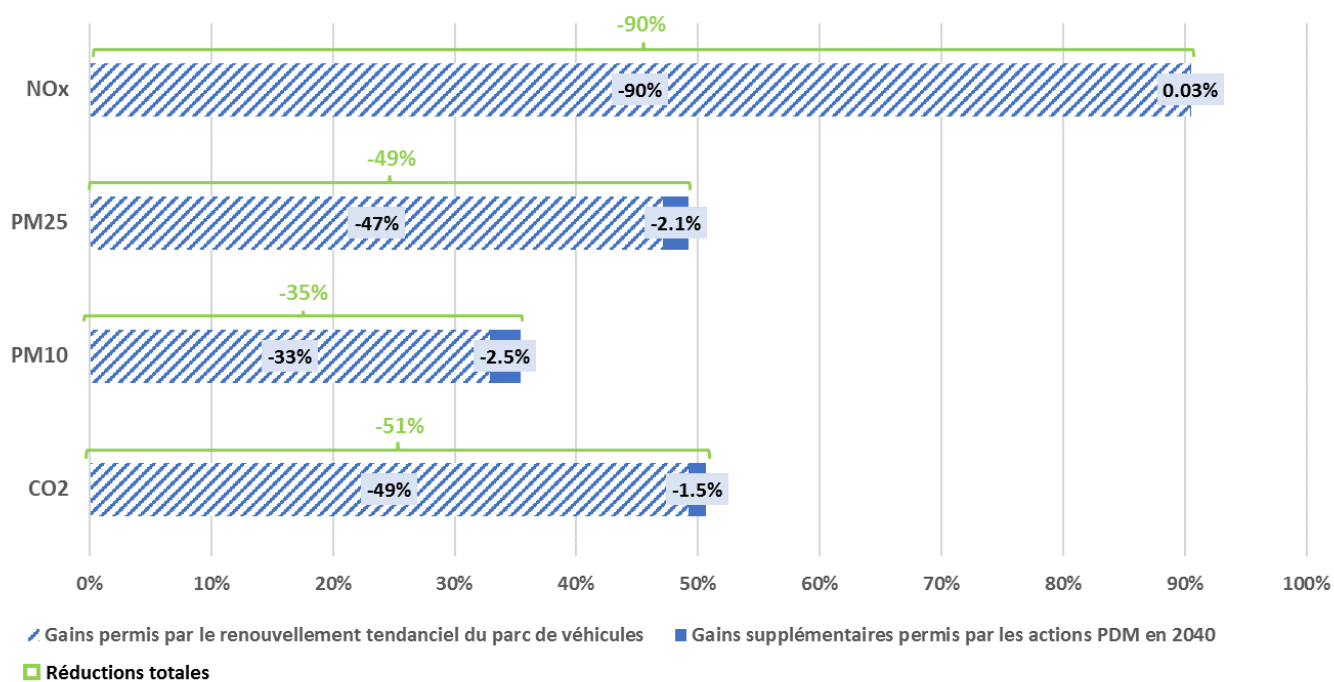


Figure 29: Evolution des émissions sur le périmètre PdM des territoires lyonnais entre 2018 et 2040 (tendanciel/actions PdM)

3.4. Impact sur les concentrations et l'exposition au dioxyde d'azote NO₂

3.4.1. Concentrations moyenne en NO₂ aux horizons 2018/2040, avec et sans scénario PdM

Entre les situations de référence 2018 et 2040, les concentrations de dioxyde d'azote NO₂ diminuent fortement grâce à la baisse tendancielle des émissions d'oxydes d'azote. Cette évolution est induite notamment par la baisse des émissions liées au trafic routier, principal secteur émissif d'oxydes d'azote (cartes disponibles en [annexe 7](#)).

En 2018, les concentrations dioxyde d'azote NO₂ les plus importantes sont observées dans l'Agglomération lyonnaise et en proximité de trafic routier, où les concentrations dépassent la valeur limite réglementaire de 40 µg/ m³.

En situation de référence 2040, les concentrations de NO₂ diminuent significativement, notamment dans l'Agglomération lyonnaise avec des baisses de concentrations de fond situées entre 10 et 15 µg/m³ par rapport à 2018.

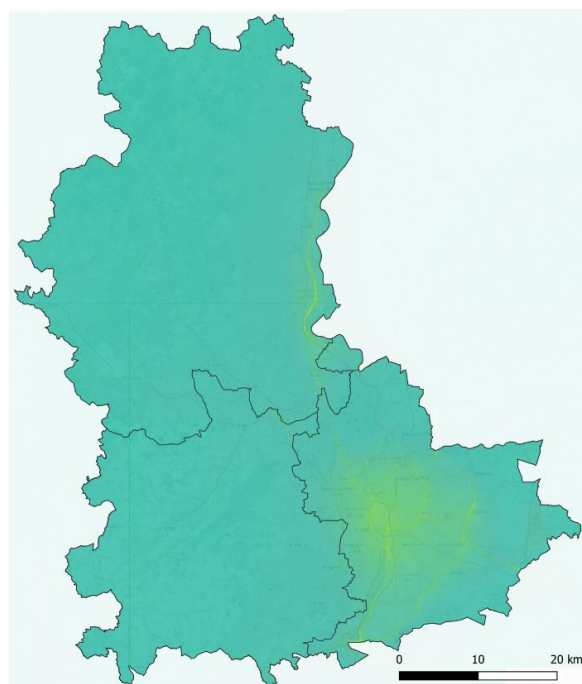
En 2040, les concentrations moyennes de fond tendancielle sont ainsi inférieures à 13 µg/m³ dans l'Agglomération lyonnaise et inférieures à 10 µg/m³ dans l'Ouest lyonnais et le Beaujolais. Les concentrations au droit des autoroutes et axes structurant restent cependant plus importantes, mais ne dépassent pas les 25 µg/m³.

Par rapport à la situation de référence 2040, la faible baisse des émissions d'oxydes d'azote liée à la mise en place des actions du PdM entraînent des baisses des concentrations moyennes de NO₂ inférieures à 1 µg/m³ sur la quasi-totalité du territoire PdM (

Figure 30 et Figure 31).

Les seules différences significatives (c'est-à-dire supérieures à 1 µg/m³) sont observées sur l'Agglomération lyonnaise (Figure 32), avec des gains de concentrations entre 1 et 3 µg/m³. Ces évolutions sont situées à proximité des axes structurants tel que l'axe M7, le tunnel sous Fourvière ainsi que certaines portions au Nord Est du boulevard périphérique Laurent Bonneval, en lien avec la baisse des kilomètres parcourus induite par les actions du PdM. La hausse des émissions de NO_x liées aux actions du PdM dans l'Ouest lyonnais et le Beaujolais n'a pas d'impact sur les concentrations de NO₂.

CONCENTRATIONS EN NO₂ MODELISEE EN 2040 TENDANCIEL (SANS ACTIONS PdM)



CONCENTRATIONS EN NO₂ MODELISEE EN 2040 AVEC ACTIONS PdM

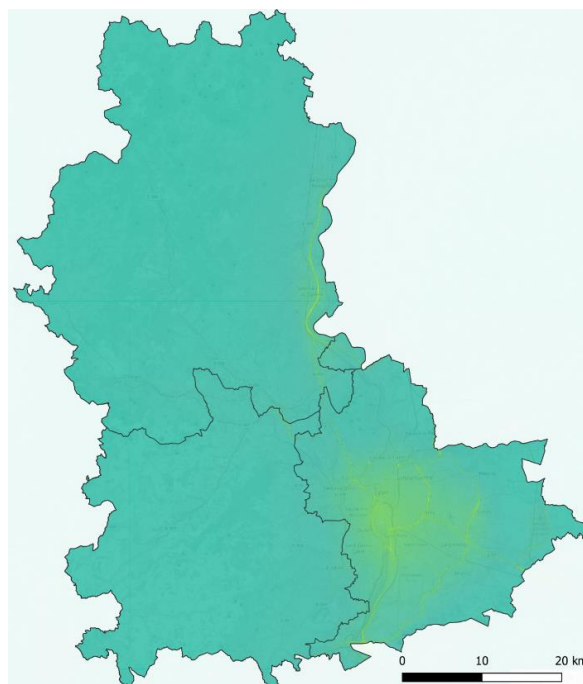


Figure 30 : Moyennes annuelles des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ modélisées pour la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM

GAINS DES CONCENTRATIONS NO₂ ENTRE LA REFERENCE TENDANCIEL 2040 (REFERENCE) ET SCENARIO PdM 2040

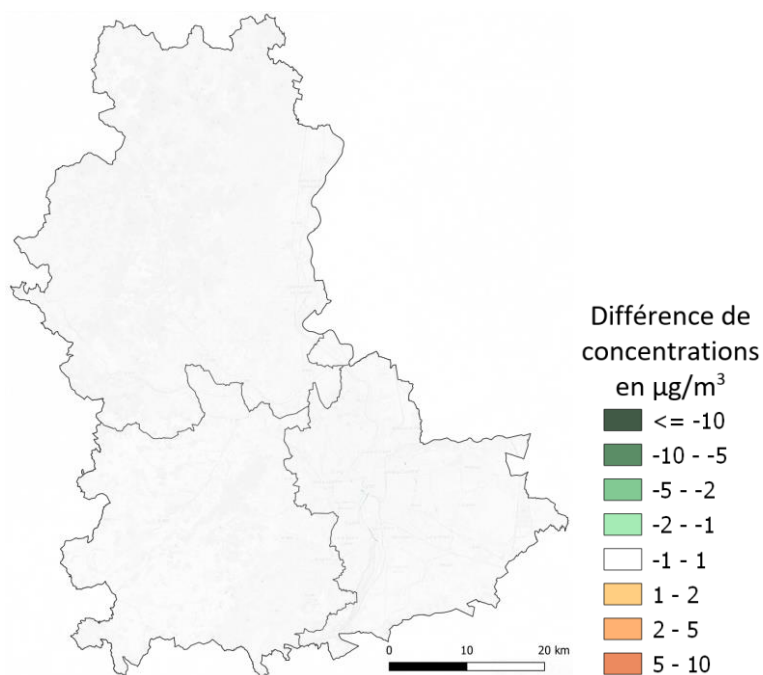


Figure 31 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO₂ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM

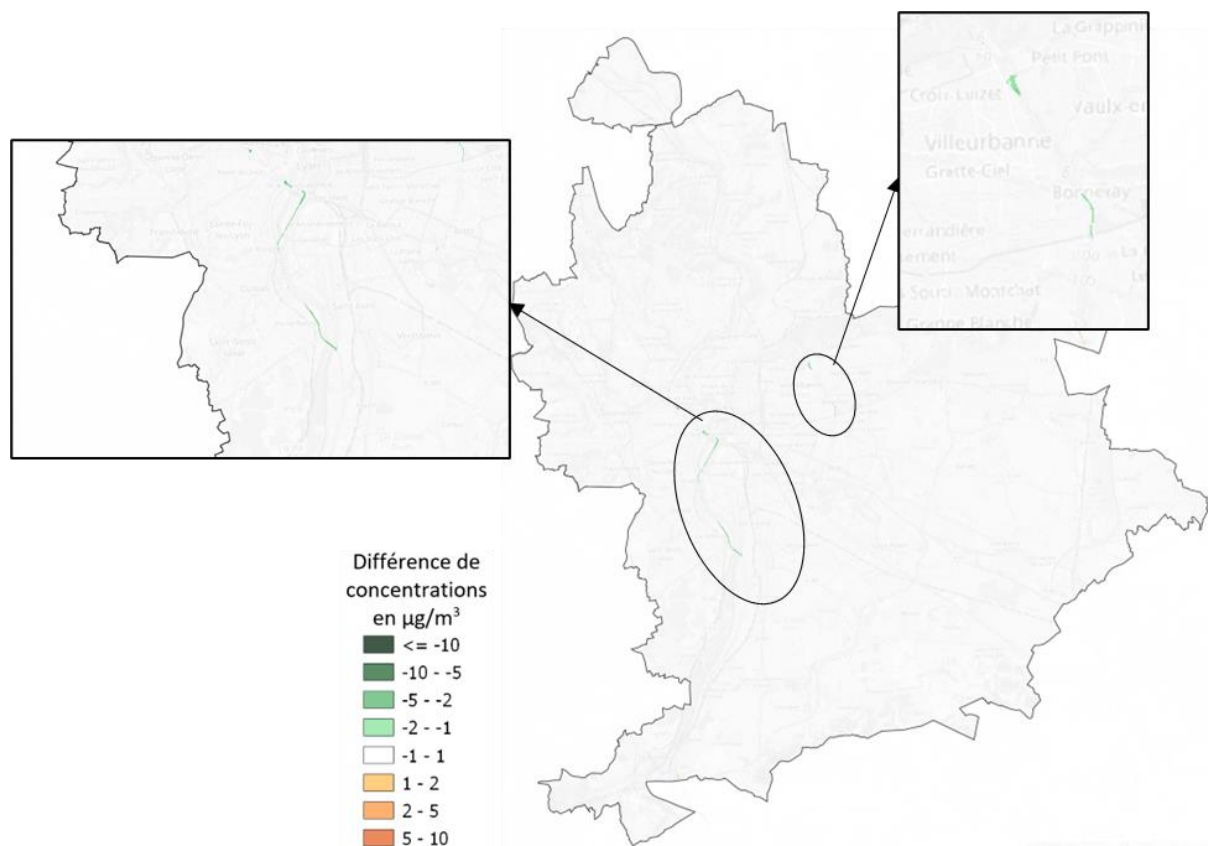


Figure 32 : Différence des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote NO₂ en µg/m³ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040, zoom sur l'Agglomération lyonnaise

Exposition de la population à des dépassements de la valeur réglementaire en NO₂

L'exposition de la population au dioxyde d'azote NO₂ diminue fortement entre 2018 et 2040 sur le territoire du PdM (Tableau 1).

En situation de référence 2040, aucun habitant n'est exposé à des dépassements de la valeur limite réglementaire (40 µg/m³) et de la valeur limite européenne 2030 (20 µg/m³), contre respectivement 4 000 habitants et près de 55% de la population en 2018.

En 2040, plus de 1 100 000 habitants ne sont plus exposés à des niveaux supérieurs au seuil de recommandation de l'OMS (10 µg/m³), mais un tiers de la population, situé dans l'Agglomération lyonnaise, est encore exposé à des dépassements de cette valeur. Aucun habitant de l'Ouest lyonnais et du Beaujolais n'est exposé à des concentrations supérieures à la valeur seuil OMS.

Les actions du PdM permettent que 26 000 habitants supplémentaires soient exposés à des niveaux inférieurs au seuil recommandé par l'OMS.

PdM de Lyon Moyenne annuelle NO ₂	2018	2040	
	Référence	Référence	Scénario PdM
Valeur limite réglementaire (40 µg/m³)	4 000 hab 0.21%	0 hab 0%	0 hab 0%
Valeur limite UE 2030 (20 µg/m³)	1 012 800 hab 54,7%	0 hab 0%	0 hab 0%
Niveau recommandé OMS (10 µg/m³)	1 790 900 hab 96.7%	688 300 hab 33.0%	662 100 hab 31.8%

Tableau 1 : Exposition de la population à des dépassements de la valeur réglementaire en dioxyde d'azote NO₂ modélisées pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040

Entre 2018 et 2040, l'exposition moyenne de la population au dioxyde d'azote NO₂ diminue tendanciellement de 58% sur le périmètre du PdM (Figure 33 et Figure 34), passant de 19.9 µg/m³ en 2018 à 8,5 µg/m³ en 2040. L'exposition moyenne des habitants de l'Agglomération lyonnaise est supérieure à celle des habitants de l'Ouest lyonnais et du Beaujolais, de 8 µg/m³ en 2018.

La diminution tendancielle permet de réduire cet écart entre les territoires : l'écart entre l'exposition moyenne des habitants de l'Agglomération lyonnaise et des deux autres territoires est inférieur à 3 µg/m³ en 2040.

La mise en place des actions du PdM entraîne une évolution négligeable de la distribution de l'exposition au dioxyde d'azote NO₂ des populations à l'échelle du PdM.

