



Amélioration de la qualité de l'air à Paris : les facteurs explicatifs

Analyse des évolutions entre 2012 et 2022



AMELIORATION DE LA QUALITE DE L'AIR A PARIS : LES FACTEURS EXPLICATIFS

Analyse des évolutions entre 2012 et 2022

Août 2025

Toute reprise même partielle de ce rapport doit mentionner la source "Airparif".

Pour nous contacter

AIRPARIF - Surveillance de la Qualité de l'Air en Île-de-France
7 rue Crillon 75004 PARIS - Téléphone 01.44.59.47.64 - Site www.airparif.fr

Cette étude a été prolongée par une note complémentaire sur le secteur résidentiel publiée en janvier 2026 par Airparif, le présent rapport est republié à cette occasion uniquement pour inclure cette mention du complément. Cette note apporte des éléments contextuels sur le secteur résidentiel et permet d'inclure la contribution de l'évolution de ce secteur à l'amélioration de la qualité de l'air. Ce facteur explicatif était compris dans les autres sources de pollution locales et régionales dans les résultats du présent rapport.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	5
GLOSSAIRE	7
1. INTRODUCTION.....	9
2. EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'AIR ET DES EMISSIONS DE GES A PARIS ENTRE 2012 ET 2022	10
2.1. DIOXYDE D'AZOTE NO ₂	11
2.1.1. Concentrations moyennes annuelles	11
2.1.2. Exposition de la population	12
2.2. PARTICULES PM ₁₀ ET PM _{2.5}	12
2.2.1. Concentrations.....	12
2.2.2. Exposition de la population	14
2.3. EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE.....	16
3. FACTEURS EXPLICATIFS DES EVOLUTIONS : METHODOLOGIE ET DONNEES D'ENTREE	17
3.1. EVALUATION DE L'IMPACT DE CHAQUE FACTEUR ETUDIE	17
3.2. EMISSIONS DU TRANSPORT ROUTIER.....	19
3.2.1. Réduction du trafic routier	19
3.2.2. Composition du trafic	20
3.2.3. Facteurs d'émission	23
3.3. EMISSIONS DES AUTRES SECTEURS D'ACTIVITE	26
3.4. MODELISATION DES CONCENTRATIONS.....	27
3.5. EXPOSITION DE LA POPULATION	27
4. CONTRIBUTION DES DIFFERENTS FACTEURS EXPLICATIFS A L'EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'AIR	28
4.1. DIOXYDE D'AZOTE NO ₂	28
4.2. PARTICULES PM ₁₀ ET PM _{2.5}	30
4.3. DIOXYDE DE CARBONE CO ₂	32
5. CONCLUSION	33
ANNEXES	35
ANNEXE 1 : EVOLUTIONS DES CONCENTRATIONS ANNUELLES A PARIS ENTRE 2012 ET 2022	36
ANNEXE 2 : EVOLUTIONS DES EMISSIONS DU TRAFIC ROUTIER A PARIS ENTRE 2012 ET 2022.....	38
ANNEXE 3 : CONTRIBUTION DES DIFFERENTS SECTEURS D'ACTIVITE AUX EMISSIONS A PARIS.....	41
ANNEXE 4 : CLASSIFICATION DES VEHICULES SELON LA NOMENCLATURE CRIT' AIR	42
LISTE DES FIGURES.....	43
LISTE DES TABLEAUX.....	44

GLOSSAIRE

Généralités

Emissions : rejets de polluants dans l'atmosphère par différentes sources, communément regroupées par secteur d'activité tel que les transports (routier, aérien, fluvial, ferré), les secteurs résidentiel et tertiaire (chauffage et d'eau chaude sanitaire), l'industrie, etc. ; elles sont exprimées en masse de polluant rejetée, généralement en tonnes (t) ou kilotonnes (kt) pour un territoire et une période donnée. Sur un territoire, réduire les émissions de polluants est un des principaux leviers pour y diminuer les concentrations de ces polluants dans l'air, c'est-à-dire y améliorer la qualité de l'air.

Concentrations : teneurs de polluants dans l'air ambiant, qui caractérisent la qualité de l'air respiré ; elles s'expriment le plus souvent en microgrammes de polluant par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Elles sont notamment très influencées par la proximité des sources polluantes.

Normes

Valeur limite (VL) : seuil de concentration fixé pour un polluant par la réglementation européenne sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint. Ces valeurs limites tendent à se rapprocher des recommandations de l'OMS : en 2030, de nouvelles valeurs limites, plus exigeantes que celles actuellement en application, seront à respecter.

Valeur cible (VC) : Les valeurs cibles, définies par les directives européennes, correspondent à un niveau fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée. Elles se rapprochent dans l'esprit des objectifs de qualité français puisqu'il n'y a pas de contraintes contentieuses associées à ces valeurs, mais des enjeux sanitaires avérés.

Recommandation OMS : seuil de concentration préconisée pour un polluant par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) visant à préserver la santé publique des effets nocifs de la pollution de l'air. Ces recommandations correspondent à un niveau d'exposition en dessous duquel les effets sur la santé publique sont significativement réduits, selon une évaluation rigoureuse des données scientifiques disponibles concernant la pollution de l'air et ses conséquences sur la santé, actualisée en 2021. Elles sont plus exigeantes que les valeurs limites réglementaires européennes (y compris celles à horizon 2030) mais non juridiquement contraignantes ; elles servent de base factuelle aux décideurs dans la définition de normes et objectifs.

Polluants

CO₂ : Dioxyde de carbone

GES : Gaz à effet de serre

NO_x : Oxydes d'azote

NO₂ : Dioxyde d'azote

PM₁₀ : Particules de diamètre inférieur à 10 μm

PM_{2.5} : Particules de diamètre inférieur à 2,5 μm

O₃ : Ozone

1. INTRODUCTION

La qualité de l'air s'est fortement améliorée en Ile-de-France ces dernières années¹. Pour en comprendre les facteurs explicatifs, Airparif a mené une étude sur Paris sur la période 2012-2022, dans la suite de l'étude réalisée précédemment sur la période 2002-2012². L'objectif des travaux menés par Airparif était de mettre en relief la part attribuable à la modernisation du parc roulant, celle due aux modifications du trafic routier et celle provenant des évolutions des autres sources d'émission locales et régionales entre 2012 et 2022, résultantes de politiques locales, nationales et européennes. Cette étude a été co-financée par la Ville de Paris.

Les polluants atmosphériques pris en compte dans ces travaux sont le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules PM_{2,5} et PM₁₀ (particules en suspension de diamètre inférieur respectivement à 2,5 µm et à 10 µm). Ces polluants atmosphériques engendrent des effets sanitaires significatifs à Paris en raison de leurs concentrations importantes dans l'air ambiant ; ils font l'objet d'une surveillance accrue à Paris dans le cadre de la réglementation relative à la qualité de l'air, notamment au regard des dépassements constatés de certaines valeurs limites (VL) réglementaires. Les concentrations de NO₂ et de particules sont fortement influencées par le trafic routier à Paris, cette activité étant la source de plus de la moitié des émissions de NO_x, et d'une part significative des émissions de particules et de précurseurs de particules. Le trafic routier est également une des principales activités contributrices aux émissions de dioxyde de carbone (CO₂), gaz à effet de serre. Dans un objectif d'évaluation de l'impact conjoint des actions sur l'atténuation de la pollution atmosphérique et du changement climatique³, cette étude intègre l'évolution des émissions de CO₂ par le trafic routier.

¹ Bilan de la qualité de l'air en Ile-de-France – Airparif – Mai 2025 (https://www.airparif.fr/sites/default/files/document_publication/BilanQA_IDF_2024.pdf)

² Evolution de la qualité de l'air à Paris entre 2002 et 2012 – Airparif – Juillet 2013

³ Le changement climatique et la pollution atmosphérique sont deux phénomènes bien distincts, bien qu'ils interagissent et qu'ils aient des sources d'émission communes, notamment le trafic routier. La pollution de l'air a des effets locaux délétères directs sur la santé et sur l'environnement, tandis que le changement climatique est causé par les émissions de gaz à effet de serre (GES), quel que soit leur lieu d'émission, qui altèrent les équilibres climatiques planétaires affectant ainsi indirectement les sociétés humaines et les écosystèmes à l'échelle mondiale. L'augmentation de la concentration atmosphérique de CO₂ depuis les débuts de la période industrielle contribue à réchauffer l'atmosphère, mais elle n'a pas d'effet direct sur la santé ; le CO₂ est donc un GES mais pas un polluant de l'air.

2. EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'AIR ET DES EMISSIONS DE GES A PARIS ENTRE 2012 ET 2022

Depuis plus de 20 ans, la qualité de l'air s'est largement améliorée en France et en Ile-de-France en général et à Paris en particulier. Le présent paragraphe illustre, pour les principaux polluants réglementés dont les niveaux étaient problématiques au regard de la réglementation (dioxyde d'azote - NO₂, particules PM₁₀ et PM_{2,5}), l'évolution des concentrations sur la période 2012-2022 ainsi que des populations exposées à des dépassements des valeurs réglementaires contraignantes et des recommandations internationales de l'OMS (Organisation mondiale de la Santé) . Un zoom sur l'évolution des émissions de gaz à effet de serre sur la période d'étude est aussi proposé dans cette partie.

Ces améliorations sont dues à différents facteurs : actions publiques, amélioration des technologies, nouvelles réglementations ou encore changement des comportements. Cette étude a pour but d'identifier les principales actions ayant eu un impact prépondérant sur les concentrations, et d'en quantifier les impacts. La méthodologie et les résultats sont présentés après cette partie diagnostic.