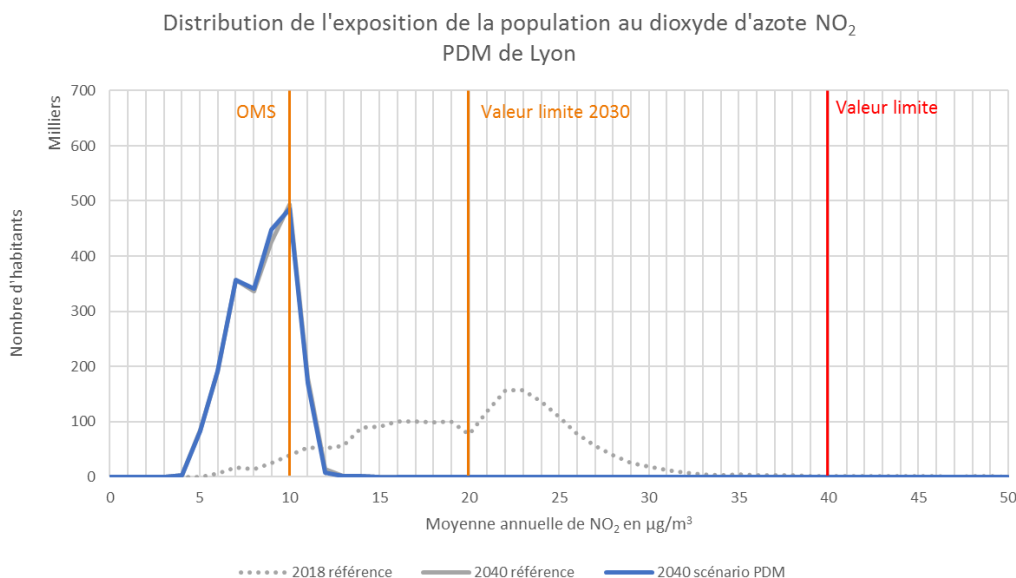


Figure 33 : Distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote NO₂ pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM

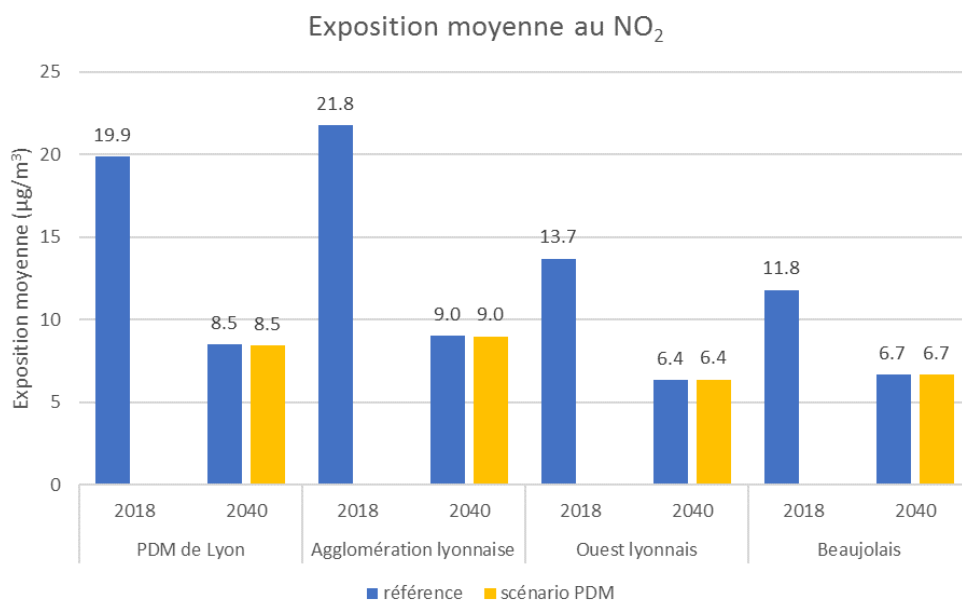


Figure 34 : Expositions moyennes au dioxyde d'azote NO₂ (IPP) pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM et les 3 zones du découpage territorial

3.4.2. Impact sur les concentrations et l'exposition aux particules fines PM10

Concentrations moyenne en PM10 aux horizons 2018/2040, avec et sans scénario PdM

Contrairement aux oxydes d'azote, pour lesquels la source majoritaire d'émissions dans l'air est le trafic routier, les concentrations en particules fines PM10 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...). En 2018, les PM10 ne sont émises qu'à hauteur d'environ 20% par les transports routiers.

Entre les situations de référence 2018 et 2040, les concentrations de particules fines PM10 diminuent de 3 à 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ grâce à la baisse tendancielle des émissions (cartes disponibles en [annexe 7](#)). Les concentrations de PM10 sont assez homogènes sur le territoire, avec des concentrations cependant plus élevées dans l'Agglomération lyonnaise, causées par des émissions locales plus importantes.

Par rapport à la situation de référence 2040, la baisse limitée des émissions de particules fines PM10 liée à la mise en place des actions du PdM entraînent des baisses des concentrations moyennes de PM10 inférieures à 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la quasi-totalité du territoire du PdM (Figure 35 et Figure 36).

Les seules différences significatives (c'est-à-dire supérieures à 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont observées sur l'Agglomération lyonnaise (Figure 37), avec des gains de concentrations pouvant atteindre 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les axes structurants tels que l'axe M7, le tunnel sous Fourvière ou dans une moindre mesure le boulevard périphérique Laurent Bonnevey. Ces baisses sont liées à la baisse des kilomètres parcourus induite par les actions du PdM. La hausse des émissions de PM10 liées aux actions du PdM sur le territoire du Beaujolais n'a pas d'impact sur les concentrations de PM10.

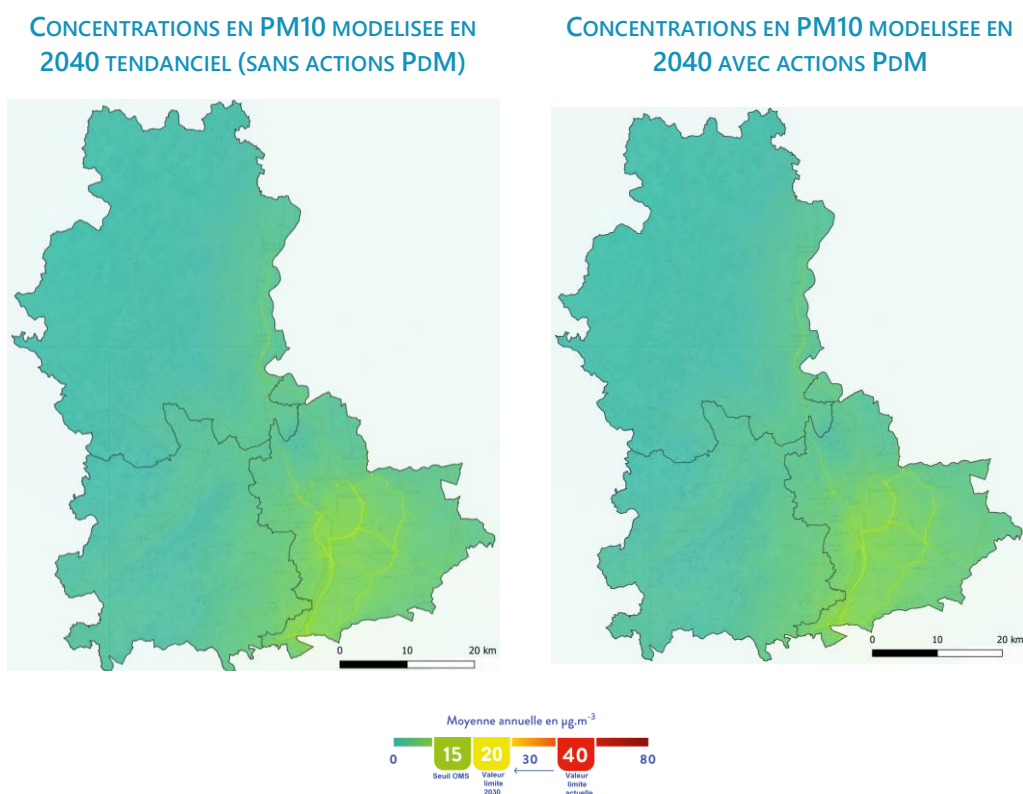


Figure 35 : Moyennes annuelles des concentrations en particules fines PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ déterminées pour la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM

GAINS DES CONCENTRATIONS PM10 ENTRE LA REFERENCE TENDANCIEL 2040 (REFERENCE) ET SCENARIO PDM 2040

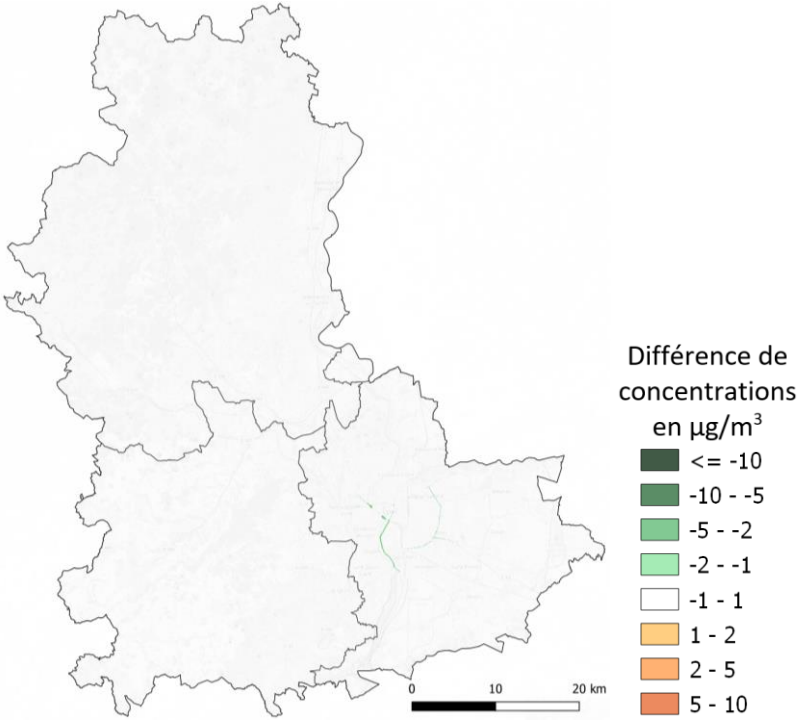


Figure 36 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM

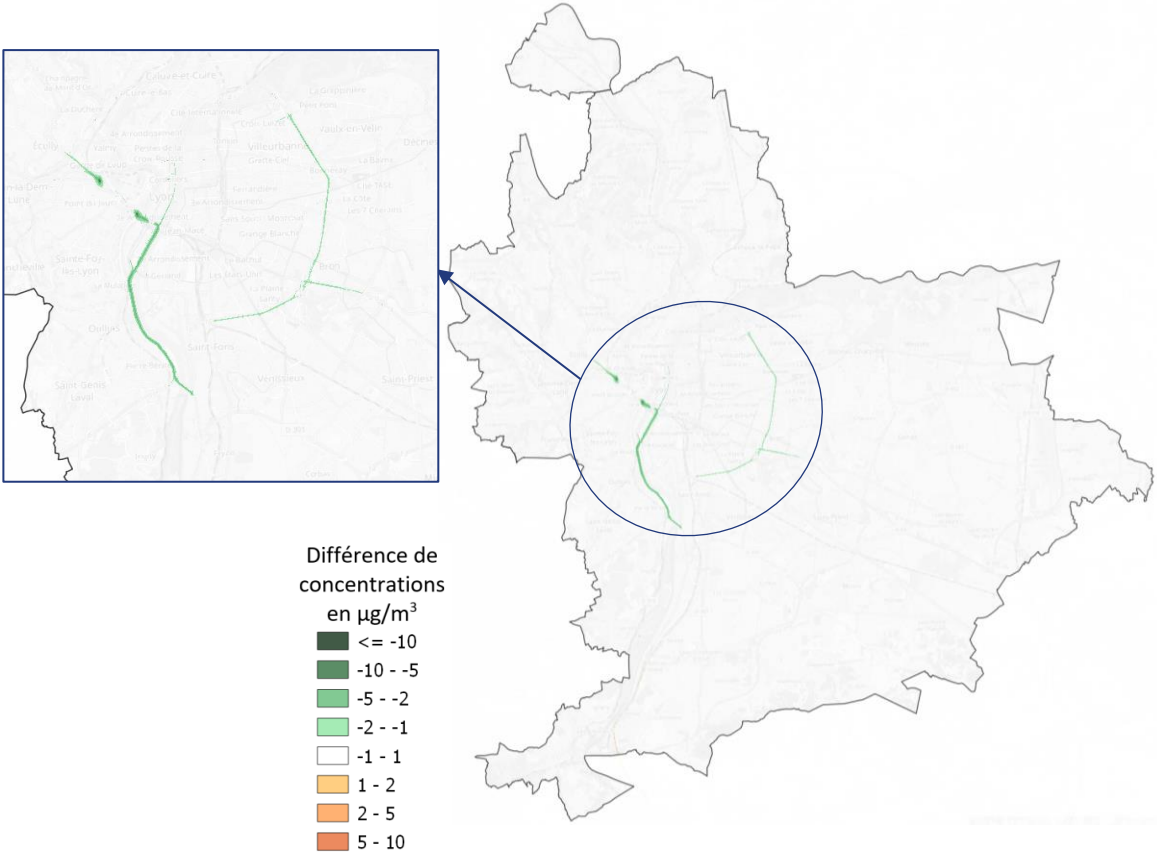


Figure 37 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040, zoom sur l'Agglomération lyonnaise

Exposition de la population à des dépassements de la valeur réglementaire en PM10

L'exposition de la population aux particules fines PM10 diminue entre 2018 et 2040 sur le territoire du PdM (Tableau 2Tableau 1).

Aucun habitant n'est exposé à des dépassements de la valeur limite réglementaire en PM10 (40 µg/m³) aux deux échéances, 2018 et 2040. En situation de référence 2040, plus aucun habitant n'est exposé à des concentrations supérieures à la valeur limite européenne 2030 (20 µg/m³), contre 17 000 en 2018.

5 800 habitants sont exposés à des dépassements du seuil de recommandation de l'OMS (10 µg/m³), contre près des trois quarts des habitants en 2018. Cette population est située dans l'Agglomération lyonnaise. Tous les habitants de l'Ouest lyonnais et du Beaujolais sont exposés à des niveaux inférieurs à 10 µg/m³.

Les actions du PdM permettent que 3 600 habitants supplémentaires de l'Agglomération lyonnaise soient exposés à des niveaux inférieurs au seuil recommandé par l'OMS.

PdM de Lyon Moyenne annuelle PM10	2018	2040	
	Référence	Référence	Scénario PdM
Valeur limite actuelle (40 µg/m ³)	0 hab	0 hab	0 hab
	0%	0%	0%
Valeur limite UE 2030 (20 µg/m ³)	17 000 hab	0 hab	0 hab
	0.9%	0%	0%
Niveau recommandé OMS (15 µg/m ³)	1 377 300 hab	5 800 hab	2 200 hab
	74.4%	0.3%	0.1%

Tableau 2 : Exposition de la population à des dépassements de la valeur réglementaire aux particules fines PM10 modélisées pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040

L'exposition moyenne de la population aux particules fines PM10 diminue tendanciuellement de 33 % entre 2018 et 2040 sur le périmètre du PdM (Figure 38 et Figure 39), passant de 16 µg/m³ en 2018 à 10,8 µg/m³ en 2040.

La mise en place des actions du PdM entraîne une très faible évolution de la distribution de l'exposition aux particules PM10 des populations à l'échelle du PdM, due à la baisse des concentrations de l'Agglomération lyonnaise. Aucun impact des actions du PdM n'est visible sur l'exposition moyenne aux PM10 sur l'Ouest lyonnais et le Beaujolais.

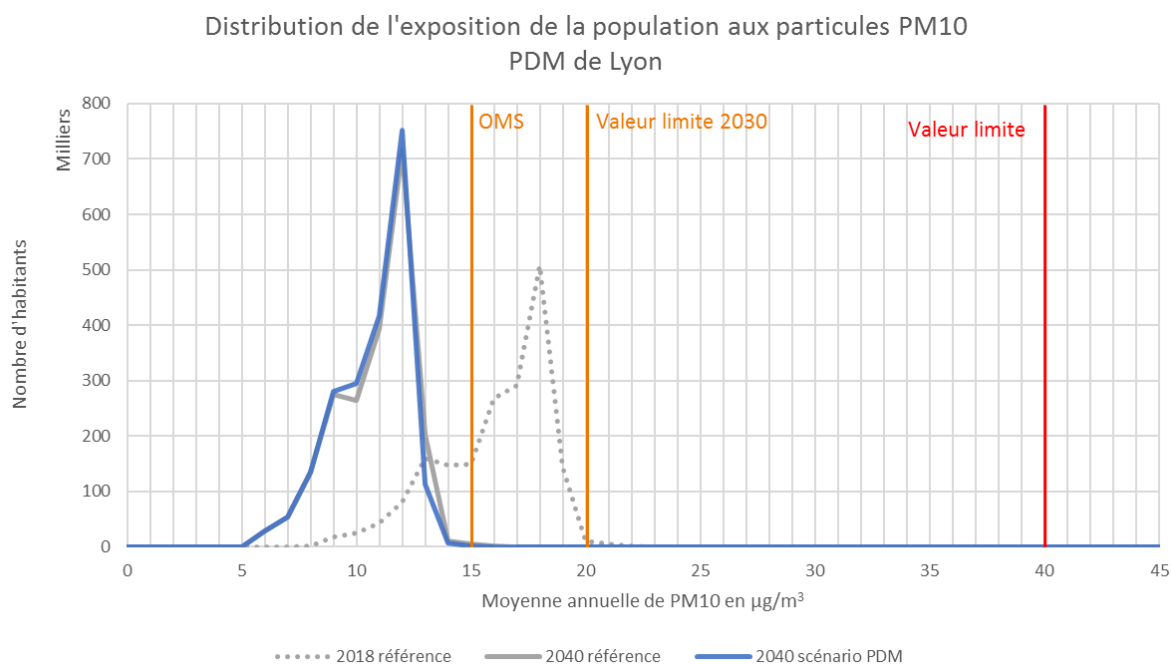


Figure 38 : Distribution de l'exposition de la population aux particules fines PM10 pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM

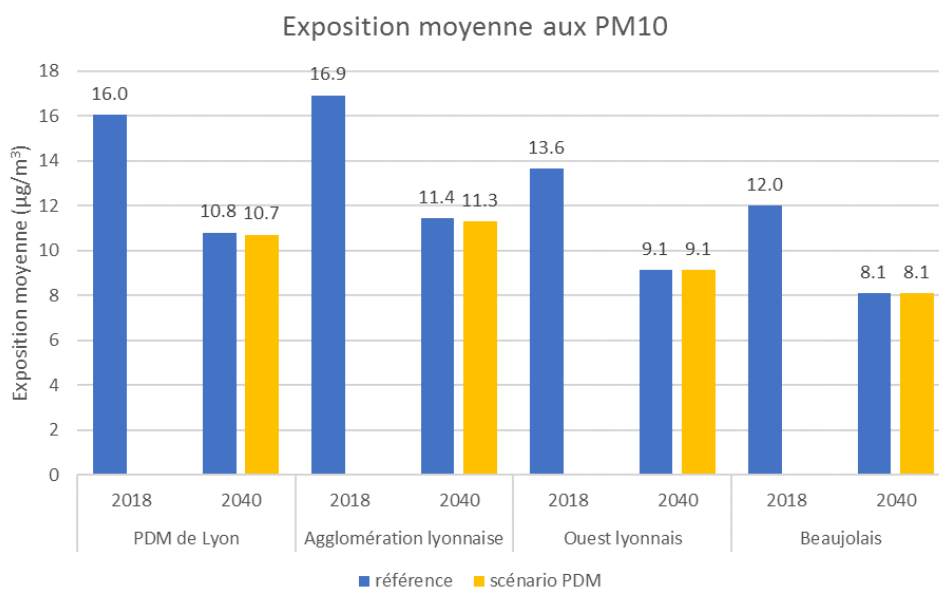


Figure 39 : Expositions moyennes aux particules fines PM10 (IPP) pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM et les 3 zones du découpage territorial

3.4.3. Impact sur les concentrations et l'exposition aux particules fines PM2,5

Concentrations moyenne en PM2,5 aux horizons 2018/2040, avec et sans scénario PdM

Les concentrations en particules fines PM2,5, comme les particules fines PM10, 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...).

Entre les situations de référence 2018 et 2040, les concentrations de particules fines PM_{2,5} diminuent de 2 à 4 µg/m³ grâce à la baisse tendancielle des émissions (cartes disponibles en [annexe 7](#)). Les concentrations de PM_{2,5} sont assez homogènes sur le territoire, avec des concentrations cependant plus élevées dans l'Agglomération lyonnaise, causées par des émissions locales plus importantes.

Par rapport à la situation de référence 2040, la baisse limitée des émissions de particules fines PM_{2,5} liée à la mise en place des actions du PdM entraînent des baisses des concentrations moyennes de PM_{2,5} inférieures à 1 µg/m³ sur la quasi-totalité du territoire PdM (Figure 40 et Figure 41).

Les seules différences significatives (c'est-à-dire supérieures à 1 µg/m³) sont observées sur l'Agglomération lyonnaise (Figure 42), avec des gains de concentrations entre 1 et 3 µg/m³ sur les axes structurants tels que l'axe M7 et le tunnel sous Fourvière ainsi que certaines portions au Nord Est du boulevard périphérique Laurent Bonnevey. Ces baisses sont liées à la baisse des kilomètres parcourus induite par les actions du PdM. La hausse des émissions de PM_{2,5} liées aux actions du PdM sur le Beaujolais n'a pas d'impact sur les concentrations de PM_{2,5}.

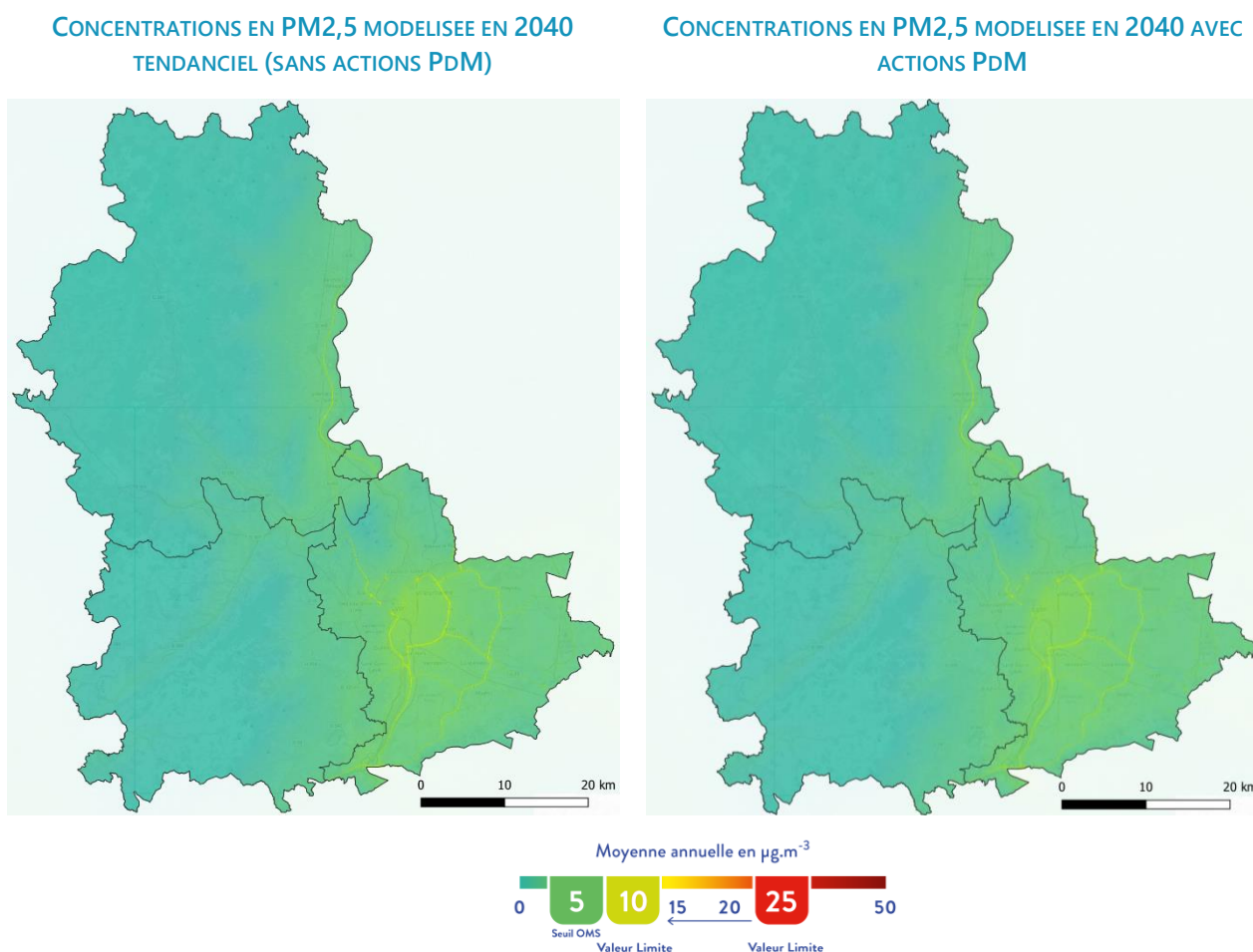


Figure 40 : Moyennes annuelles des concentrations en particules fines PM_{2,5} en µg/m³ déterminées pour la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM

GAINS DES CONCENTRATIONS PM_{2,5} ENTRE LA REFERENCE TENDANCIEL 2040 (REFERENCE) ET SCENARIO PdM 2040

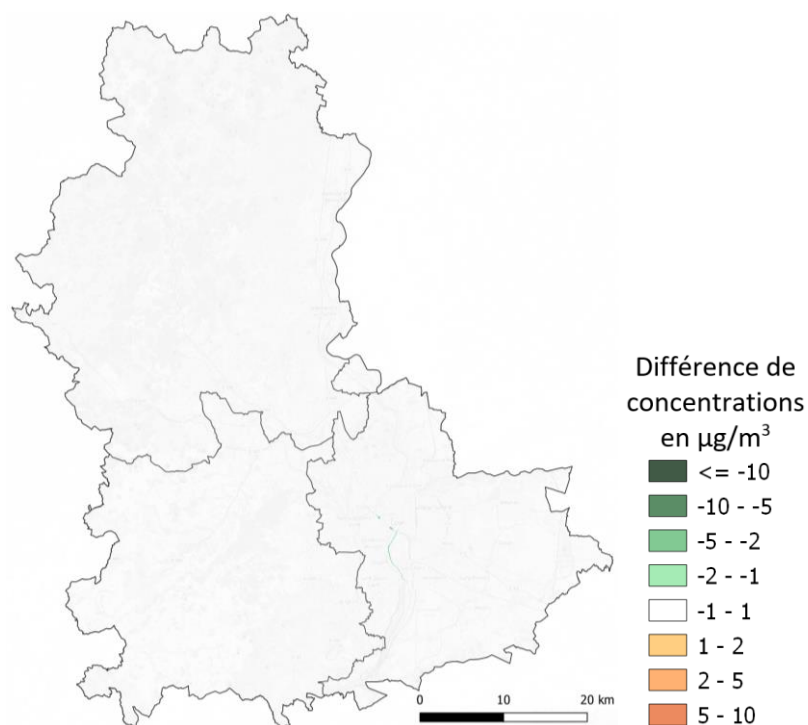


Figure 41 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM_{2,5} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM

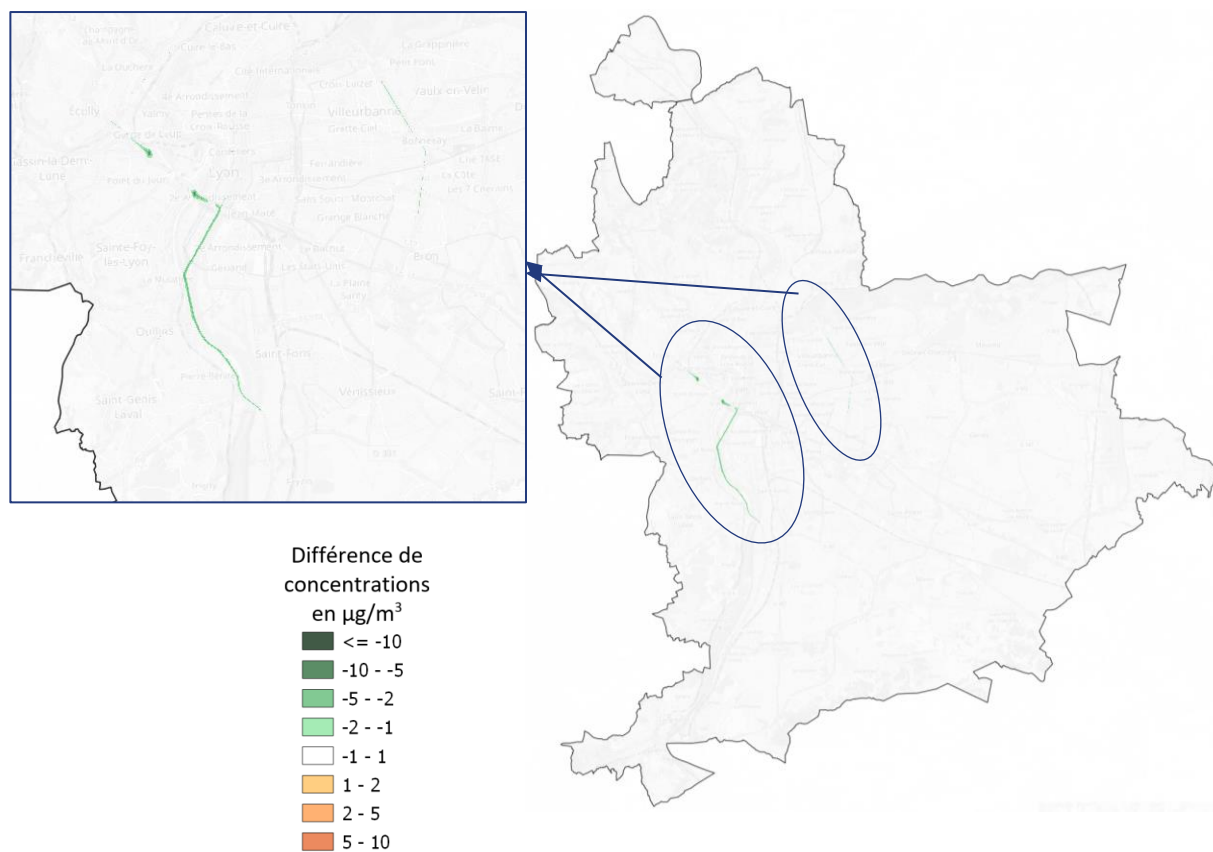


Figure 42 : Différence des concentrations moyennes annuelles en particules fines PM_{2,5} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre la situation de référence tendancielle 2040 et le scénario avec actions PdM 2040, zoom sur l'Agglomération lyonnaise

Exposition de la population à des dépassements de la valeur réglementaire en PM2,5

L'exposition de la population aux particules fines PM2,5 diminue entre 2018 et 2040 sur le territoire du PdM (Tableau 3Tableau 1).

Aucun habitant n'est exposé à des dépassements de la valeur limite réglementaire (25 µg/m³) aux deux échéances, 2018 et 2040.

En situation de référence 2040, presque aucun habitant n'est exposé à des concentrations supérieures à la valeur limite européenne 2030 (10 µg/m³), contre 75% de la population en 2018.

93% de la population du périmètre du PdM reste exposée à un dépassement du seuil de recommandation de l'OMS (5 µg/m³), dont 100% des habitants de l'Agglomération lyonnaise.

Les actions du PdM ne permettent quasiment pas d'agir sur l'exposition de la population soumise à des concentrations supérieures au seuil recommandé par l'OMS pour les PM2,5.

PdM de Lyon Moyenne annuelle PM2,5	2018	2040	
	Référence	Référence	Scénario PdM
Valeur limite (25 µg/m³)	0 hab	0 hab	0 hab
	0.00%	0%	0%
Valeur limite UE 2030 (10 µg/m³)	1 380 000 hab	<200 hab	<50 hab
	74.5%	0%	0%
Niveau recommandé OMS (5 µg/m³)	1 852 000 hab	1 940 800 hab	1 940 700 hab
	100%	93.1%	93.1%

Tableau 3 : Exposition de la population à des dépassements de la valeur réglementaire aux particules fines PM2,5 modélisées pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040

L'exposition moyenne de la population aux particules fines PM2,5 diminue tendanciellement entre 2018 et 2040 de 40% sur le périmètre du PdM (Figure 43 et Figure 44), passant de 10,2 µg/m³ en 2018 à 6,2 µg/m³ en 2040.

La mise en place des actions du PdM entraîne une évolution négligeable de la distribution de l'exposition aux particules PM2,5 des populations à l'échelle du PdM. Une très faible baisse de l'exposition moyenne aux PM2,5 est observée sur l'Agglomération lyonnaise et aucun impact des actions du PdM n'est visible sur l'exposition moyenne des habitants de l'Ouest lyonnais et du Beaujolais.