L'ozone (O₃), polluant secondaire n'est pas directement émis par une activité mais se forme par réaction chimique dans l'atmosphère à partir de précurseurs. De ce fait, il n'est pas présenté dans ce diagnostic bien qu'également problématique. En effet, les teneurs d'ozone sont très influencées par les conditions météorologiques, notamment printanières et estivales, ce qui rend la comparaison entre 2 années différentes (ici 2012 et 2022) peu pertinente. Il est néanmoins à noter qu'au regard de l'impact de l'ozone sur la santé, les deux seuils recommandés par l'OMS sont dépassés chaque année, sans tendance nette identifiée sur les dix dernières années compte tenu des variations de météorologie d'un été à l'autre. Les concentrations moyennes annuelles d'ozone, suivies avant tout pour leur impact sur le changement climatique sont, elles, en augmentation (+15% en 20 ans¹).

2.1. Dioxyde d'azote NO₂

2.1.1. Concentrations moyennes annuelles

Les concentrations de NO₂ à Paris, comme dans le reste de l'Ile-de-France, ont connu une forte baisse entre 2012 et 2022, à la fois à proximité immédiate du trafic routier et dans les zones éloignées des principaux axes routiers (situation dite « de fond »).

En effet, si les moyennes annuelles mesurées les plus importantes sont situées sur le **Boulevard Périphérique** en 2012 comme en 2022, les concentrations sont passées de 108 µg/m³ en 2012 à 65 µg/m³ à la station BP-Auteuil. **Dans Paris intra-muros**, les moyennes annuelles mesurées **à proximité du trafic routier** en 2012, étaient comprises entre 62 et 83 µg/m³ alors qu'elles étaient comprises entre 30 et 43 µg/m³ en 2022. Si l'amélioration est nette, les niveaux de 2022 montrent toujours un dépassement de la valeur limite (40 µg/m³) sur certains grands axes parisiens.

Loin du trafic routier, les concentrations moyennes annuelles étaient comprises entre 34 et 41 µg/m³ en 2012, dépassant pour une partie de Paris la valeur limite réglementaire de 40 µg/m³. En 2022, les concentrations loin du trafic routier étaient comprises entre 18 et 27 µg/m³. L'évolution des concentrations mesurées aux différentes stations Airparif est disponible dans l'Annexe 1.

Les cartes des concentrations moyennes annuelles NO₂ (Figure 1) mettent en évidence l'amélioration de la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire parisien entre 2012 et 2022.

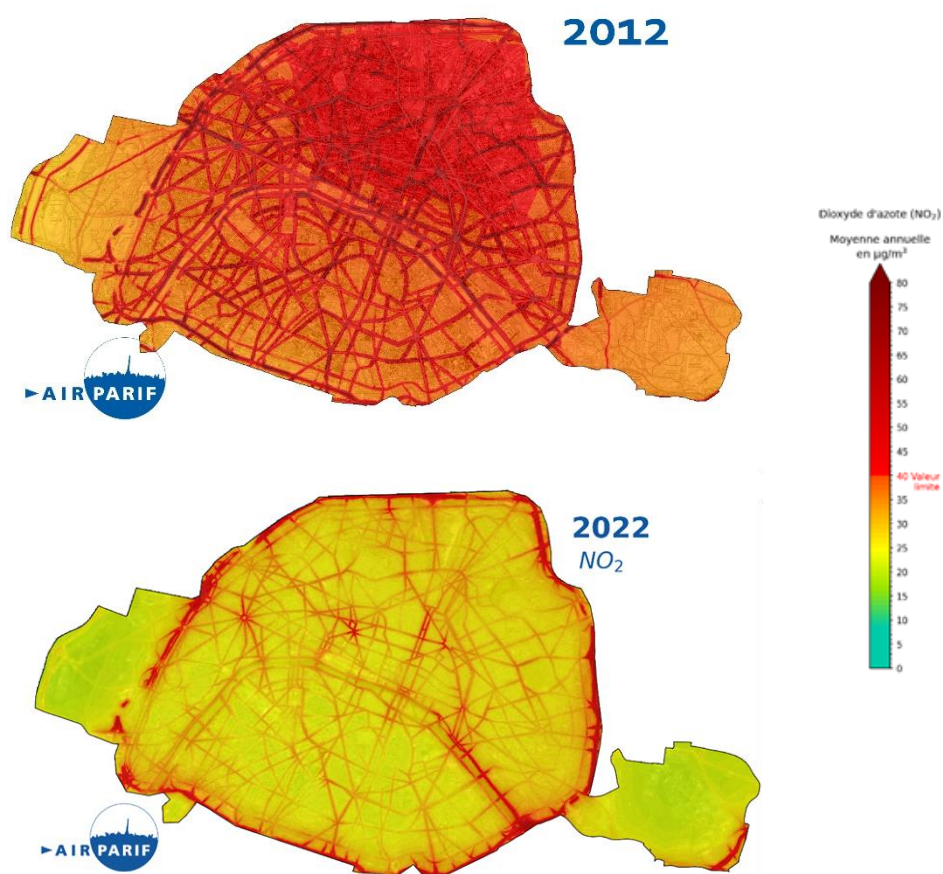


Figure 1 : Concentrations annuelles moyennes en NO₂ à Paris – cartes de référence 2012 et 2022 issues des bilans de la qualité de l'air de Paris

Il est à noter que **cette amélioration se poursuit après 2022**. Comme l'indique le Bilan de la Qualité de l'air à Paris en 2024 d'Airparif⁴, les concentrations moyennes annuelles en NO₂ ont continué à diminuer. Les niveaux observés sur le réseau Airparif sont de 42 µg/m³ sur le Boulevard Périphérique, de 24 à 30 µg/m³ en proximité au trafic routier dans Paris intra-muros, et compris entre 15 à 21 µg/m³ en situation de fond.

2.1.2. Exposition de la population

L'amélioration des concentrations de NO₂ entre 2012 et 2022 a permis de diminuer fortement le nombre de Parisiens exposés à un dépassement de la valeur limite (40 µg/m³). En effet, alors qu'ils étaient 1,8 millions en 2012, seuls 10 000 Parisiens connaissent un dépassement de cette valeur en 2022.

La directive européenne de 2024⁵ introduit une nouvelle valeur limite (20 µg/m³) à respecter à partir de 2030. Cette valeur était dépassée pour 100% des Parisiens en 2012 et en 2022. La recommandation OMS (10 µg/m³) est a fortiori dépassée pour l'ensemble des Parisiens, en 2012 comme en 2022. Le Tableau 1 ci-dessous synthétise les chiffres de dépassement des différents seuils réglementaires et sanitaire pour la population parisienne.

Année	Valeur limite annuelle actuelle (40 µg/m ³ - moyenne annuelle)	Valeur limite annuelle 2030 (20 µg/m ³ - moyenne annuelle)	Recommandation OMS (10 µg/m ³ - moyenne annuelle)
2012	1.8 million habitants	100 % des Parisiens	100 % des Parisiens
2022	10 000 habitants	100 % des Parisiens	100 % des Parisiens

Tableau 1 : Nombre d'habitants en situation de dépassement des valeurs réglementaires (VL) et sanitaire (recommandation OMS) – Dioxyde d'azote NO₂

Cette étude a permis de montrer que le niveau d'exposition de la population parisienne⁶ au NO₂ a diminué, en moyenne, de 40% entre 2012 et 2022 (cf. 4.1 Dioxyde d'azote NO₂).

Cette amélioration se poursuit après 2022 : en 2024 pour le NO₂, selon le Bilan de la Qualité de l'air à Paris d'Airparif⁴, la valeur limite annuelle actuelle est quasiment respectée et 70% (respectivement 100%) d'entre eux connaissent un dépassement de la valeur limite annuelle 2030 (respectivement un dépassement de la recommandation OMS).

2.2. Particules PM₁₀ et PM_{2.5}

2.2.1. Concentrations

Les concentrations de PM₁₀ et de PM_{2.5} ont diminué entre 2012 et 2022 sur l'ensemble du territoire parisien, comme le montrent les Figures 2 à 4.

Pour les **particules PM₁₀**, les moyennes annuelles mesurées sont les plus élevées en proximité aux grands axes de circulation du trafic routier : sur le Boulevard Périphérique (BP), la concentration

⁴ Bilan Paris et zoom autour du Boulevard Périphérique – Airparif – Juillet 2025 (https://www.airparif.fr/sites/default/files/document_publication/Bilan_QA_75_2024_BP.pdf)

⁵ Directive (UE) 2024/2881 du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2024 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202402881)

⁶ Concentration moyenne pondérée par la population (cf. 3.5 3.5Exposition de la population)

moyenne annuelle était de $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012 et a diminué à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2022. Cette forte diminution est aussi constatée sur les grands axes routiers intra-muros, où les concentrations variaient entre 34 et $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012 et variaient de 24 à $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2022. En situation de fond, les concentrations, globalement homogènes à Paris, étaient comprises entre 26 et $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012 et ont baissé entre 19 et $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2022. L'évolution des concentrations mesurées aux différentes stations Airparif est disponible dans l'Annexe 1.