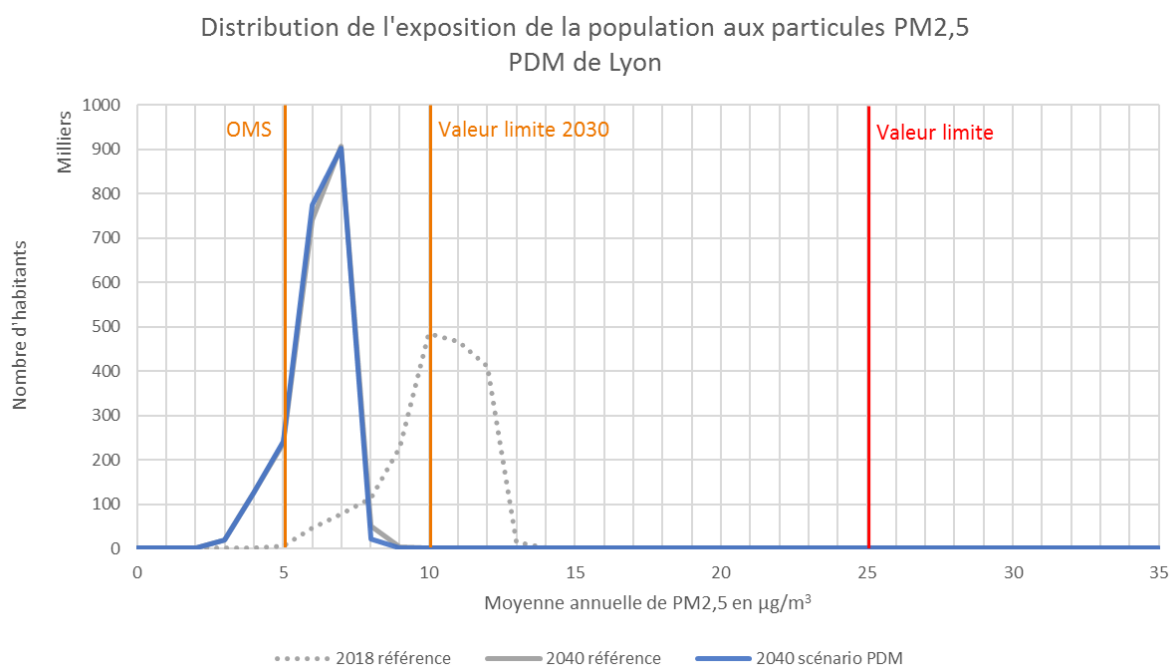


Figure 43 : Distribution de l'exposition de la population aux particules fines PM2,5 pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM

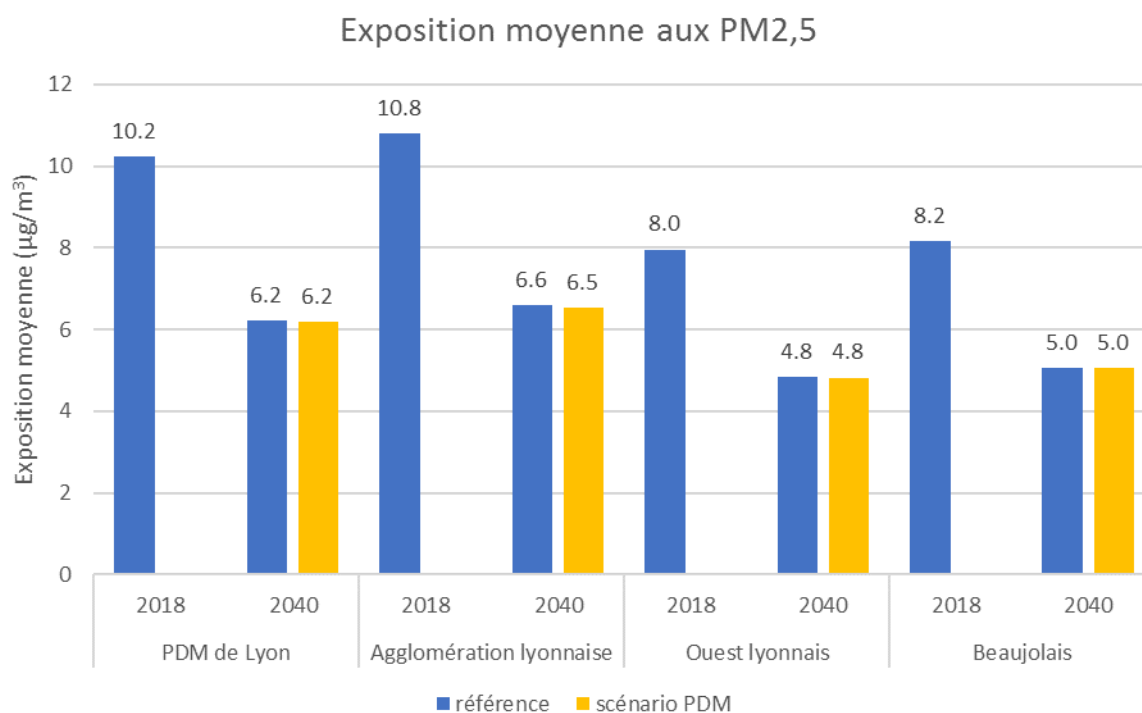


Figure 44 : Expositions moyennes aux particules fines PM2,5 (IPP) pour les situations de référence 2018 et 2040 et le scénario avec actions PdM 2040 sur le périmètre PdM et les 3 zones du découpage territorial

3.4.4. Impact sur les concentrations en ozone

L'analyse projetée de la concentration en ozone à l'horizon 2040 se révèle peu pertinente en raison de sa forte corrélation avec le réchauffement climatique, ainsi que de la complexité de son comportement chimique. L'ozone est en effet un polluant secondaire, formé lors de la réaction chimique de composés dit « précurseurs », dont les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatils (COV), activée par les rayonnements ultra-violet. Cette réaction est non-linéaire. La baisse des concentrations des précurseurs n'entraîne pas systématiquement une baisse des concentrations d'ozone. La réaction de formation de l'ozone s'effectue également sur de longues distances, entraînant des niveaux de concentrations plus élevés loin des sources principales de précurseurs comme les grandes agglomérations.

Étant donné ces facteurs, évaluer l'impact du Plan De Mobilité (PdM) sur ce polluant dans ce contexte semble prématuré, compte tenu des connaissances actuelles. En effet, les prévisions concernant l'ozone sont fortement influencées par des variables climatiques difficilement prédictibles sur le long terme et de la tendance d'évolution des émissions de précurseurs d'ozone à large échelle. Toutes ces variables rendent cette projection à cet horizon incertaine et les résultats peu exploitables.

Conclusion

Les baisses tendancielle d'émissions entre 2018 et 2040 sont importantes grâce à l'amélioration du parc de véhicules. Ce dernier se compose en majorité de véhicules électriques ou Crit'air 1 ou Crit'air 2, dont les émissions des différents polluants à l'échappement sont plus faibles par rapport aux catégories Crit'air. Cela se traduit par des baisses en émissions totales du périmètre PdM s'élevant à un minimum de 30% par rapport à 2018 et pouvant atteindre les 90% pour les émissions de NOx.

Comme le PdM n'entraîne pas d'évolution du parc de véhicules, ses actions jouent sur les émissions de polluant par l'évolution induite au niveau des kilomètres parcourus par les différents types de véhicules.

La mise en place des actions du PdM entraînent ainsi une diminution de 5,8% des kilomètres parcourus sur le périmètre du PdM tous véhicules confondus par rapport à la situation de référence 2040 sans action du PdM.

En termes d'émissions de polluants, ces évolutions des kilomètres parcourus entraînent, sur le territoire du PdM, par rapport à la situation de référence 2040 sans action du PdM :

- Une baisse des émissions totales d'oxydes d'azote NOx inférieure à 1%,
- Une baisse des émissions totales de particules fines de 3,7% pour les PM10 et de 4% pour les PM2,5,
- Une baisse des émissions totales de CO₂ de 3%.

Les initiatives déployées dans le cadre du PdM se traduisent par des réductions significatives d'émissions de polluants dans les zones où la diminution des distances parcourues sont les plus importantes (l'Agglomération lyonnaise). Le territoire du Beaujolais présente, quant à lui, une augmentation des émissions pour tous les polluants du fait de l'augmentation des kilomètres parcourus de tous les types de véhicules.

En termes de concentrations, en situation de référence 2040, les concentrations de dioxyde d'azote NO₂ présentent une diminution importante des niveaux par rapport aux concentrations de 2018, qui est induite par la forte baisse des émissions tendancielle d'oxydes d'azote NOx due à l'amélioration du parc de véhicules.

La mise en place des actions du PdM entraîne des gains en concentrations de NO₂ négligeables (inférieur à 1 µg/m³). Seuls l'abord de l'axe M7 et des quais Jean-Jacques Rousseau et Perrache, ainsi que certaines parties du périphérique Laurent Bonnevey présentent des baisses significatives, au maximum de 3 µg/m³ par rapport à la situation de référence 2040.

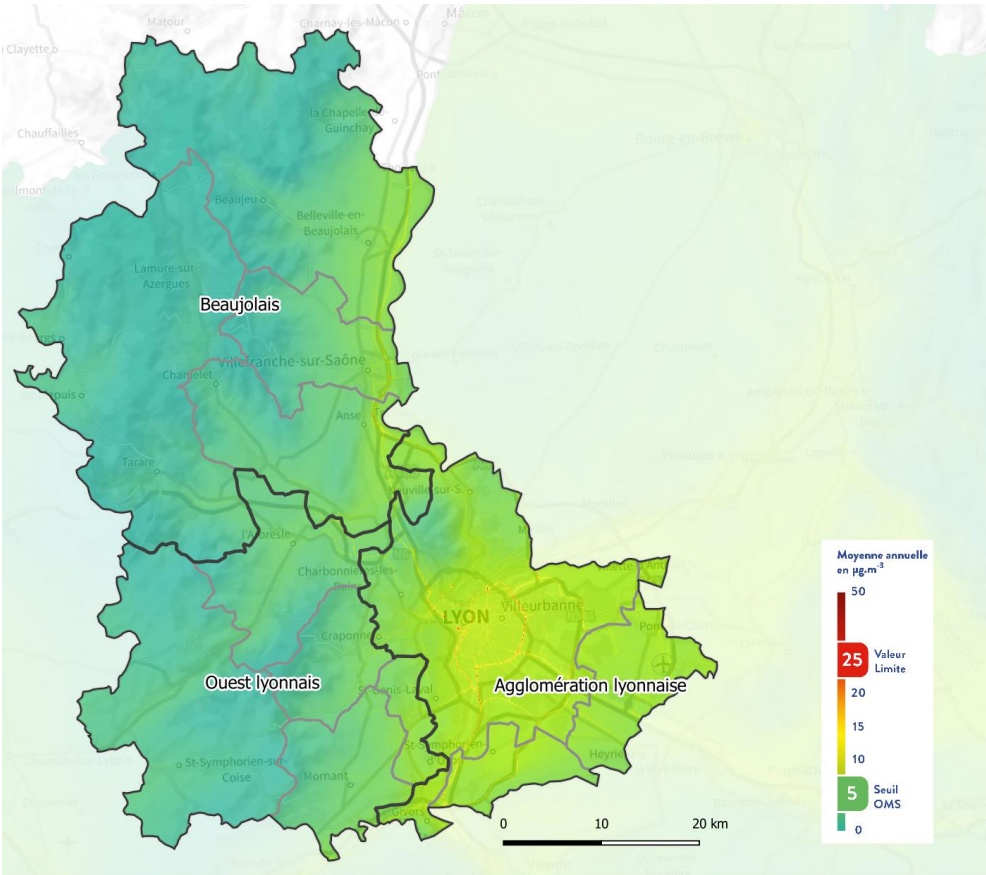
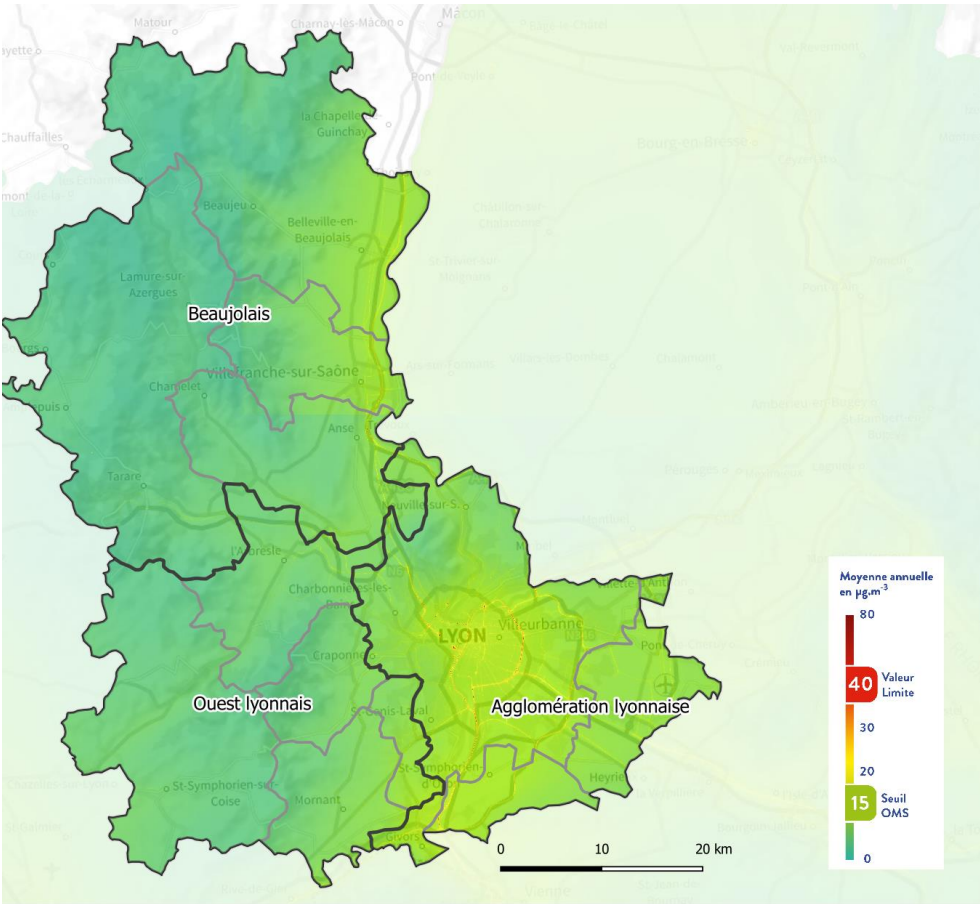
Les actions du PdM permettent que 26 000 habitants supplémentaires passent sous le seuil recommandé par l'OMS pour le dioxyde d'azote NO₂.

Les particules PM10 et PM2,5 ne proviennent qu'à hauteur de 15% du trafic routier. La baisse tendancielle des concentrations entre 2018 et 2040 est ainsi plus faible que pour le NO₂. Comme pour le NO₂, la mise en place des actions du PdM entraînent des baisses négligeables de concentrations de PM10 et PM2,5 (inférieures à 1 µg/m³), excepté à l'abord des quais au sud de Perrache et de certaines parties du périphérique où les gains atteignent 4 µg/m³ pour les PM10 et 3 µg/m³ pour les PM2,5.

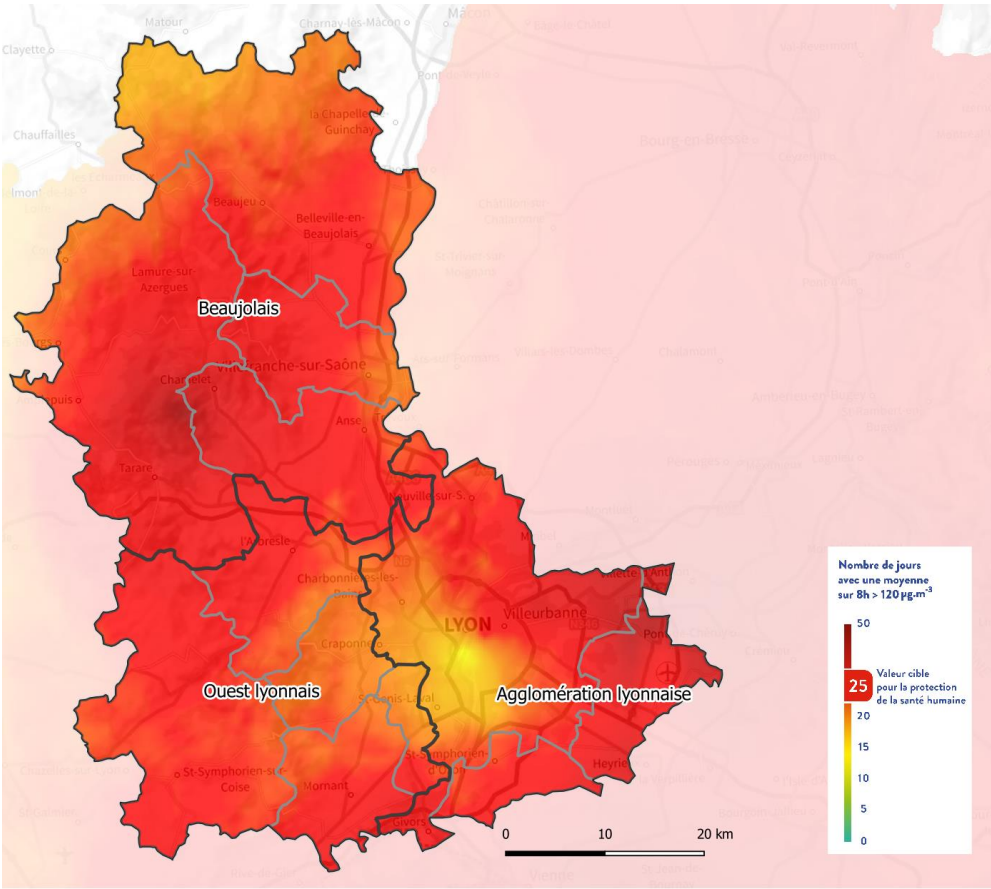
En termes d'exposition de la population, les actions du PdM permettent que 3 600 habitants supplémentaires de l'Agglomération lyonnaise soient exposés à des niveaux inférieurs au seuil recommandé par l'OMS pour les PM10. Elles n'ont en revanche pas d'impact sur l'exposition aux PM2,5.

D'après les modélisations effectuées, les gains en qualité de l'air entre 2018 et 2040 sont très majoritairement dus à l'amélioration technologique des véhicules. La mise en place des actions du PdM entraîne donc un impact limité sur la qualité de l'air en 2040. Cependant, les baisses en concentrations de polluants observées en 2040 grâce aux actions du PdM impactent des axes actuellement sensibles en termes de qualité de l'air. Chaque gain en concentrations compte pour limiter l'exposition de la population.

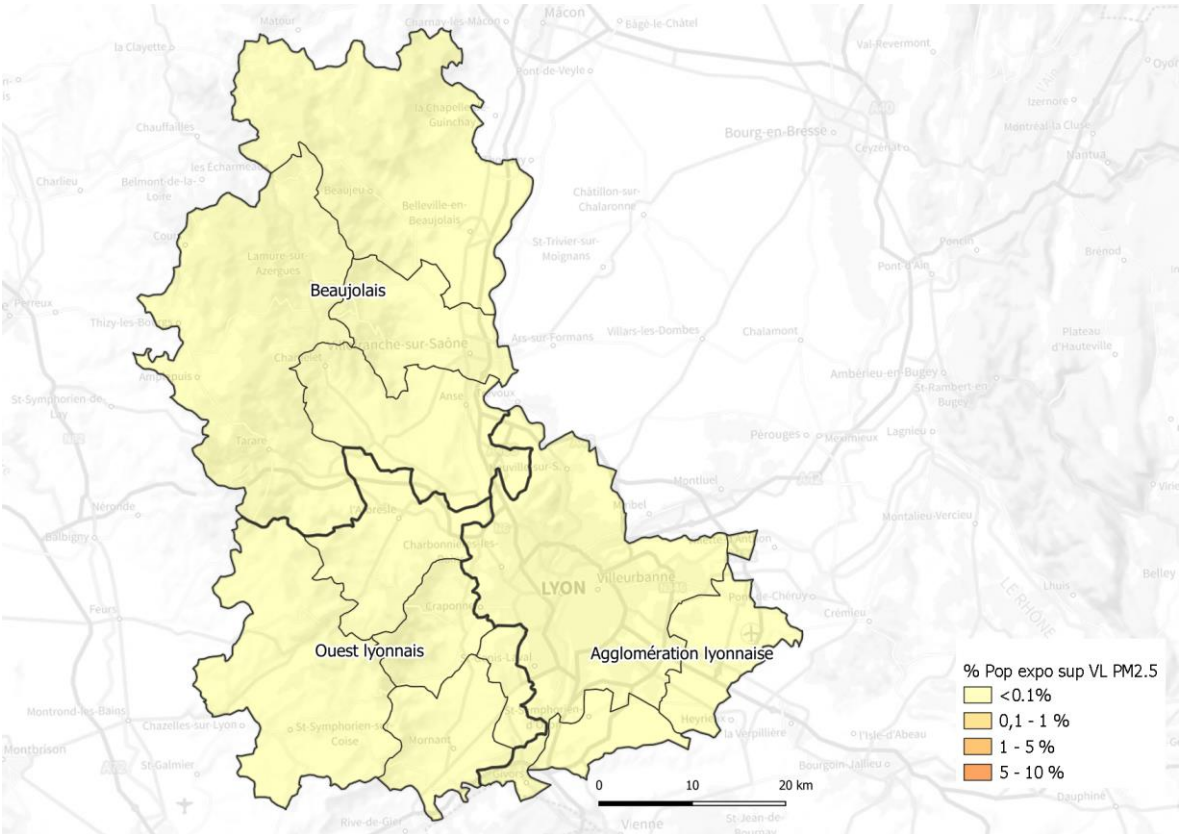
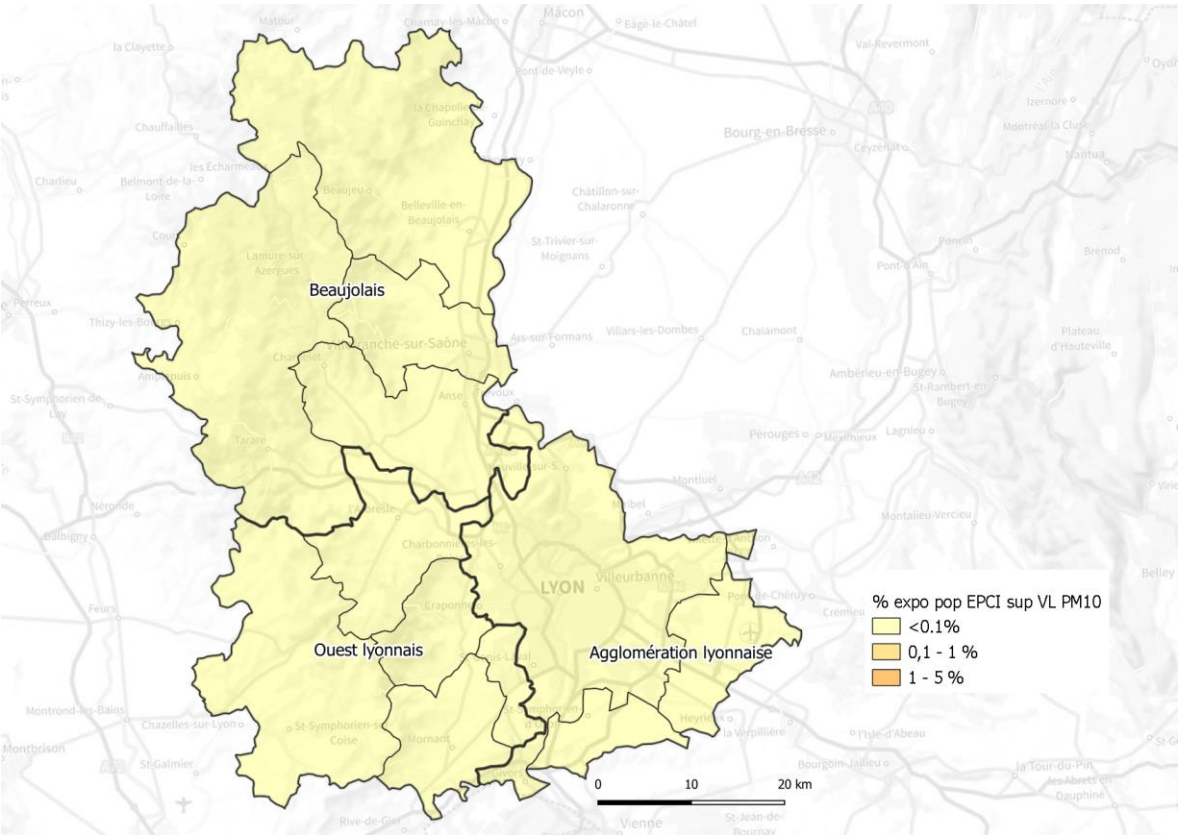
Annexe 1 – Cartes des concentrations moyennes en particules fines en 2019



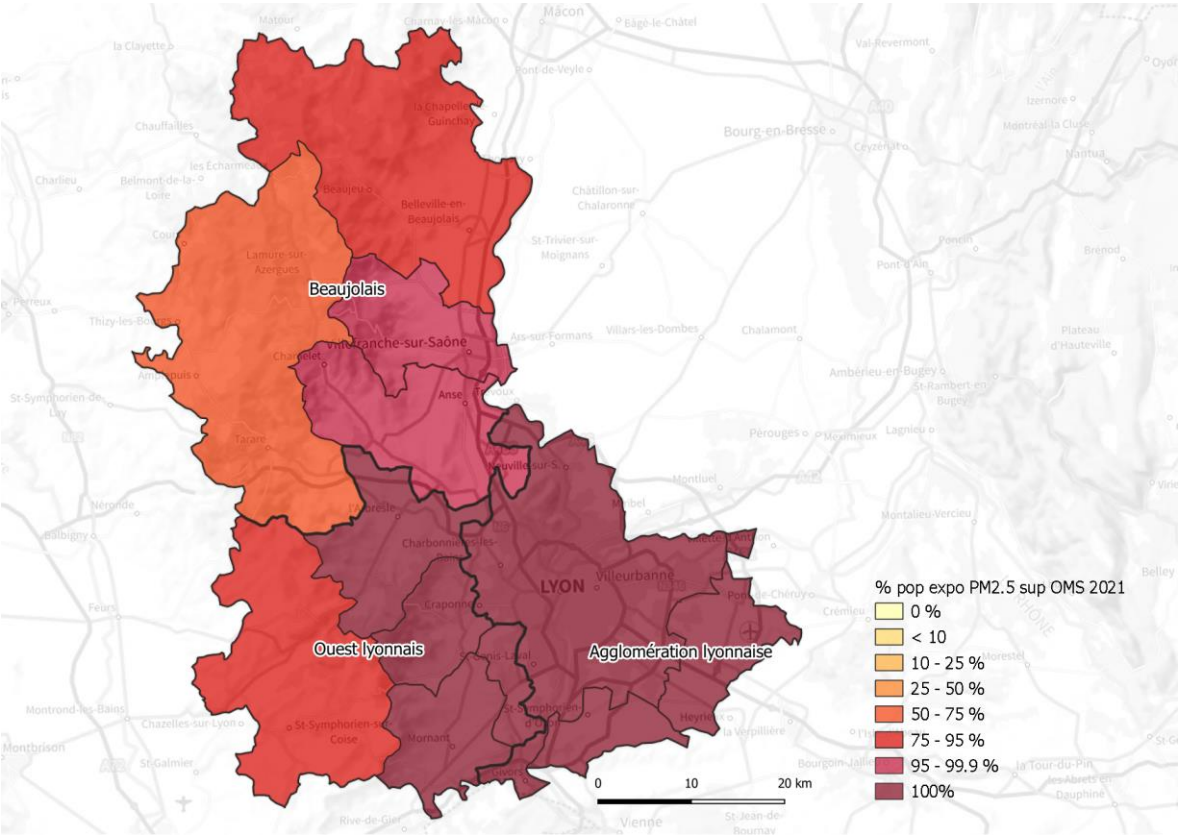
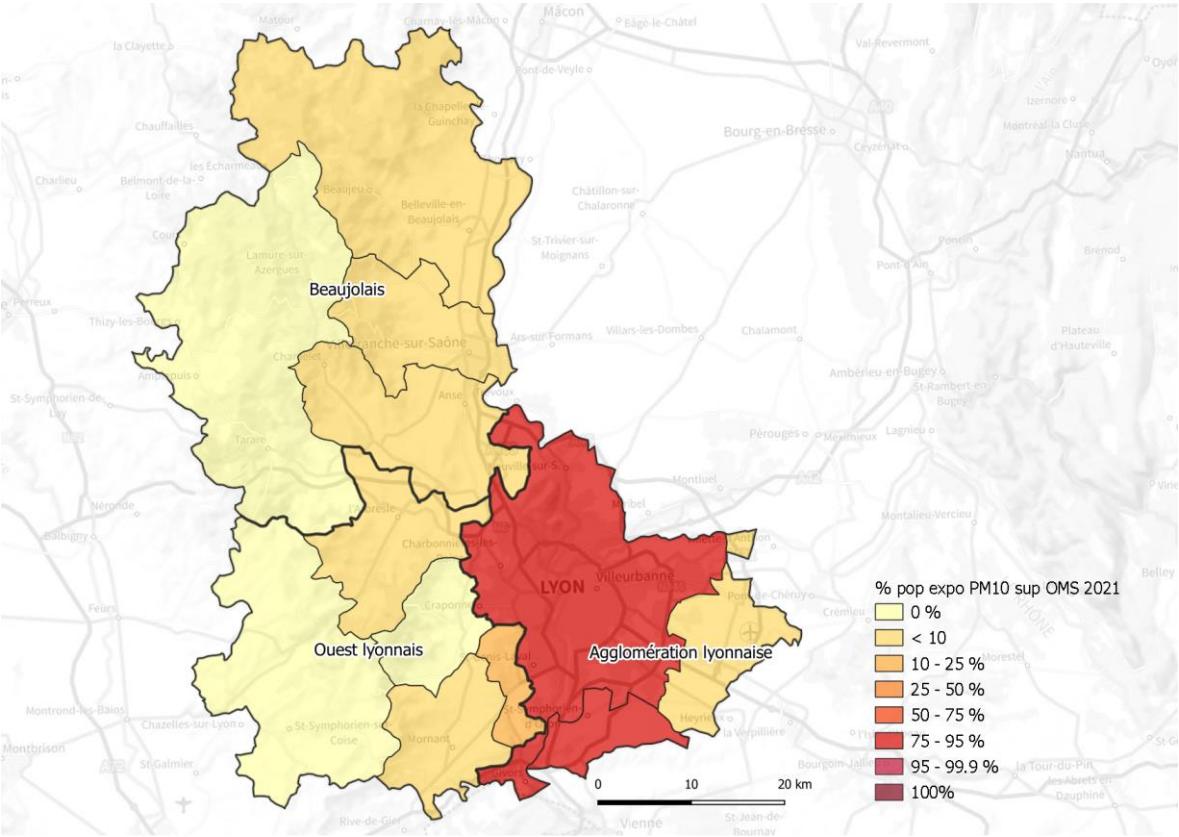
Annexe 2 – Carte annuelle en ozone O₃ en 2019



Annexe 3 - Exposition de la population à des concentrations de particules fines supérieures aux seuils réglementaires en 2019



Annexe 4 Exposition de la population à des concentrations de particules fines supérieures aux recommandations OMS en 2019



Annexe 5 Hypothèses d'étude pour le parc de véhicules et résultats des tests de sensibilité

Evolution tendancielle 2018-2040 du parc de véhicules avec ou sans prise en compte de l'interdiction de ventes des VL thermiques en 2035

Le parc de véhicules utilisé pour l'évaluation des actions PdM intègre l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035. Cette mesure n'est pas encore prise en compte dans les hypothèses tendanciennes officielles du CITEPA en 2024, qui n'incluent que les hypothèses actées au 31/12/2021.

Afin d'évaluer l'impact de cette mesure sur les émissions de polluants en 2040, les émissions de la situation de référence 2040 ont été calculées avec :

- un parc intégrant les hypothèses nationales officielles du CITEPA v2024,
- un parc incluant l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035 (utilisé pour l'évaluation PdM).

Entre les deux parcs, seules les hypothèses de répartition par carburant des véhicules entrants tendanciennement diffèrent.

Dans le cas de la prise en compte de l'interdiction de vente des VP et VUL thermiques, les hypothèses CITEPA v2024 sont ajustées afin d'atteindre progressivement l'entrée de 100% de véhicules électriques dans le parc à partir de 2035 (Figure 45 et Figure 46).

En 2040, 100% des VL entrants sont électriques dans le cas de la prise en compte de l'interdiction des thermiques, contre 28% des VP et 27% des VUL avec les hypothèses CITEPA v2024.

Cette répartition par carburant est appliquée uniquement aux nouveaux véhicules du parc entrant chaque année. Pour les VP, environ 5% des véhicules sont renouvelés annuellement, ce qui permet en 2040 un renouvellement de 88% des VP présents dans le parc en 2022.