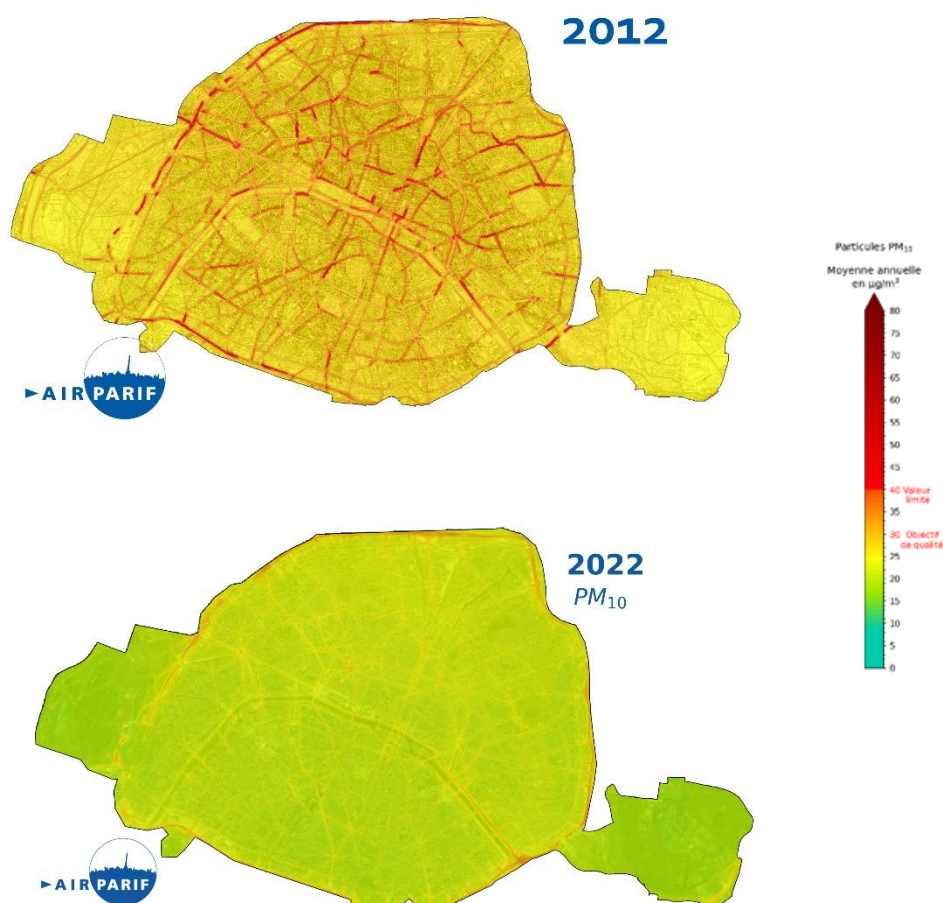


Figure 2 : Concentrations annuelles moyennes en PM_{10} à Paris – cartes de référence 2012 et 2022 issues des bilans de la qualité de l'air de Paris

Au-delà de la quantité de polluants émis dans l'atmosphère, les nombres de jours de dépassement de la moyenne journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en particules PM_{10} d'une année sur l'autre sont **très impactés par le contexte météorologique**. Néanmoins, l'amélioration à moyen terme est significative, comme le montrent les cartes de la Figure 3 ci-dessous. La valeur limite journalière ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 35 fois par an) n'est plus dépassée aux stations de mesure depuis 2020, et respectée sur l'ensemble du territoire depuis 2022.



Figure 3 : Nombres de jours de dépassement du seuil journalier de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en particules PM_{10} à Paris – cartes de référence 2012 et 2022 issues des bilans de la qualité de l'air de Paris

Pour les **particules PM_{2.5}**, comme pour les particules PM₁₀ et le NO₂, les moyennes annuelles mesurées sont les plus élevées en proximité aux grands axes de circulation du trafic routier : sur le Boulevard Périphérique (BP), la concentration moyenne annuelle était de 29 µg/m³ en 2012 et a diminué à 15 µg/m³ en 2022. Les niveaux ont aussi fortement diminué sur les grands axes parisiens intra-muros, et atteignent en 2022 des niveaux comparables aux niveaux de fond (12 µg/m³). En situation de fond, les concentrations, globalement homogènes à Paris, sont passées de 16 µg/m³ à 12 µg/m³.

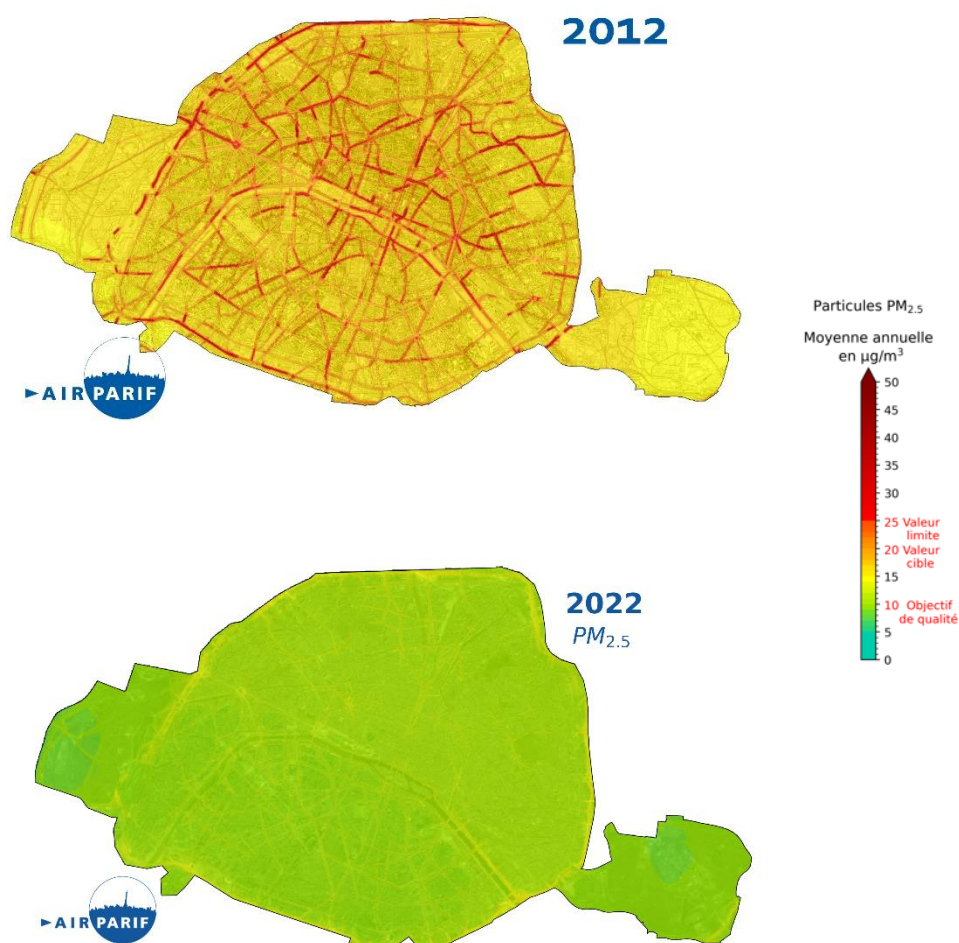


Figure 4 : Concentrations annuelles moyennes en PM_{2.5} à Paris – cartes de référence 2012 et 2022 issues des bilans de la qualité de l'air de Paris

Il est à noter que cette amélioration se poursuit après 2022. Comme l'indique le Bilan de la Qualité de l'air à Paris en 2024 d'Airparif⁴, la concentration moyenne annuelle de PM₁₀ mesurée près du Boulevard Périphérique à la station BP-Est est désormais de 21 µg/m³ et celle de PM_{2.5} de 11 µg/m³. A proximité du trafic routier à Paris les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ sont comprises entre 19 et 20 µg/m³, et celles de PM_{2.5} comprises entre 8 et 9 µg/m³. En situation de fond à Paris, les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ sont comprises entre 15 et 17 µg/m³ et celles de PM_{2.5} entre 7 et 10 µg/m³.

2.2.2. Exposition de la population

L'amélioration des concentrations de particules PM₁₀ et PM_{2.5} entre 2012 et 2022 a permis de diminuer le nombre de Parisiens exposés à un dépassement des valeurs limites actuelles (40 µg/m³ en PM₁₀ et 20⁷ µg/m³ en PM_{2.5}). En effet, alors que 40 000 habitants étaient exposés à un dépassement de la valeur limite PM₁₀ en 2012, elle est respectée sur l'ensemble de Paris en 2022.

⁷ La valeur de 20 µg/m³ en moyenne annuelle PM_{2.5} correspond à la valeur cible : elle est préférée dans ce document à la valeur limite (25 µg/m³) car celle-ci n'était pas applicable en 2012.

La valeur limite journalière en PM₁₀ (50 µg/m³ moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 fois par an) était largement dépassée en 2012, avec 1,4 millions habitants exposés à un dépassement de cette valeur. Elle est en revanche respectée sur tout le territoire parisien en 2022.

La valeur cible PM_{2.5} est elle aussi respectée partout en 2022, alors que 500 000 parisiens étaient exposés à un dépassement de cette valeur en 2012.

Les nouvelles valeurs limites (20 µg/m³ en PM₁₀ et 10 µg/m³ en PM_{2.5}) à respecter à partir de 2030, introduites par la directive européenne de 2024, étaient dépassées par 100% des Parisiens en 2012 comme en 2022. Les recommandations OMS (15 µg/m³ en moyenne annuelle, pour les PM₁₀ et 5 µg/m³ en PM_{2.5}) sont a fortiori dépassées par l'ensemble des Parisiens, en 2012 comme en 2022. Les Tableaux 2 et 3 ci-dessous synthétisent les chiffres de dépassement pour les particules PM₁₀ et PM_{2.5} des différents seuils réglementaires et sanitaire pour la population parisienne.

Année	Valeurs limites actuelles		Valeur limite 2030	Recommandations OMS	
	40 µg/m³ - moyenne annuelle	50 µg/m³ - moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 fois par an)	20 µg/m³ - moyenne annuelle	15 µg/m³ - moyenne annuelle	45 µg/m³ - moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 fois par an)
2012	40 000 habitants	1 400 000 habitants	100 % des Parisiens	100 % des Parisiens	100 % des Parisiens
2022	0 habitant – valeur respectée	0 habitant – valeur respectée	100 % des Parisiens	100 % des Parisiens	100 % des Parisiens

Tableau 2 : Nombre d'habitants en situation de dépassement des valeurs réglementaires (VL) et sanitaire (recommandation OMS) – Particules PM₁₀

Année	Valeur cible annuelle actuelle (20 µg/m³ - moyenne annuelle)	Valeur limite annuelle 2030 (10 µg/m³ - moyenne annuelle)	Recommandation OMS (5 µg/m³ - moyenne annuelle)
2012	500 000 habitants	100 % des Parisiens	100 % des Parisiens
2022	0 habitant – valeur respectée	100 % des Parisiens	100 % des Parisiens

Tableau 3 : Nombre d'habitants en situation de dépassement des valeurs réglementaires (VC et VL) et sanitaire (recommandation OMS) – Particules PM_{2.5}

Cette étude a permis de montrer que le niveau d'exposition de la population parisienne⁶ aux PM₁₀ a diminué, en moyenne, de 24% entre 2012 et 2022. Le niveau d'exposition aux PM_{2.5} a diminué de 28% sur la même période (cf. 304.2 Particules PM10 et PM2.5).