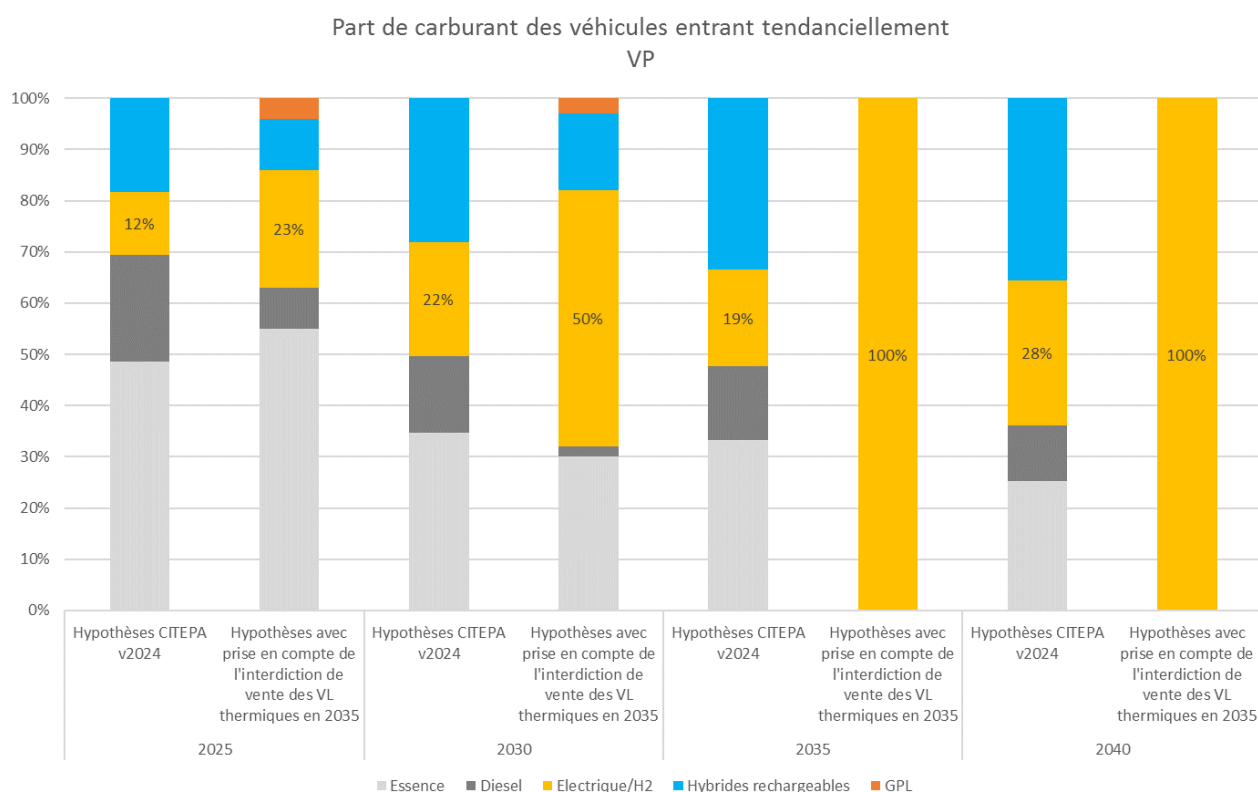


Figure 45 : Répartition par carburant des VP entrant tendanciennement dans le parc avec les hypothèses nationales CITEPA v2024 et avec la prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035

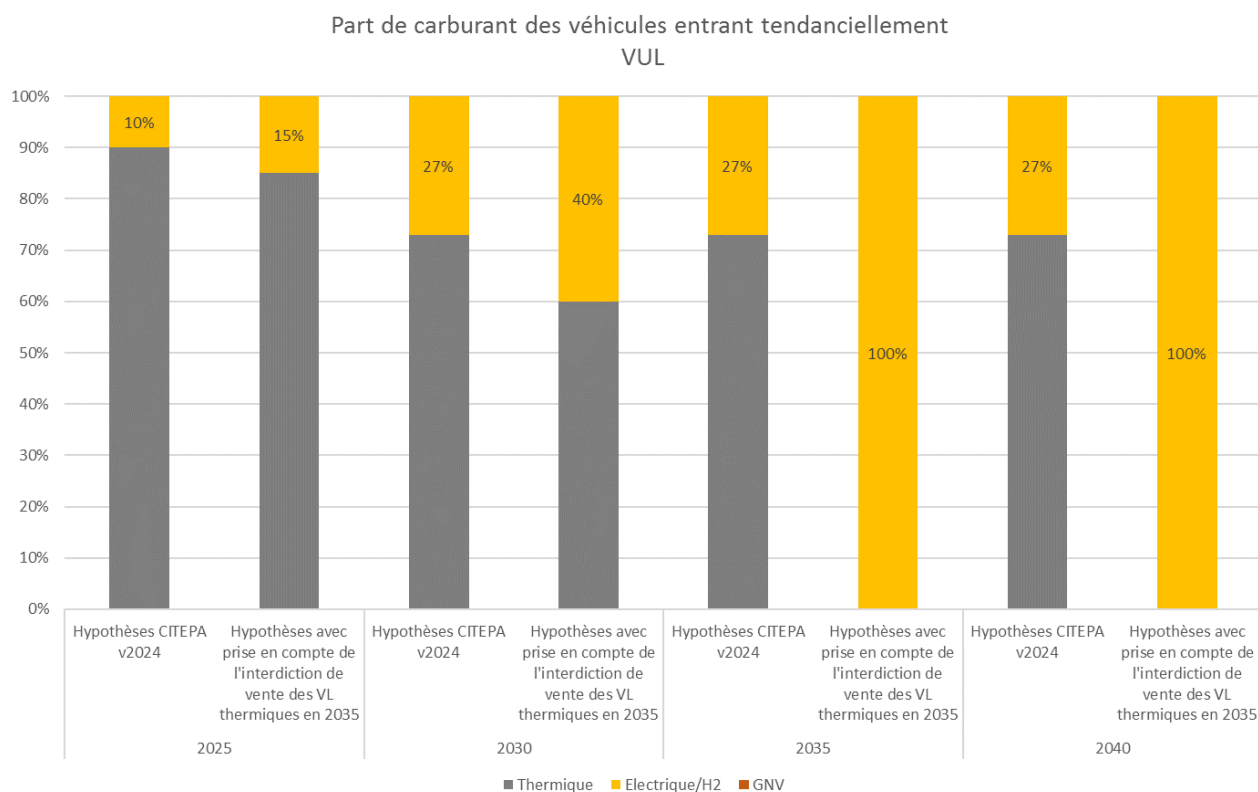


Figure 46 : Répartition par carburant des VUL entrant tendancielllement dans le parc avec les hypothèses nationales CITEPA v2024 et avec la prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035

Entre 2018 et 2040, l'évolution tendancielle du parc de VP et VUL permet une amélioration très importante du parc de véhicules, avec une diminution forte du parc ancien (Crit'Air 3,4,5 et NC) et notamment une disparition des Crit'Air 5 et NC, dans les deux parcs (Figure 47).

En 2040, la part des VP électriques et Crit'air 1 atteint 77% avec les hypothèses CITEPA v2024 et 91% si prise en compte de l'interdiction de ventes de véhicules thermiques en 2035.

La part de VP électriques est de 52% contre 20% sans cette interdiction. Pour les VUL, elle est de 72,5% contre 21% sans.

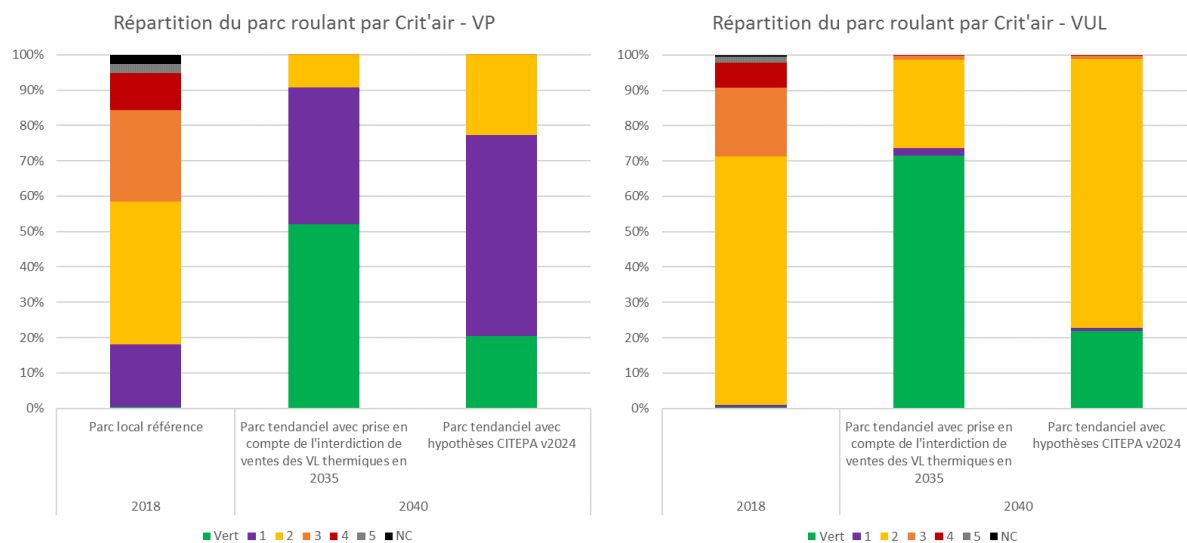


Figure 47 : Répartition par vignettes Crit'air des parcs VP et VUL en 2018 et 2040 avec ou sans prise en compte de l'interdiction de vente des VL en 2035

Test de sensibilité de l'évolution tendancielle des émissions de NOx avec ou sans interdiction de ventes des VL thermiques en 2035

La forte amélioration du parc de véhicules entre 2018 et 2040 entraîne une baisse tendancielle très importante des émissions de NOx, d'environ 90% (Figure 48).

En 2040, l'interdiction de ventes des VL thermiques entraîne une baisse de 10% des émissions de NOx des VP et VUL et 8% des émissions totales par rapport aux émissions sans prise en compte de cette mesure.

Les véhicules Crit'air 2 et plus, notamment les véhicules diesel, sont les plus émetteurs de NOx. Les émissions de NOx des véhicules électriques sont nulles à l'échappement et celles des véhicules Crit'air 1 minimales. Les différences d'émissions avec et sans mesure d'interdiction de vente des thermiques viennent donc de la présence plus importante de VP et VUL Crit'air 2 et plus avec les hypothèses CITEPA v2024.

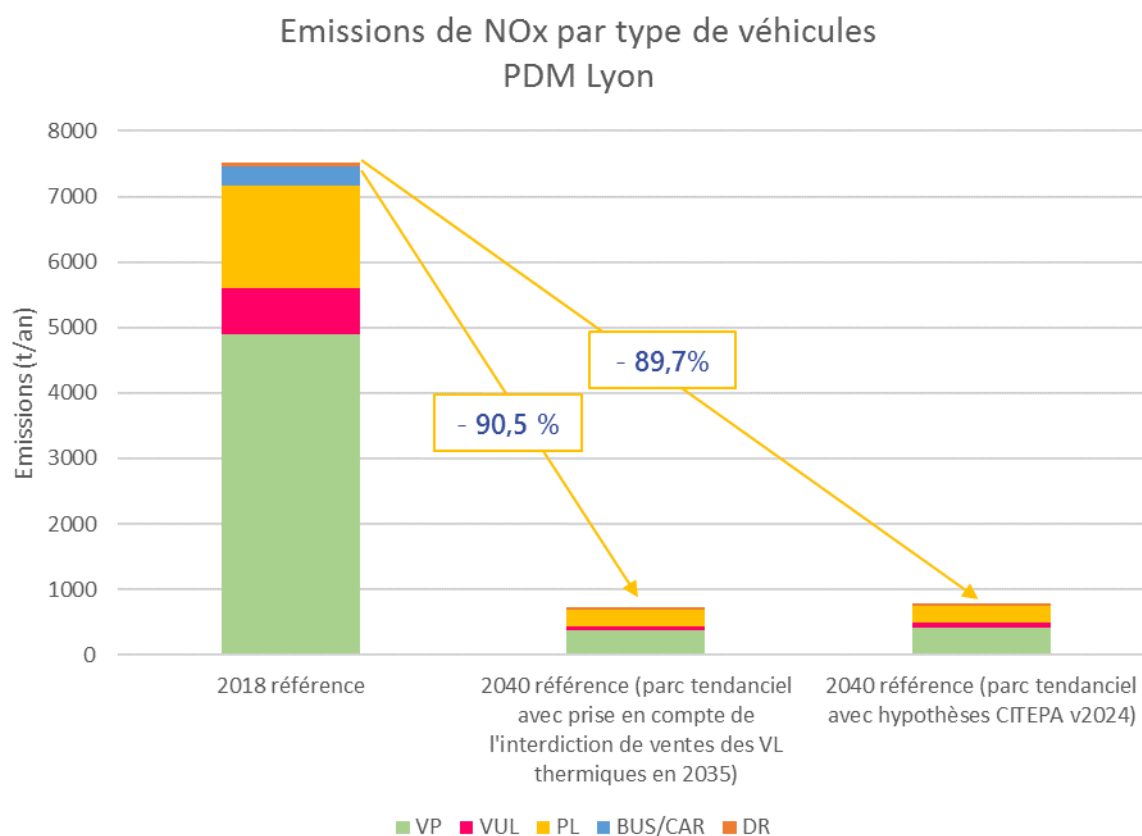


Figure 48 : Répartition par type de véhicules des émissions de NOx sur le périmètre PdM en 2018 et 2040, avec et sans prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035

Test de sensibilité de l'évolution tendancielle des émissions de PM10 avec ou sans interdiction de ventes des VL thermiques en 2035

Entre les situations de référence 2018 et 2040, les émissions de particules fines PM10 diminuent environ d'un tiers, grâce à l'amélioration du parc de véhicules et notamment au remplacement des véhicules Crit'air 3 et plus, davantage émetteurs de PM10 (Figure 49).

En 2040, l'impact de l'interdiction de ventes des VL thermiques en 2035 sur les émissions de PM10 est minime (<1%). En effet, à cette échéance, le parc de véhicules est essentiellement composé de véhicules électriques et

Crit'air 1 et 2, dont les émissions à l'échappement sont très faibles. Les émissions de particules viennent alors essentiellement des émissions liées à l'abrasion des routes, des pneus, des freins, etc, qui selon la méthodologie COPERT, ne dépendent que des kilomètres parcourus et de la typologie de véhicules.

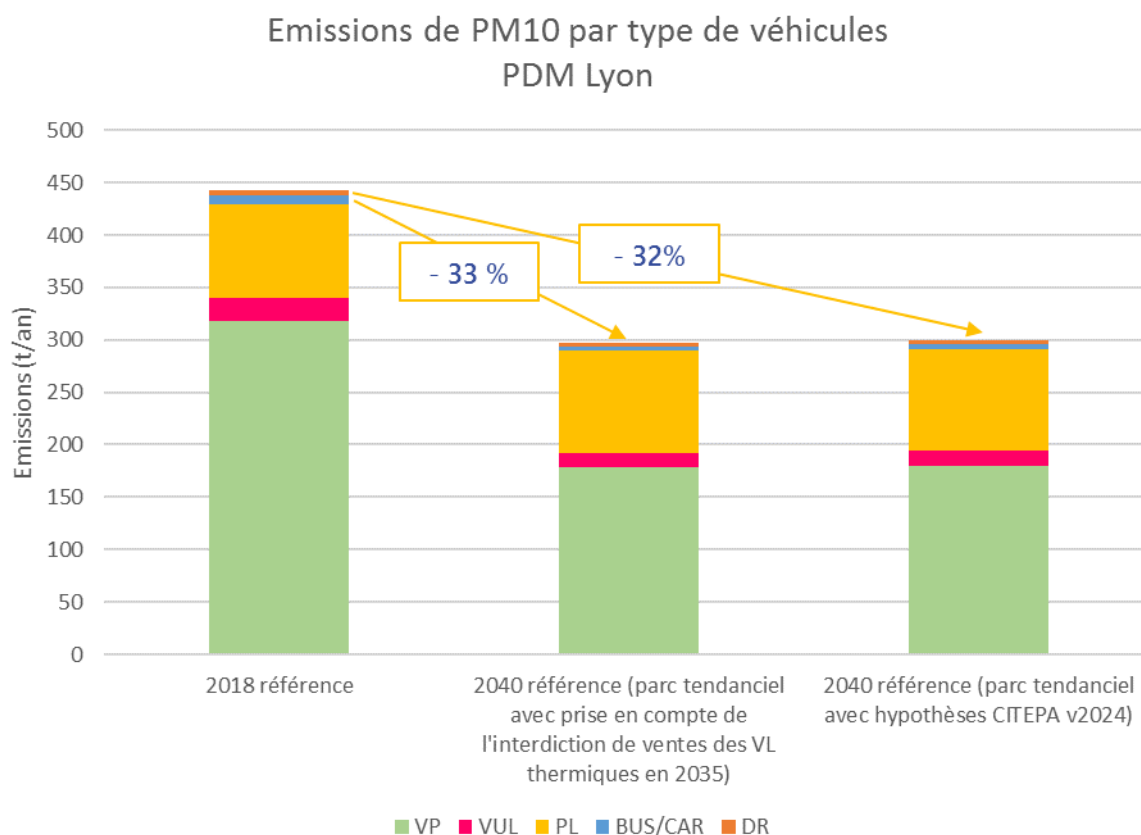


Figure 49 : Répartition par type de véhicules des émissions de NOx sur le périmètre PdM en 2018 et 2040, avec et sans prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035

Test de sensibilité de l'évolution tendancielle des émissions de PM2,5 avec ou sans interdiction de ventes des VL thermiques en 2035

Entre les situations de référence 2018 et 2040, les émissions de particules fines PM2,5 diminuent de 46 à 47%, grâce à l'amélioration du parc de véhicules et notamment au remplacement des véhicules Crit'air 3 et plus, davantage émetteurs de PM2,5 (Figure 50).

En 2040, comme pour les particules PM10, l'impact de l'interdiction de ventes des VL thermiques en 2035 sur les émissions de PM2,5 est minime (<2%). En effet, à cette échéance, le parc de véhicules est essentiellement composé de véhicules électriques et Crit'air 1 et 2, dont les émissions à l'échappement sont très faibles. Les émissions de particules viennent alors essentiellement des émissions liées à l'abrasion des routes, des pneus, des freins, etc, qui selon la méthodologie COPERT, ne dépendent que des kilomètres parcourus et de la typologie de véhicules.

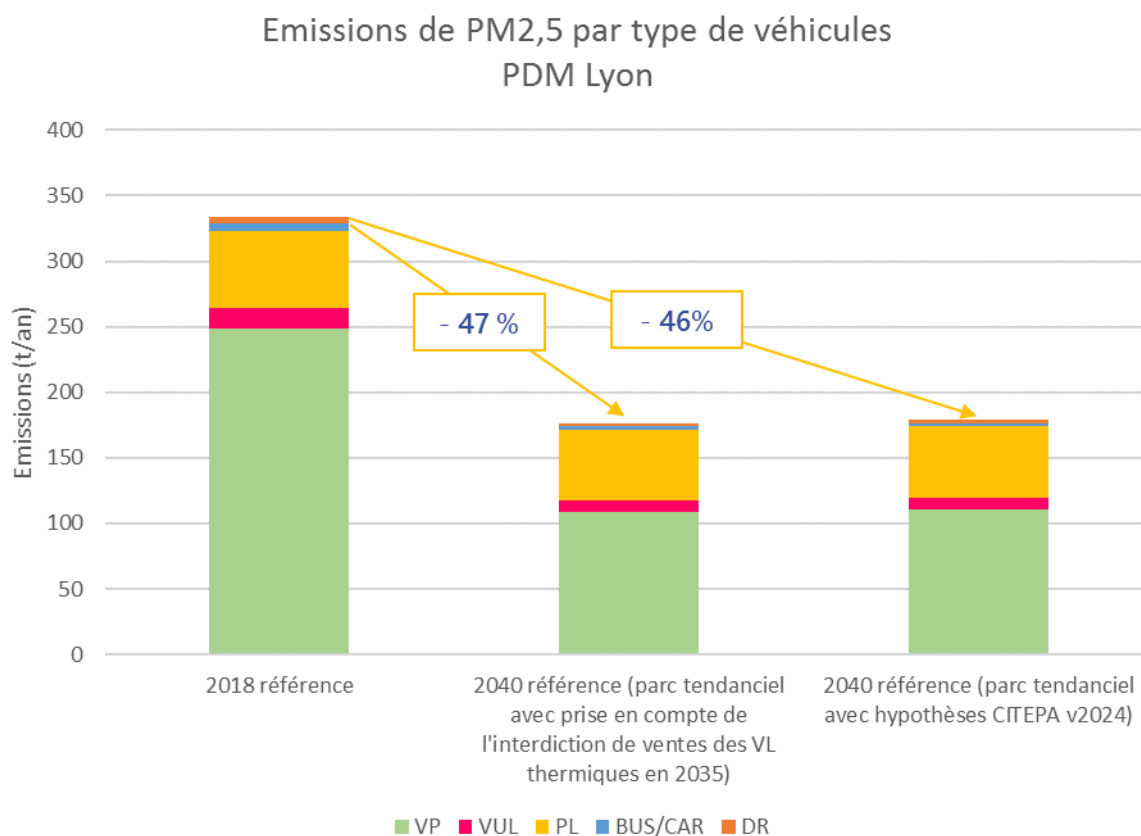


Figure 50 : Répartition par type de véhicules des émissions de PM_{2,5} sur le périmètre PdM en 2018 et 2040, avec et sans prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035

Test de sensibilité de l'évolution tendancielle des émissions de CO₂ avec ou sans interdiction de ventes des VL thermiques en 2035

Avec la prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035, les émissions de dioxyde de carbone CO₂ diminuent de 49% entre les situations de référence 2018 et 2040, contre -40% sans prise en compte de la mesure (Figure 51).

Les émissions de CO₂ sont liées à la consommation de carburant fossile des véhicules. Seul le renouvellement des véhicules thermiques vers des véhicules électriques et la baisse des kilomètres parcourus permettent des gains significatifs sur les émissions de ce polluant.

La baisse supplémentaire des émissions de CO₂ avec la prise en compte de l'interdiction de ventes des VL thermiques vient donc de la part plus importante de véhicules électriques dans ce parc.

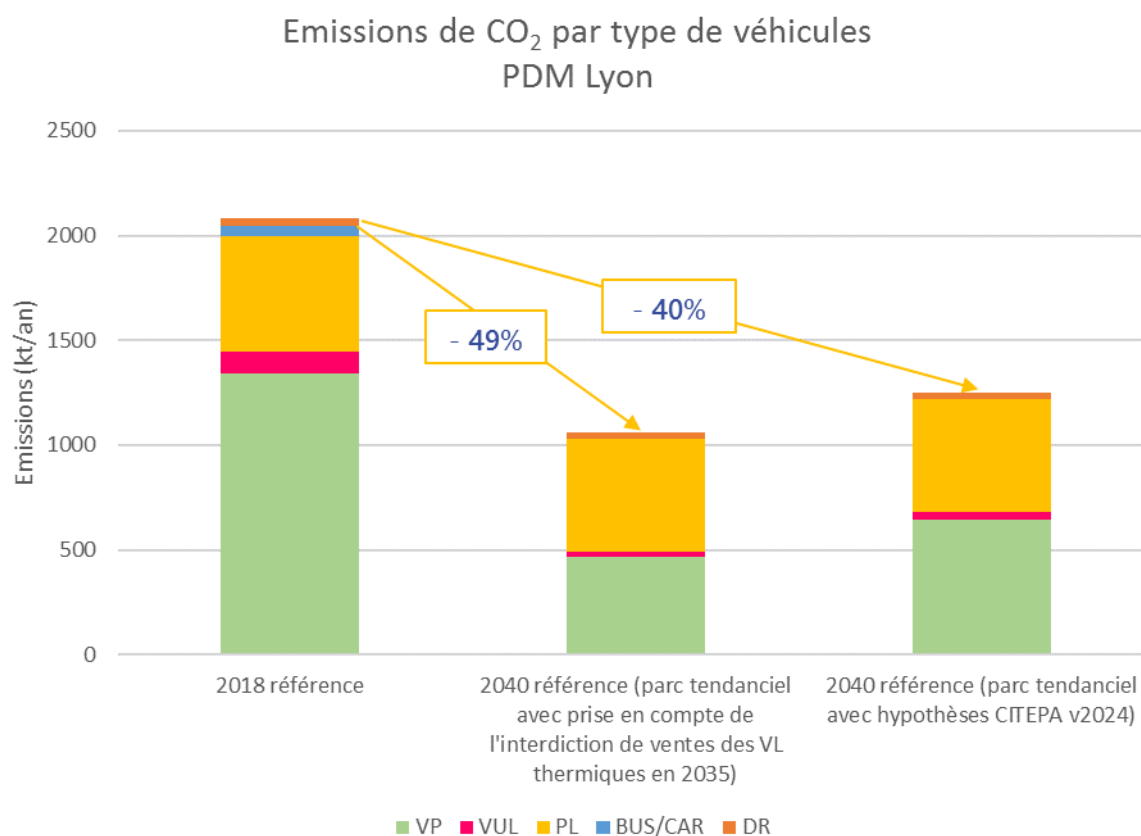


Figure 51 : Répartition par type de véhicules des émissions de CO₂ sur le périmètre PdM en 2018 et 2040, avec et sans prise en compte de l'interdiction de vente des VL thermiques en 2035

Annexe 6 – Emissions de polluants atmosphériques par ressort territorial en 2040

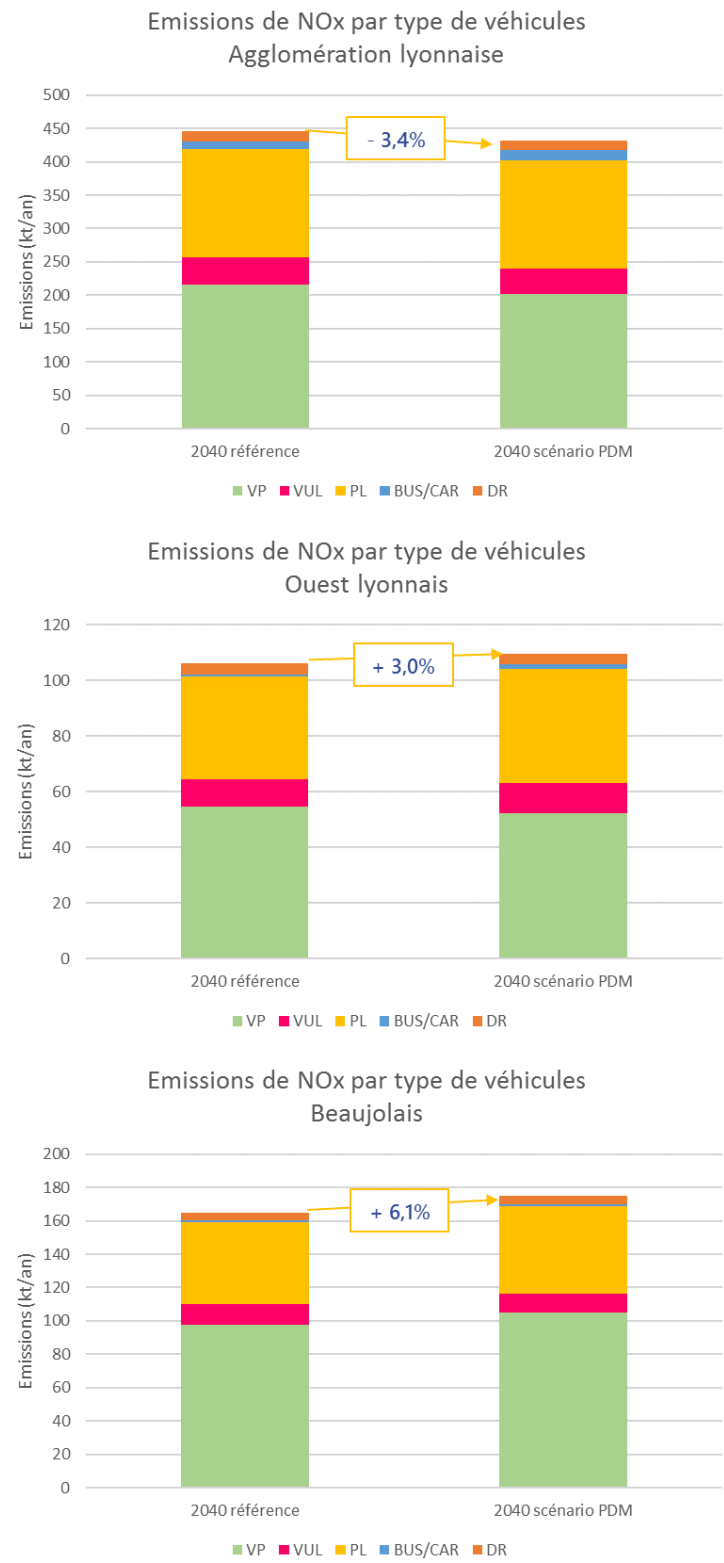


Figure 52: Répartition par type de véhicules des émissions de NOx sur l'Agglomération lyonnaise, l'Ouest lyonnais et le Beaujolais

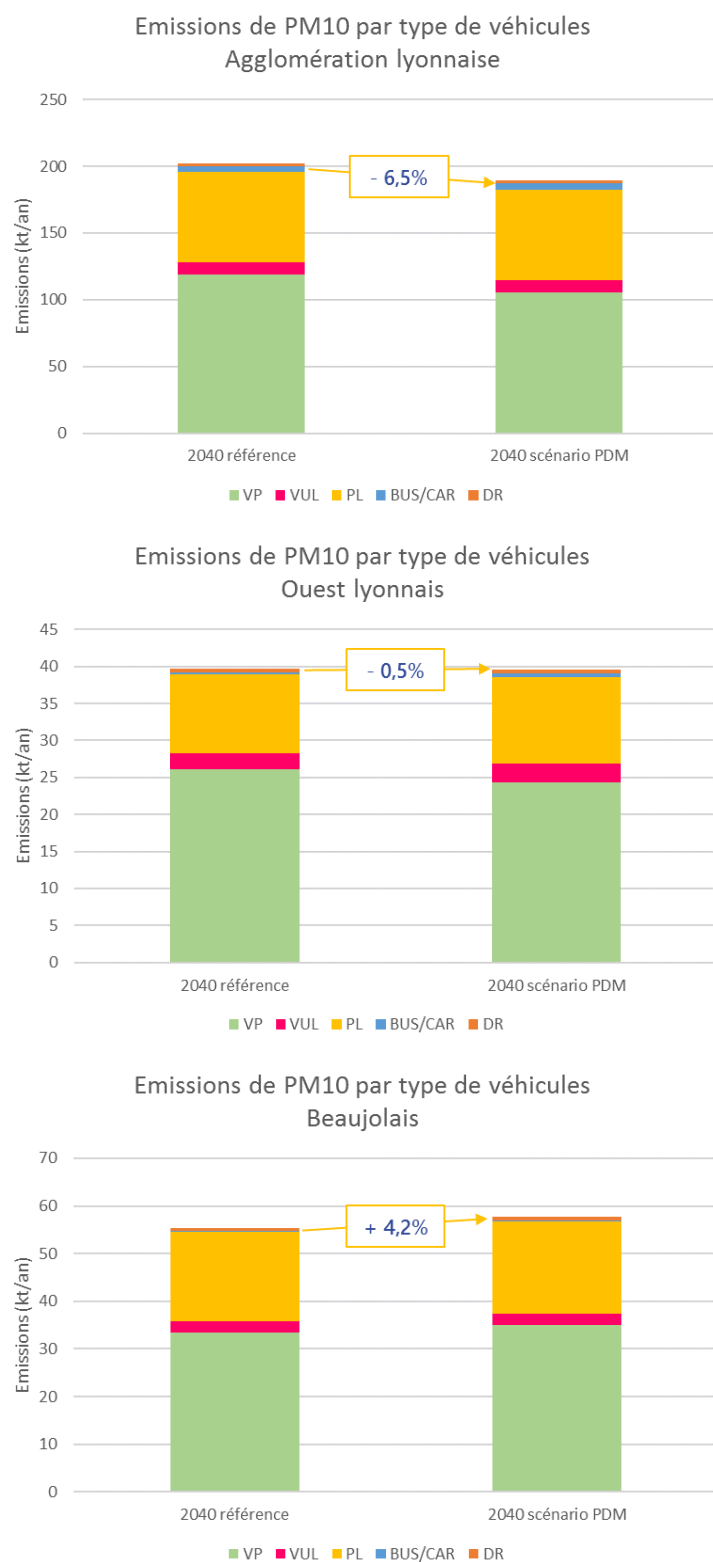


Figure 53: Répartition par type de véhicules des émissions de PM10 sur l'Agglomération lyonnaise, l'Ouest lyonnais et le Beaujolais