Cette amélioration se poursuit après 2022. En 2024, selon le Bilan de la Qualité de l'air à Paris d'Airparif⁴, la valeur limite annuelle actuelle pour les PM₁₀ et PM_{2.5} est respectée pour tous les Parisiens. La valeur limite annuelle à respecter en 2030 est respectée pour plus de 99% des Parisiens. La différence avec l'année 2022 est très importante, où cette valeur était dépassée pour 100% des Parisiens. Elle s'explique à la fois par la poursuite de la baisse des émissions des différents secteurs d'activité et par des conditions météorologiques très favorables à une bonne qualité de l'air en

2024. Cette forte amélioration devra donc être confirmée en 2025. La recommandation OMS en moyenne annuelle est dépassée pour 80% d'entre eux pour les PM₁₀ et pour 100% d'entre eux pour les PM_{2,5}.

2.3. Emissions de gaz à effet de serre

Les émissions de GES directes et indirectes liées à la consommation d'énergie (scope 1+2) ont diminué de 33% entre 2012 et 2022 à Paris⁸. En 2022, le secteur tertiaire représente 38% des émissions de GES (scope 1+2) à Paris, le secteur résidentiel 34% et le transport routier 24%, comme l'illustre la Figure 5. Le secteur du transport routier a contribué de 9 points à la baisse des émissions de GES parisiennes, en ayant diminué ses propres émissions de 35%.

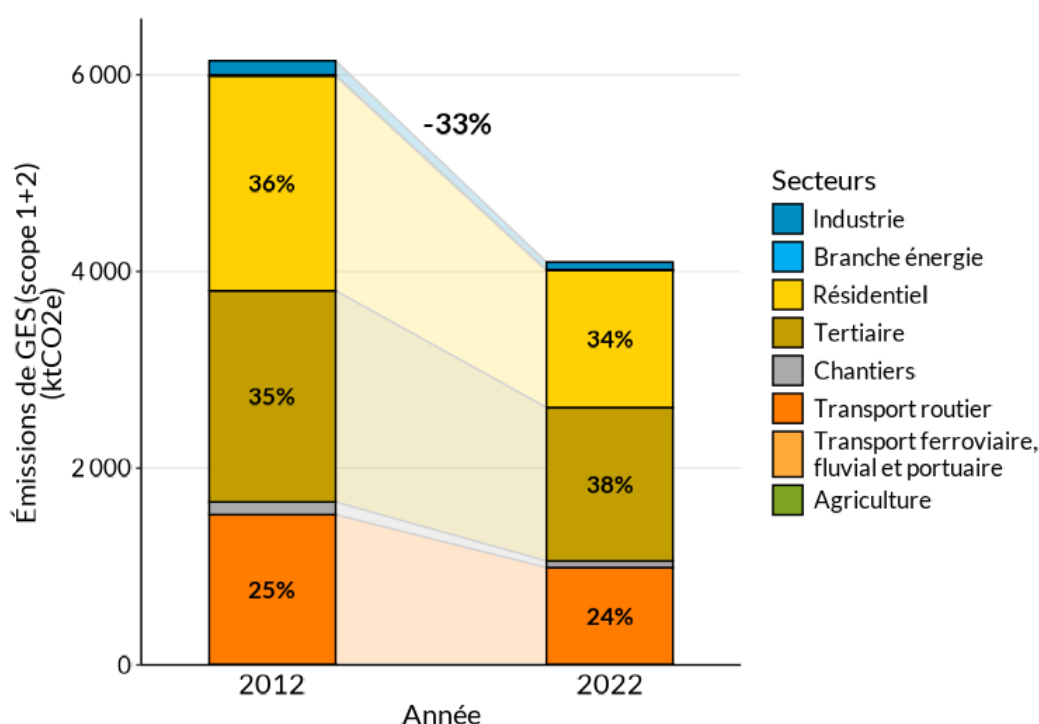


Figure 5 : Evolution des émissions de GES (scope 1+2) à Paris entre 2012 et 2022

Les GES considérés sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) et les gaz fluorés. Tous secteurs confondus, la majeure partie des émissions de GES en équivalent CO₂ sont constituées de CO₂. Pour le trafic routier, les émissions directes des GES en équivalent CO₂ sont quasi entièrement constituées de CO₂. Les émissions indirectes de CO₂ du transport routier, liées à la consommation d'électricité des véhicules se rechargeant sur le réseau électrique, sont comptabilisées au lieu de recharge, c'est-à-dire notamment dans les consommations des secteurs résidentiel et tertiaire.

⁸ A climat normal, cette diminution est de 29%.

3. FACTEURS EXPLICATIFS DES EVOLUTIONS : METHODOLOGIE ET DONNEES D'ENTREE

Les améliorations de la qualité de l'air précédemment présentées sont dues à différents facteurs conjoints qui ont conduit à des baisses d'émission de polluants : actions publiques, amélioration des technologies, réglementations à différentes échelles géographiques ou encore changements des comportements. L'objet de cette étude est d'évaluer l'impact des changements de chaque composante du transport routier (réduction du trafic, modernisation du parc roulant), et de l'évolution des autres secteurs d'activité, sur l'évolution des émissions et de la qualité de l'air, à Paris entre 2012 et 2022. L'évaluation des contributions de différents facteurs explicatifs à l'amélioration de la qualité de l'air a été menée de la façon suivante : la qualité de l'air de l'année 2022 a été prise en référence, avec une résolution spatiale de 50 mètres. Différents scénarios ont ensuite été calculés en gardant les mêmes conditions météorologiques et en changeant les paramètres un à un. La méthodologie employée et les données d'entrée utilisées sont présentées dans ce chapitre.

3.1. Evaluation de l'impact de chaque facteur étudié

Plusieurs scénarios sont étudiés dans le but d'évaluer :

- L'impact de la variation du volume de trafic routier, liée à l'ensemble des actions ayant eu une influence sur l'évolution du trafic routier
- L'impact de la modernisation du parc roulant (parc roulant et parc technologique) à Paris
- L'impact des évolutions des autres sources locales et régionales de polluants

Les polluants de l'air pris en compte sont le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules PM₁₀ et PM_{2.5}. Les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), un gaz à effet de serre impactant le climat, sont également intégrées dans l'étude.

Pour évaluer l'impact de chaque paramètre, l'année de référence 2022 est comparée à des scénarios spécifiques reprenant l'ensemble des paramètres 2022, sauf un, correspondant au paramètre évalué, et qui est considéré égal à son niveau en 2012.







Année de référence 2022	 Trafic routier 2022	 Parc roulant 2022 + parc technologique 2022	 Autres secteurs d'activités 2022
Scénario « évaluation du trafic routier »	 Trafic routier 2012	 Parc roulant 2022 + parc technologique 2022	 Autres secteurs d'activités 2022

Tableau 4 : Paramètres pris en compte pour l'année 2022 et pour un des scénarios évalués (évolution du trafic routier)

Par exemple, un des scénarios étudiés est l'impact des évolutions du trafic routier entre 2012 et 2022 : comme présenté dans le Tableau 4 ci-dessus, le scénario appelé « évolution du trafic routier » reprend l'ensemble des paramètres de l'année de référence 2022, sauf le volume de trafic routier qui correspond au volume de 2012.

Les paramètres de chacun des scénarios sont précisés dans le Tableau 5 ci-dessous, selon qu'ils correspondent à ceux de l'année de référence 2022 ou à l'année 2012. Chacun des scénarios permet donc de répondre à la question suivante : « comment auraient évolué les émissions et les concentrations si le paramètre étudié était resté au niveau de 2012, quand les autres paramètres auraient évolué jusqu'en 2022 ? ». Les paramètres sont donc évalués indépendamment les uns des autres. Chaque scénario permet de simuler une situation alternative dans laquelle le paramètre étudié n'aurait pas connu l'évolution réellement observée entre 2012 et 2022. Si des spécificités locales peuvent apparaître, l'addition des impacts en émissions des différents scénarios permet d'obtenir globalement la différence d'émissions entre les années 2012 et 2022.

Les résultats des différents scénarios pour les émissions et les concentrations sont ainsi exprimés en contributions à la réduction totale des émissions et à l'amélioration des concentrations entre 2012 et 2022.

Paramètres/scénarios	Trafic routier	Modernisation du parc roulant	Autres secteurs d'activité
Année de référence 2022	2022	2022	2022
Année 2012*	2012	2012	2012
Réduction du trafic routier	2012	2022	2022
Modernisation du parc roulant	2022	2012	2022
Evolution des autres secteurs d'activité (hors trafic routier)	2022	2022	2012
Dédieselisation du parc de voitures particulières**	2022	2022 avec répartition Essence/Diesel 2012*	2022

Tableau 5 : Description des scénarios étudiés et de leurs paramètres respectifs

*** Année 2012 :** afin d'évaluer les contributions des facteurs explicatifs à la diminution de l'exposition des parisiens aux différents polluants, l'année 2012 a été recalculée dans le cadre de cette étude, en prenant en compte l'évolution du trafic routier entre 2012 et 2022 fournie par la ville de Paris (cf 3.2.1.2 Trafic routier 2012) et les données d'émissions (cf 3.3 Emissions des autres secteurs d'activité) issues de la méthodologie la plus à jour, établie pour l'inventaire régional air-climat-énergie d'Airparif mis à disposition en 2025.

**** Dédieselisation du parc de véhicules :** ce scénario a pour but d'évaluer l'impact de la diminution du volume de véhicules diesel parmi les voitures particulières entre 2012 et 2022. Dans celui-ci, le ratio entre les voitures particulières neuves (VP) diesel et essence dans le parc circulant est celui de 2012. Les VP diesel et essence considérées neuves sont les véhicules de norme Euro 5 et 6 dont la première immatriculation est postérieure au 1^{er} janvier 2011, soit les diesel Crit'Air 2 et les essence Crit'Air 1 (cf. Figure 6), soit l'intégralité des véhicules essence et diesel neufs entre 2012 et 2022. Dans ce scénario un parc technologique fictif est donc construit avec davantage de VP diesel Crit'Air 2 relativement aux VP essence Crit'Air 1 qu'en 2022, tandis que les autres véhicules (électriques, hybrides, Crit'Air antérieurs) sont maintenus au niveau de 2022. **Puisqu'il reprend des**

caractéristiques du parc technologique, les résultats de ce scénario ne sont pas additionnables avec ceux des autres scénarios.

Dans chacun des scénarios, les émissions de NO_x, PM₁₀, PM_{2.5} et CO₂ sont d'abord calculées, puis les concentrations ainsi que les niveaux d'exposition de la population parisienne au NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} sont évalués.

3.2. Emissions du transport routier

Dans le cadre de cette étude, la méthodologie de calcul des émissions du trafic routier est celle utilisée pour le calcul de l'inventaire air-climat-énergie réalisé par Airparif, soit une approche « bottom up », conforme au guide méthodologique des inventaires territoriaux⁹. Pour chaque axe routier, des facteurs d'émission, c'est-à-dire une quantité de polluant émise par un véhicule par kilomètre parcouru, sont appliqués à un débit de véhicule selon la composition du trafic routier, la vitesse moyenne sur l'axe et la part des véhicules démarrant à froid (i.e. dont le moteur ne s'est pas encore suffisamment réchauffé pour fonctionner de façon optimale).

Les méthodologies de calcul et données d'entrée pour le trafic routier, le parc circulant et les facteurs d'émission sont précisés dans les paragraphes ci-après.

3.2.1. Réduction du trafic routier

Les données de trafic pour l'année 2022 sont celles de l'inventaire air-climat-énergie d'Airparif, basé notamment sur des données de trafic en temps réel mises à disposition par la Ville de Paris ; celles de 2012 sont calculées à partir des données de la Direction de la Voirie et des Déplacements (DVD) de la Ville de Paris qui permettent de déterminer l'évolution du volume de trafic entre 2012 et 2022 pour chaque axe routier. Afin de faciliter les comparaisons, les données concernant le trafic sont produites sur le même réseau routier modélisé par Airparif pour 2012 et 2022.

3.2.1.1. Trafic routier 2022

Le réseau routier modélisé par Airparif, comprend les principaux axes de surface, y compris le Boulevard Périphérique (BP). Il représente plus de 750 km de voirie à Paris (sans distinguer le sens de circulation). Le trafic routier situé hors de ce réseau linéique modélisé, appelé trafic diffus, modélisé de façon surfacique, s'ajoute au trafic modélisé spécifiquement axe par axe.

La complexité du réseau routier à Paris et en Ile-de-France répond à un besoin en déplacements de la part des franciliens très important. Afin de modéliser la demande en circulation, Airparif exploite un modèle de trafic basé sur AELG-DAVIS, construit à partir notamment des besoins de déplacements des différentes Enquêtes Globales des Transports (EGT). Le volume de trafic modélisé sur le réseau est ensuite calé sur les observations horaires des boucles de comptages électromagnétiques présentes dans la chaussée, transmises en temps réel par la ville de Paris (environ 400 boucles points de comptage à Paris).

Le modèle de trafic produit alors des sorties horaires précisant le débit, la vitesse, la part de véhicules circulant à moteur froid pour l'intégralité des axes du réseau.

⁹ Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques (polluants de l'air et gaz à effet de serre) - Ministère de la transition écologique et solidaire – Juin 2018
<https://www.lcsqa.org/fr/rapport/guide-methodologique-pour-lelaboration-des-inventaires-territoriaux-des-emissions>

3.2.1.2. Trafic routier 2012

Le volume de trafic routier en 2012 a été calculé à partir de données de volume de trafic fournies par les services de la Direction de la Voirie et des Déplacements (DVD) de la Ville de Paris. Les données modélisées de trafic aux heures ou périodes de pointe pour 2012 et 2022, ainsi que des coefficients pour calculer le volume de trafic journalier associé ont été transmises.

Des évolutions de volume de trafic entre 2012 et 2022 ont été calculées pour Paris Intramuros à partir de ces données puis validées par la Ville de Paris. Conformément aux préconisations de la DVD de la Ville de Paris, les évolutions de trafic sur le boulevard périphérique de Paris ont été calculées à partir des données des boucles de comptage de véhicules situées régulièrement sur cet axe de circulation (142 boucles espacées d'environ 500 mètres, en distinguant le BP intérieur et extérieur). Des évolutions 2022-2012 de volume de trafic routier parisien par nature d'axe et arrondissement ont été pu ainsi être calculées et appliquées aux données de trafic 2022 d'Airparif, afin d'obtenir des données de trafic en 2012 conformes aux évolutions 2012-2022 observées par la Ville de Paris et cohérentes avec les données d'entrée des modèles d'émissions et de concentration de polluants d'Airparif.

La moyenne de ces évolutions par nature d'axe sont présentées dans le Tableau 6 ci-dessous. La diminution du volume de trafic est plus faible sur le Boulevard Périphérique (-7%) que dans Paris intramuros (-34%).

Nature de voie	Évolution du volume de trafic entre 2012 et 2022 à Paris
Voies structurantes	-27%
Boulevards des maréchaux	-45%
Quais	-45%
Rivoli	-67%
Voies de desserte	-36%
Total Paris hors BP	-34%
Boulevard Périphérique	-7%

Tableau 6 : Evolutions du volume de trafic entre 2012 et 2022 par nature de voie à Paris, selon les données de la DVD de la Ville de Paris

3.2.2. Composition du trafic

Au-delà du volume de trafic, il est nécessaire de connaître la nature des véhicules en circulation pour estimer les émissions de polluants. Les véhicules en circulation sont répartis par type : deux-roues motorisés (2RM), voitures particulières (lesquelles sont aussi nommées véhicules particuliers, VP), véhicules utilitaires légers (VUL), poids lourds (PL) et bus et cars (TC). De plus, pour chaque type de véhicule, le volume de trafic est réparti par norme Euro applicable, par motorisation et par sa puissance. La composition du trafic diffère également selon le type de route. Ainsi un parc roulant et un parc technologique distincts ont été calculés pour le réseau routier urbain de Paris Intramuros et pour le Boulevard Périphérique.

Le **parc roulant** désigne la répartition par type de véhicule : 2RM, VP, VUL, PL et TC. Le parc roulant et son évolution sont construits pour Paris et le Boulevard Périphérique sur la base d'enquêtes réalisées à intervalles réguliers par la Ville de Paris.

Le **parc technologique** décrit la répartition par norme Euro applicable (voir l'encadré « Normes Euro & vignettes Crit'Air » ci-dessous), par motorisation (carburant ou source d'énergie) et par sa puissance (cylindrée pour les VP). Cette information est transmise à l'échelle nationale par le CITEPA et Airparif l'enrichit avec des données locales issues des enquêtes plaques menées par la Ville de

Paris et la Métropole du Grand Paris. Ces deux informations permettent ainsi d'obtenir un débit pour tous types de véhicules et toutes normes Euro.

La notion de **modernisation du parc roulant** utilisée dans cette étude intègre ces deux composantes.

Normes Euro & vignettes Crit'Air

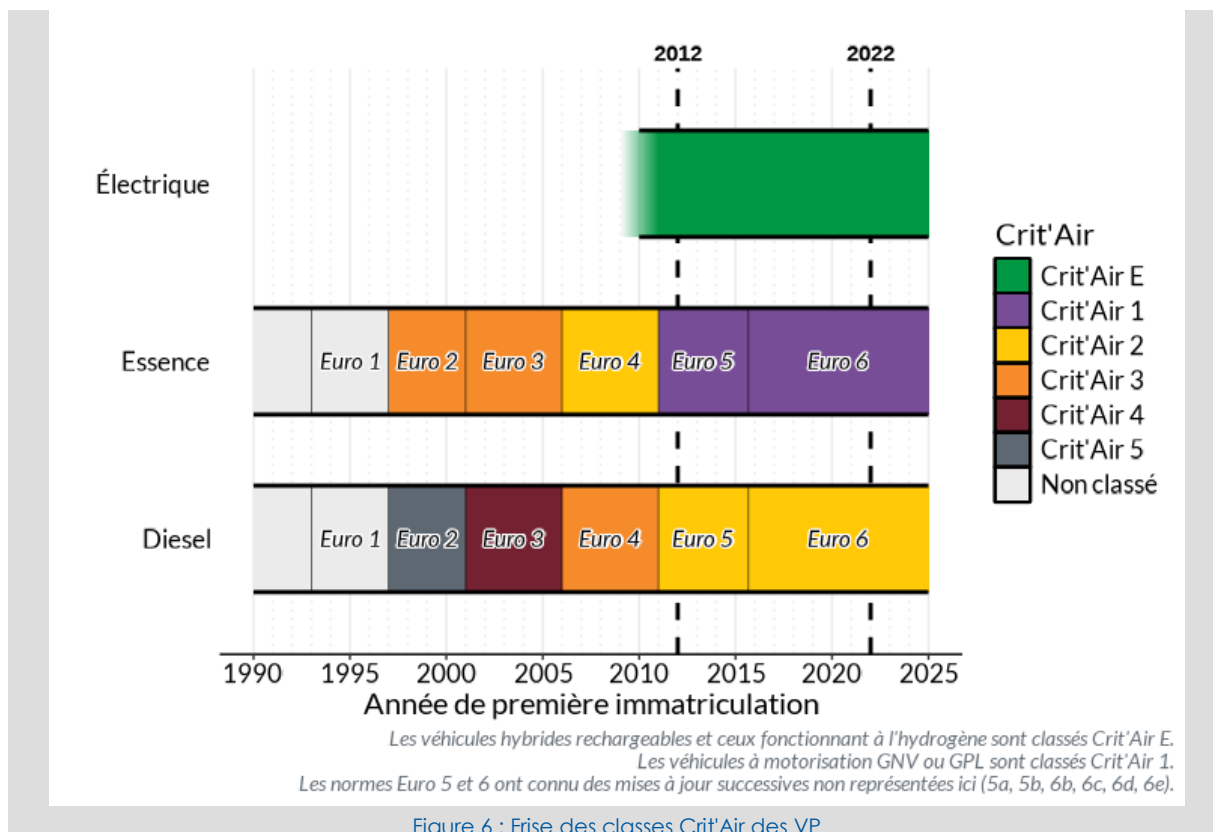
Les normes européennes d'émissions pour les véhicules roulants, ou **normes Euro**, ont été mises en place par l'Union Européenne depuis les années 1990 pour limiter les émissions de polluants de l'air des transports routiers. Il s'agit de standards d'émissions de polluants s'imposant aux constructeurs pour les véhicules neufs vendus dans l'Union Européenne, qui dépendent de la date de première immatriculation, du type de véhicule (2RM, VP, VUL, PL/TC), de la source d'énergie (diesel, essence, électricité, etc.) et, excepté pour les VP, de la taille du véhicule.