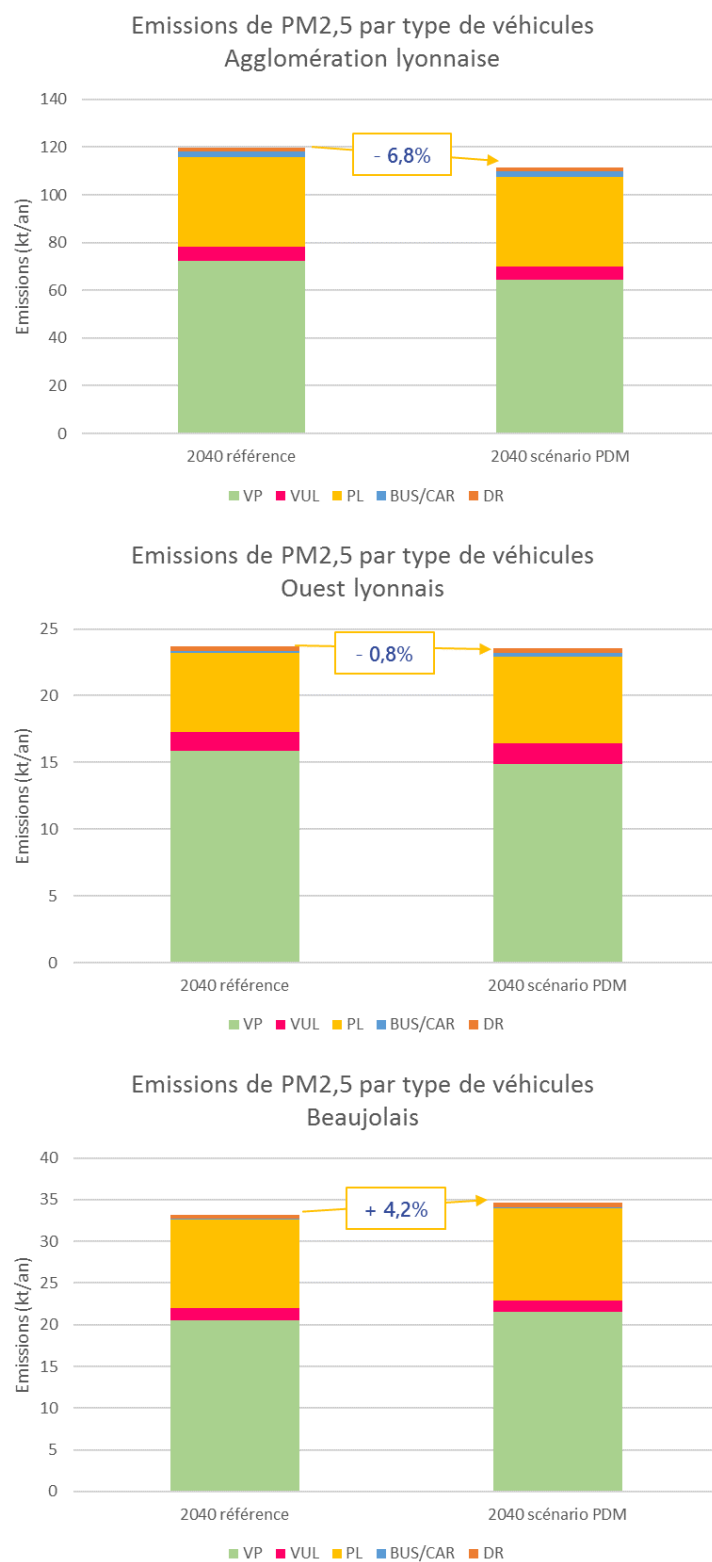


Figure 54: Répartition par type de véhicules des émissions de PM_{2,5} sur l'Agglomération lyonnaise, l'Ouest lyonnais et le Beaujolais

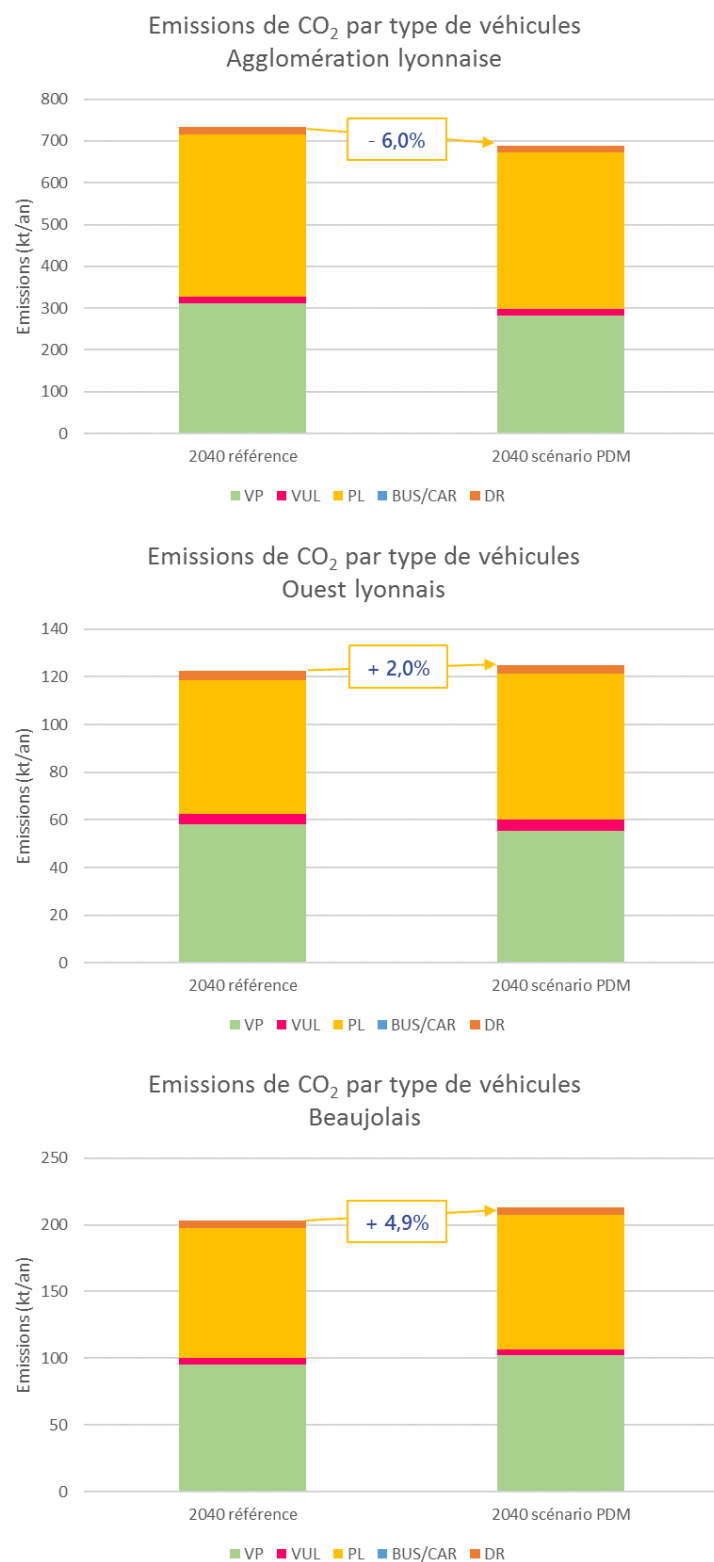


Figure 55: Répartition par type de véhicules des émissions de CO₂ sur l'Agglomération lyonnaise, l'Ouest lyonnais et le Beaujolais

Annexe 7 – Evolution tendancielle 2018 – 2040

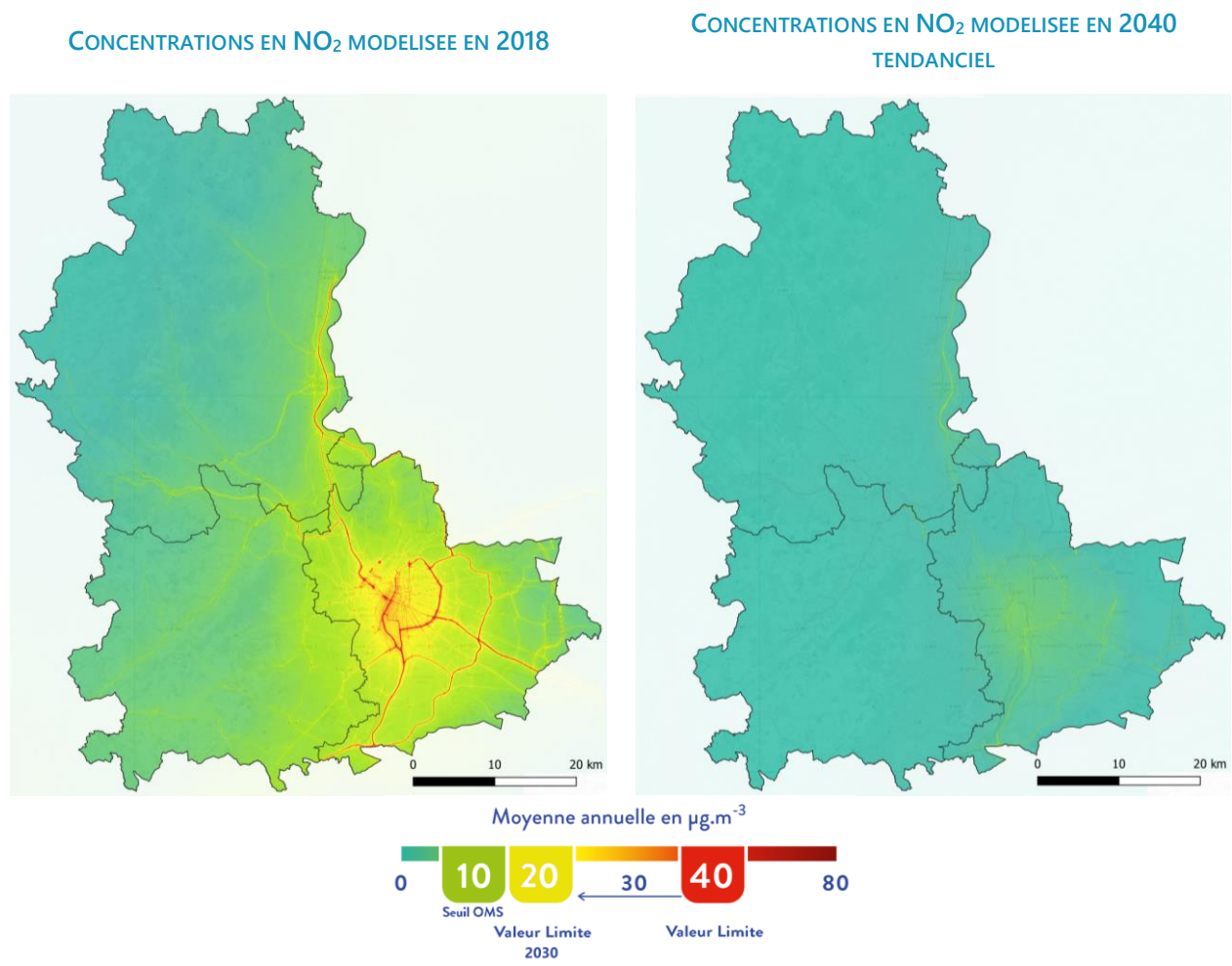
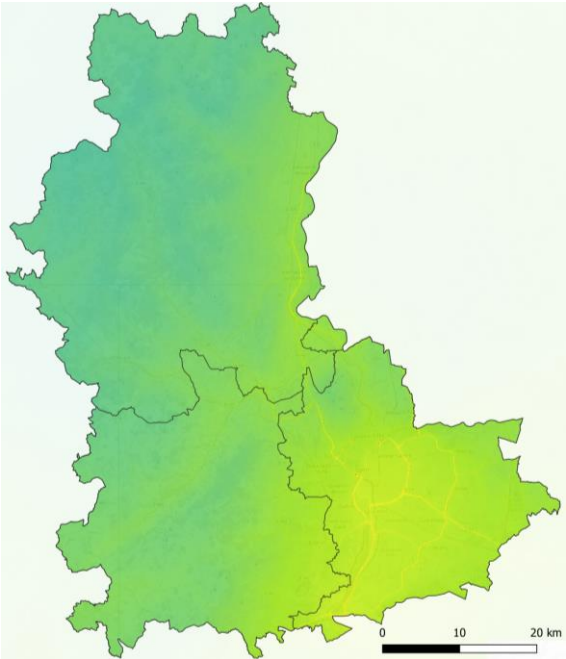


Figure 56: Evolution tendancielle entre 2018 et 2040 des concentrations moyenne en NO₂

CONCENTRATIONS EN PM10 MODELISEE EN 2018



CONCENTRATIONS EN PM10 MODELISEE EN 2040
TENDANCIEL

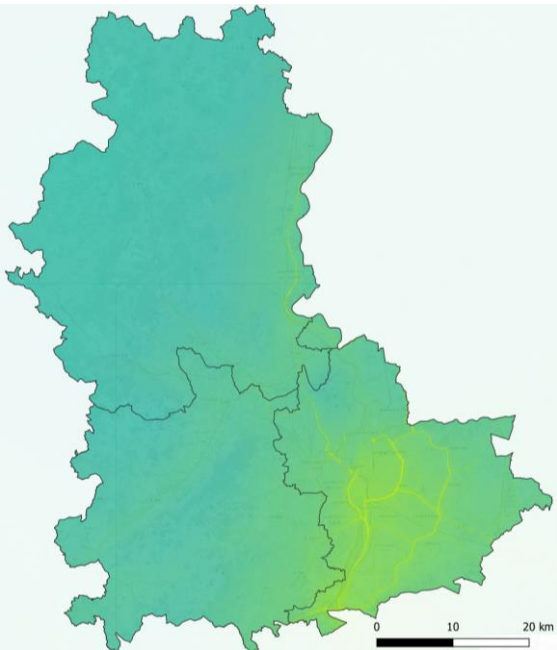
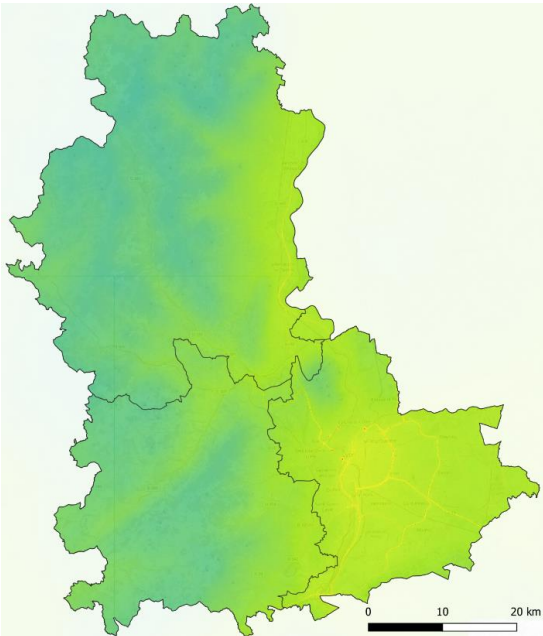


Figure 57: Evolution tendancielle entre 2018 et 2040 des concentrations moyenne en PM10

CONCENTRATIONS EN PM2,5 MODELISEE EN 2018



CONCENTRATIONS EN PM2,5 MODELISEE EN 2040
TENDANCIEL

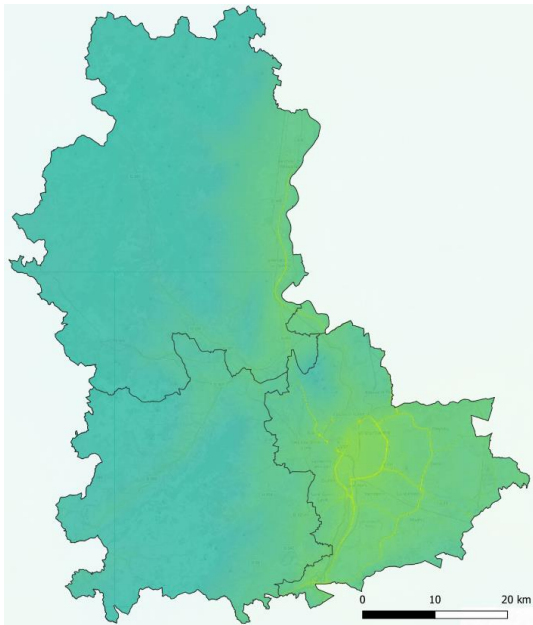


Figure 58: Evolution tendancielle entre 2018 et 2040 des concentrations moyenne en PM2,5