Ces normes sont devenues de plus en plus contraignantes, notamment via l'abaissement des limites à l'émission, via l'introduction de limites d'émissions pour des polluants supplémentaires ou via le rapprochement des cycles de conduite lors des essais d'homologation des conditions réelles de circulation. Par exemple, les voitures particulières diesel immatriculées entre 2006 et 2010 suivent la norme Euro 4, fixant notamment un standard d'émission à l'échappement de 250 mg/km de NO_x et 25 mg/km de particules au cours des essais d'homologation, contre 180 mg/km de NO_x et 5 mg/km de particules pour celles suivant la norme Euro 5a, c'est-à-dire celles immatriculées entre 2011 et 2012. Les dates d'entrée en vigueur des normes Euro diffèrent selon le type de véhicule, mais elles sont similaires pour les VP et les VUL. Pour les VP, ces normes ne varient pas selon la taille du véhicule.

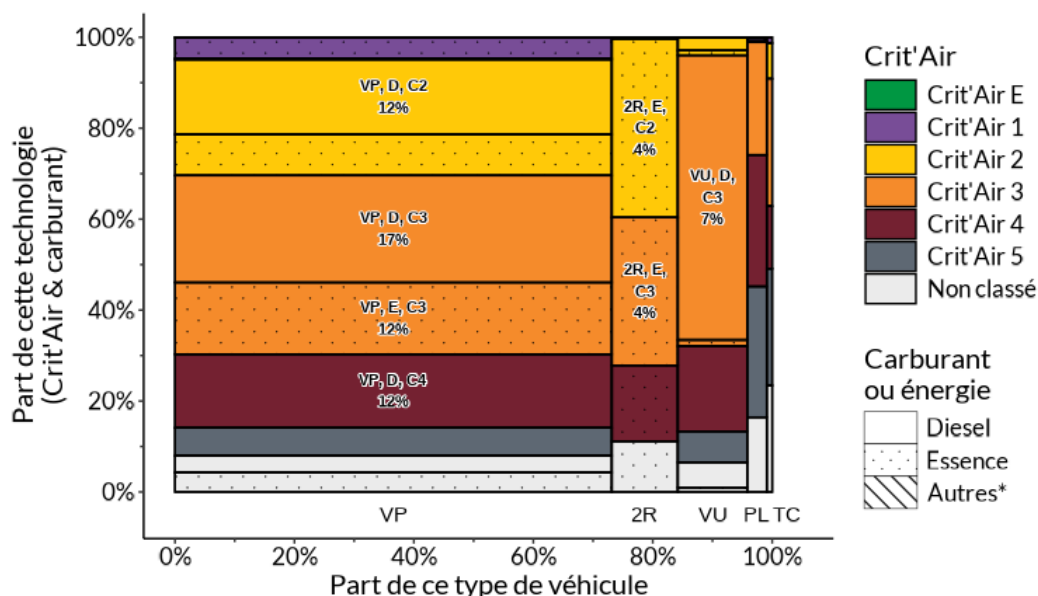
Jusqu'à la norme Euro 7, qui n'est pas encore entrée en vigueur (donc hors du périmètre de cette étude), les émissions de particules hors échappement, soit celles provenant de l'abrasion des freins, des pneus et de la route, n'étaient pas régulées.

L'enjeu climatique n'a pas été l'objet des normes Euro : elles ne comportent donc pas de standard d'émissions de CO₂. D'autres réglementations européennes concernant les émissions directes de CO₂ s'imposent aux constructeurs (notamment l'obligation d'information et la limite d'émission moyenne des flottes de véhicules légers neufs vendus par constructeur).

Les certificats qualité de l'air, ou **vignettes Crit'Air**, catégorisent les véhicules selon leurs émissions de NO_x et PM_{2,5}, sur la base des normes Euro, par type et par motorisation. Ainsi, pour un type de véhicule et un carburant, une classe Crit'Air correspond à une ou plusieurs normes Euro (ou à l'absence de norme Euro). Cette nomenclature est définie par l'arrêté du 21 juin 2016. La Figure 6 ci-dessous illustre cette nomenclature pour les VP sous forme de frise, avec les repères 2012 et 2022 de l'étude. Cette Figure 6 montre l'évolution rapide des normes Euro et des classes Crit'Air en amont et au cours de la période étudiée et le décalage des classes Crit'Air entre VP diesel et essence. L'Annexe 4 explicite cette classification pour tous les types de véhicules. Les vignettes Crit'Air, apposées sur les véhicules, identifient les véhicules soumis ou non à une restriction de circulation, lors de la mise en place de la circulation différenciée au cours d'un épisode de pollution ou au sein des zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m).

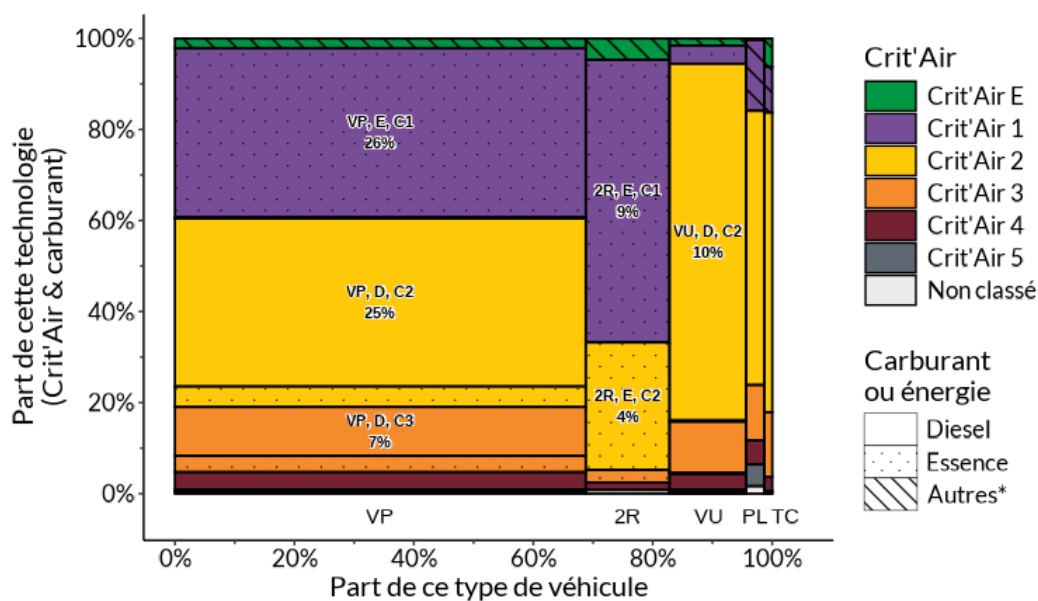


En 10 ans, le parc de véhicules circulant à Paris a connu un renouvellement important entre 2012 et 2022, comme le montre la comparaison entre la Figure 7 et la Figure 8 ci-dessous (représentant le parc roulant en abscisse et le parc technologique en ordonnée).



* Autres carburants ou énergies : électricité, GNV, GPL
 Note de lecture : Les véhicules particuliers (VP) représentent 73% du volume de trafic routier à Paris en 2012, et le trafic routier des VP est composé à 16% de véhicules essence (D) Crit'Air 2 (C2), les VP D C2 représentent donc 12% du trafic en 2012.

Figure 7 : Composition du parc de véhicules circulant sur le réseau routier parisien en 2012



* Autres carburants ou énergies : électricité, GNV, GPL
 Note de lecture : Les véhicules particuliers (VP) représentent 69% du volume de trafic routier à Paris en 2022, et le trafic routier des VP est composé à 37% de véhicules essence (D) Crit'Air 2 (C2), les VP D C2 représentent donc 25% du trafic en 2022.
 2022

Figure 8 : Composition du parc de véhicules circulant sur le réseau routier parisien en 2022

Pour les VP, les véhicules neufs ayant été introduits dans le parc entre 2012 et 2022 sont les VP électriques, essence Crit'Air 1 et diesel Crit'Air 2 (pour ces deux dernières catégories, il s'agit de véhicules dont la première immatriculation est postérieure au 1^{er} janvier 2011, correspondant donc aux normes Euro 5 et 6, cf. Figure 6). Les VP électriques ont commencé à apparaître dans le parc de véhicules en France au tournant de l'année 2010¹⁰. Si en 2012, ces trois catégories (VP électriques, essence Crit'Air 1 et diesel Crit'Air 2) étaient minoritaires, ne représentant qu'environ 20% de la distance parcourue par les VP, en 2022, au contraire, cette proportion dépasse les 75%, comme le mettent en évidence la Figure 7 et la Figure 8. Conjointement, la part des VP Crit'Air 4 et antérieurs (soit les VP diesel et essence immatriculés pour la première fois respectivement avant 2011 et avant 2006) dans le volume de trafic des VP est passée d'environ 30 % en 2012 à moins de 5% en 2022¹¹ ; celle des véhicules Crit'Air 3, essence et diesel, a aussi diminué, passant d'environ 40% à moins de 15%. **Cette forte diminution des véhicules les plus anciens, plus émissifs, en faveur des plus récents, du fait notamment de mesures comme les ZFE-m à la fois parisienne et métropolitaine, a de fait permis une diminution significative des facteurs d'émissions moyens des VP**, comme précisé dans le paragraphe suivant.

3.2.3. Facteurs d'émission

En circulation, des oxydes d'azote (NO_x), des particules PM₁₀ et PM_{2.5} et du CO₂ sont émis « à l'échappement » : ces polluants et ce gaz à effet de serre sont issus de la combustion dans le moteur thermique et sont rejetés en sortie du pot d'échappement, après retrait d'une part des polluants par des systèmes de traitement des gaz d'échappement. **Les NO_x et le CO₂ sont uniquement émis à l'échappement. En revanche, les particules PM₁₀ et PM_{2.5} sont émises à la fois par le processus de**

¹⁰ Moins de 200 VP neufs électriques et à hydrogène en France ont été immatriculés en France en 2010, soit moins de 0,01 % du total (Données 2024 sur les immatriculations des véhicules – France entière (neufs et occasions), 2025, SDES et RSVERO, sans données avant 2010). L'année suivante plus de 2 600 VP neufs électriques ont été immatriculés, et la part des véhicules électriques et à hydrogène dans le total des immatriculations de VP neufs a continué d'augmenter jusqu'à atteindre plus de 13 % en 2022.

¹¹ La part de ces véhicules Crit'Air 4 et antérieurs dans le trafic routier n'est pas nulle en 2022 bien que ces véhicules soient visés par les restrictions de circulation au sein de la ZFE-m métropolitaine. En effet, outre les dérogations, ces restrictions s'appliquent uniquement de 8h à 20h les jours ouvrés.

combustion ainsi que par des processus d'abrasion des freins, des pneus et de la route. L'ensemble de ces émissions sont comptabilisées. Il est à noter que les émissions indirectes de CO₂ liées à la consommation d'électricité des véhicules se rechargeant sur le réseau électrique sont comptabilisées dans les consommations des secteurs résidentiel et tertiaire, au lieu de recharge.

Les facteurs d'émission utilisés reposent sur les facteurs d'émission de la méthodologie COPERT, qui définit pour les NO_x et les particules PM₁₀ et PM_{2,5} des équations permettant de déterminer des facteurs d'émission de combustion (de moteur à chaud et à froid) et d'abrasion, selon le type de véhicule, sa motorisation, sa norme technologique et sa vitesse. Cette méthodologie permet aussi de déterminer la consommation de carburant des véhicules, selon les mêmes paramètres, et donc de déterminer les émissions directes de CO₂.

Les figures suivantes (Figures 9 à 12) permettent d'analyser, pour les voitures particulières (VP), l'évolution des facteurs d'émission moyens en 2022 à Paris sur tous les axes routiers par classe Crit'Air et par carburant ou source d'énergie (avec les valeurs moyennes totales en 2012 et 2022).

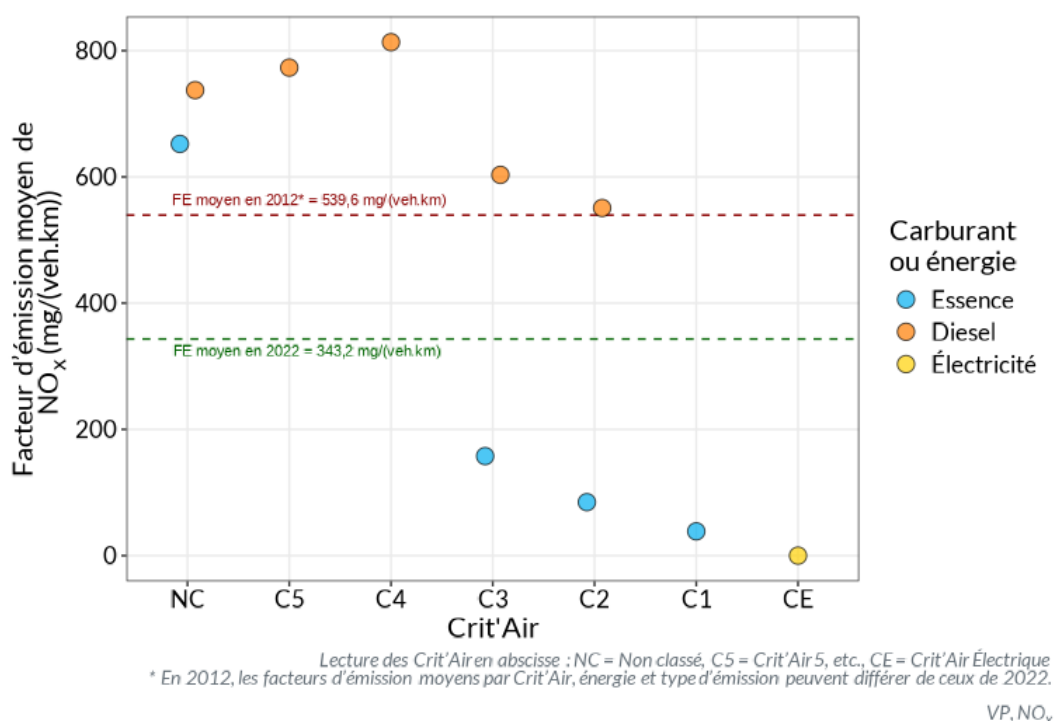


Figure 9 : Comparaison des facteurs d'émission moyens de NO_x des VP par Crit'Air et énergie à Paris en 2022

Le facteur d'émission moyen de NO_x des VP à Paris a diminué de 36% entre 2012 et 2022 (cf. Figure 9), du fait de la diminution de la proportion des véhicules Crit'Air 3 et antérieurs, notamment diesel, dans le parc de VP, au profit de véhicules diesel Crit'Air 2, essence Crit'Air 1 et électrique. En effet, plus les Crit'Air sont récents, plus les facteurs d'émissions moyens, par Crit'Air et par énergie, de NO_x sont faibles¹². L'introduction et l'amélioration de technologies de post-traitement des gaz d'échappement telles que le pot catalytique (catalyseur trois voies), ainsi que l'amélioration des technologies d'injecteurs et des moteurs, sous l'impulsion des exigences croissantes des normes Euro, ont notamment permis de diminuer ces émissions.

Les facteurs d'émission moyens de PM_{2,5} et PM₁₀ des VP ont diminué respectivement de 36% et 47% entre 2012 et 2022 (cf. Figures 10 et 11), en raison de la diminution de la proportion des véhicules

¹² Pour les VP diesel, ce n'est qu'à partir de la norme Euro 3, soit le Crit'Air 4, que des standards concernant uniquement les émissions de NO_x ont été introduits, d'où le fait que la diminution des FE moyens de NO_x ne soit visible qu'à partir des Crit'Air 3 pour les véhicules diesel.

diesel Crit'Air 3 et antérieurs dans le parc de VP, au profit des véhicules essence, notamment Crit'Air 1, des véhicules diesel Crit'Air 2, et des véhicules électriques. En effet, les facteurs d'émission de particules en combustion ont fortement diminué pour les véhicules diesel entre les plus anciens Crit'Air et les plus récents. Cette diminution a été possible notamment via l'utilisation de filtres à particules pour diesel (DPF), devenus fréquents à partir des VP diesel Crit'Air 2 en raison d'une forte diminution du standard d'émissions de PM entre la norme Euro 4 et 5. En revanche, les facteurs d'émission de particules dues à l'abrasion des routes, des pneus et des freins sont restés stables. En effet, jusqu'à la norme Euro 7, qui n'est pas encore entrée en vigueur, les émissions de particules dues à l'abrasion ne sont pas comprises dans les standards européens des émissions de polluants, qui ne concernent que les émissions à l'échappement.

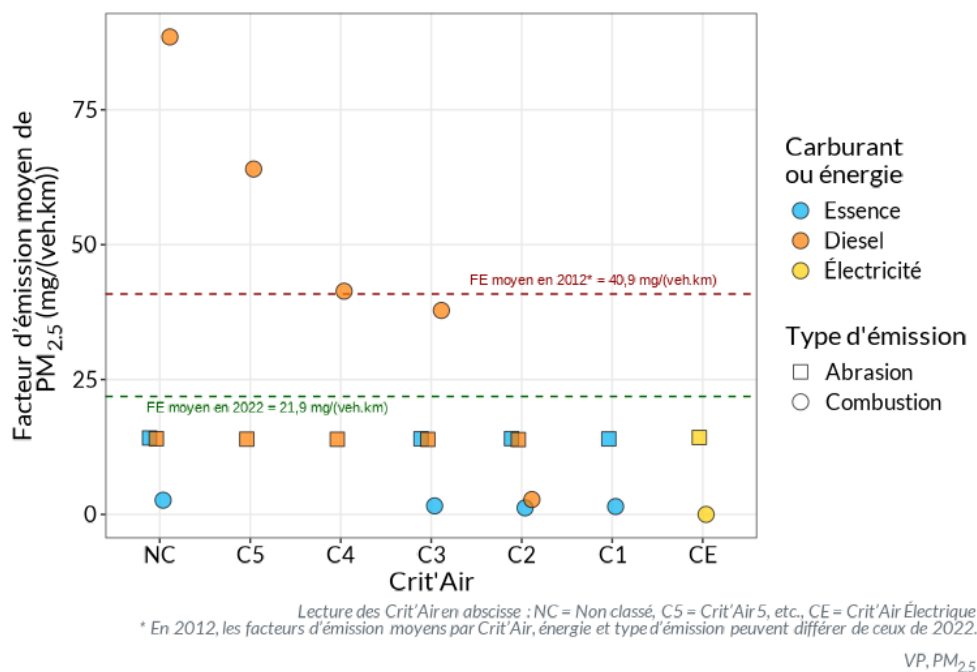


Figure 10 : Comparaison des facteurs d'émission moyens de PM_{2.5} des VP par Crit'Air, énergie et type d'émission à Paris en 2022

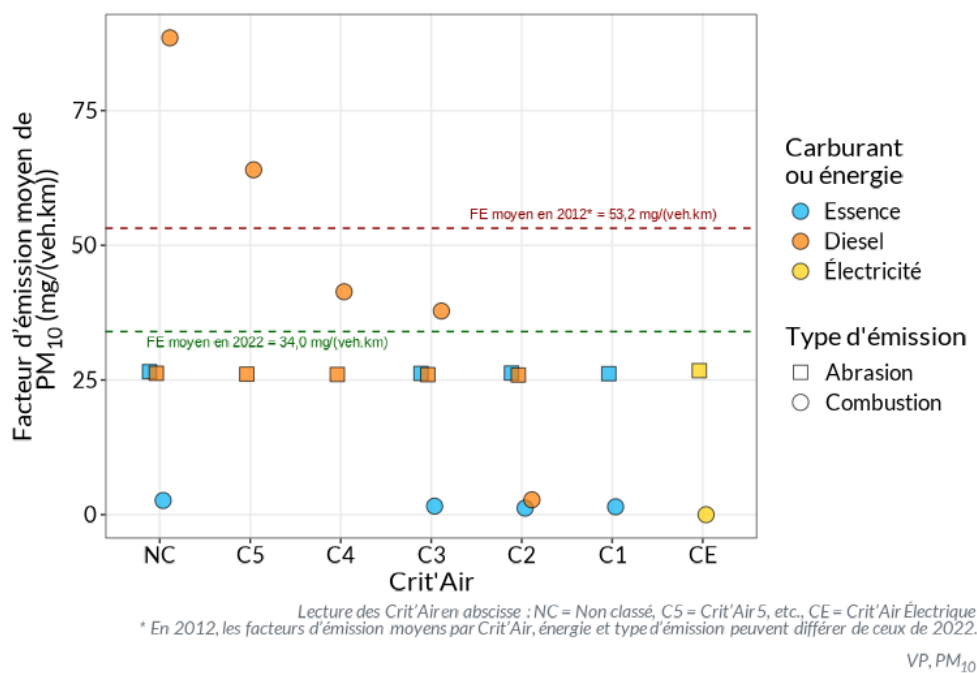
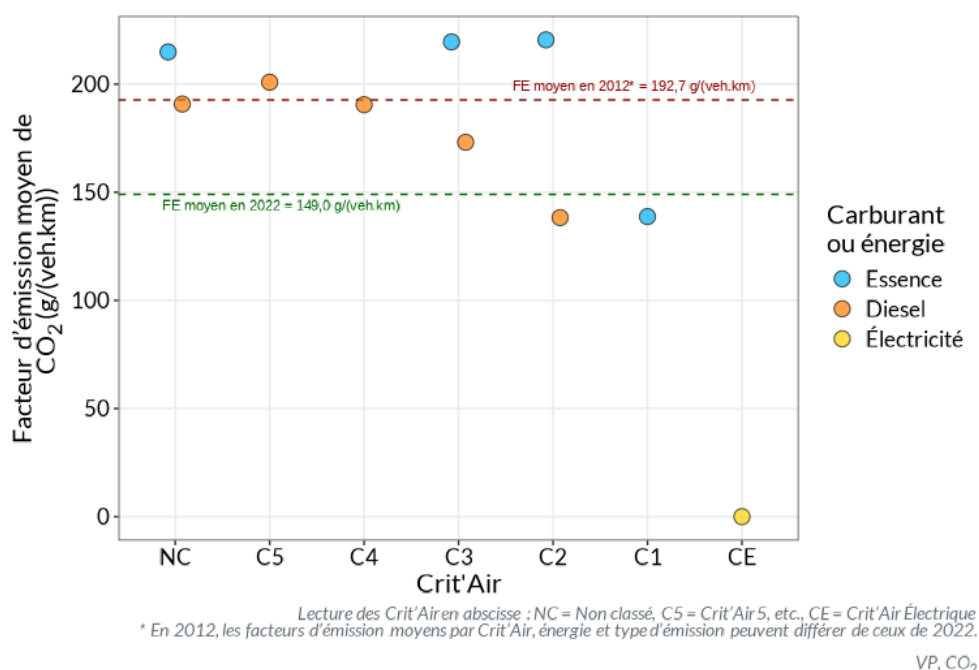


Figure 11 : Comparaison des facteurs d'émission moyens de PM₁₀ des VP par Crit'Air, énergie et type d'émission à Paris en 2022

Le facteur d'émission moyen de CO₂ des VP a diminué de 23% entre 2012 et 2022 (cf. Figure 12), soit une diminution plus limitée que celles estimées pour les polluants. Étant donné que les normes Euro ne prescrivent pas de standard d'émission de CO₂, contrairement aux NO_x et aux particules, le renouvellement des véhicules n'a pas eu un effet aussi important sur les émissions de CO₂ que sur celles de NO_x ou particules. Cette diminution des émissions de CO₂ par kilomètre parcouru s'explique surtout par la part croissante des véhicules électriques parmi les VP. De plus, les VP diesel et essence les plus récents (respectivement Crit'Air 2 et 1) ont un facteur d'émission moyen un peu plus faible que les VP plus anciens. Hormis pour les VP diesel et essence les plus récents, les VP diesel ont un facteur d'émission de CO₂ légèrement moins élevé, notamment du fait de leur moindre consommation de carburant. Le poids des véhicules est aussi un facteur important de l'émission de CO₂ des véhicules, qui est pris en compte dans les moyennes par Crit'Air et carburant présentées dans la Figure 12.



VP, CO₂

Figure 12 : Comparaison des facteurs d'émission moyens de CO₂ des VP par Crit'Air et énergie à Paris en 2022

3.3. Emissions des autres secteurs d'activité

Les émissions de NO_x, PM_{2,5}, PM₁₀ et CO₂ des autres secteurs d'activité (hors transport routier) utilisées dans cette étude correspondent aux données 2012 et 2022 de l'inventaire régional air-climat-énergie d'Airparif mis à disposition en 2025. La prise en compte des émissions sur l'ensemble de la région francilienne est nécessaire car elles contribuent à une partie des concentrations de fond sur le territoire parisien. Les émissions hors trafic routier sont issues des secteurs d'activité suivants : secteur résidentiel, secteur tertiaire, industrie, branche énergie, traitement des déchets, chantiers, transport ferroviaire et fluvial, plateformes aéroportuaires et agriculture. Les méthodologies de calcul utilisées sont conformes au guide méthodologique des inventaires territoriaux¹³.

¹³ Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques (polluants de l'air et gaz à effet de serre) - Ministère de la transition écologique et solidaire – Juin 2018
 file:///C:/Users/akauffmann/Downloads/MTES_Guide_methodo_elaboration_inventaires_PCIT_mars2019-2.pdf

3.4. Modélisation des concentrations

Le calcul des concentrations a été réalisé avec un outil spécifique de modélisation statistique développé par Airparif. Celui-ci permet de calculer la baisse de concentrations liée à une baisse d'émissions. Il a été entraîné à partir de modèles déterministes. Il permet l'évaluation de scénarios d'atténuation des émissions sur la qualité de l'air. Ce modèle a été entraîné sur une météorologie « normale » et ne permet pas de prise en compte de conditions météorologiques annuelles différentes ou atypiques, du fait par exemple du changement climatique. L'outil de modélisation statistique développé permet des calculs à l'échelle annuelle. Les émissions prises en compte dans le modèle sont les émissions finement spatialisées sur toute l'Île-de-France ; l'import de pollution est considéré constant.

Ce système de modélisation permet d'obtenir des cartes de concentration à une **résolution de 50m** sur l'ensemble de l'Île-de-France et notamment à Paris.

3.5. Exposition de la population

Afin d'étudier l'impact des différents paramètres étudiés sur les concentrations, cette étude s'appuie sur un indicateur d'exposition de la population, **la concentration moyenne pondérée par la population**. Cet indicateur **permet de quantifier l'amélioration de la qualité de l'air en $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , en s'intéressant aux zones habitées, et de ne pas biaiser les résultats par les concentrations des zones non résidentielles, comme les bois de Vincennes et de Boulogne, ou au cœur des grands axes routiers.

Les calculs d'exposition ont été réalisés grâce à la population fournie par l'Institut Paris Région pour l'année 2016, année, intermédiaire entre 2012 et 2022. L'année de population utilisée est la même pour les années 2012 et 2022, permettant d'éviter un artefact d'évolution des expositions qui serait dû à une population différente.

4. CONTRIBUTION DES DIFFERENTS FACTEURS EXPLICATIFS A L'EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'AIR

4.1. Dioxyde d'azote NO₂

La diminution des concentrations de NO₂ entre 2012 et 2022 à Paris est observée sur l'ensemble du territoire, à la fois en situation de fond et en situation de proximité au trafic routier. En s'appuyant sur l'évolution des concentrations pondérée par la population, **le niveau d'exposition de la population parisienne au NO₂ a diminué de 40% entre 2012 et 2022**. Cette estimation montre un réel impact des différentes actions sur la qualité de l'air en général, et sur les concentrations des zones résidentielles en particulier.

Cette estimation est une moyenne sur l'ensemble de la population parisienne qui recouvre des situations différentes, notamment selon la proximité aux grands axes et l'évolution du trafic sur ces derniers. Ce travail d'évaluation a été complété par une évaluation spécifique de l'évolution de l'exposition au NO₂ des populations les plus exposées, soit celles habitant à proximité des grands axes routiers. Cette amélioration a été plus bénéfique encore pour **les 10% d'habitants les plus exposés qui ont vu leur exposition moyenne au NO₂ diminuer de 45% entre 2012 et 2022**. Ce résultat montre que les différentes actions ont un impact positif important, y compris à proximité du trafic routier où les niveaux sont les plus importants.

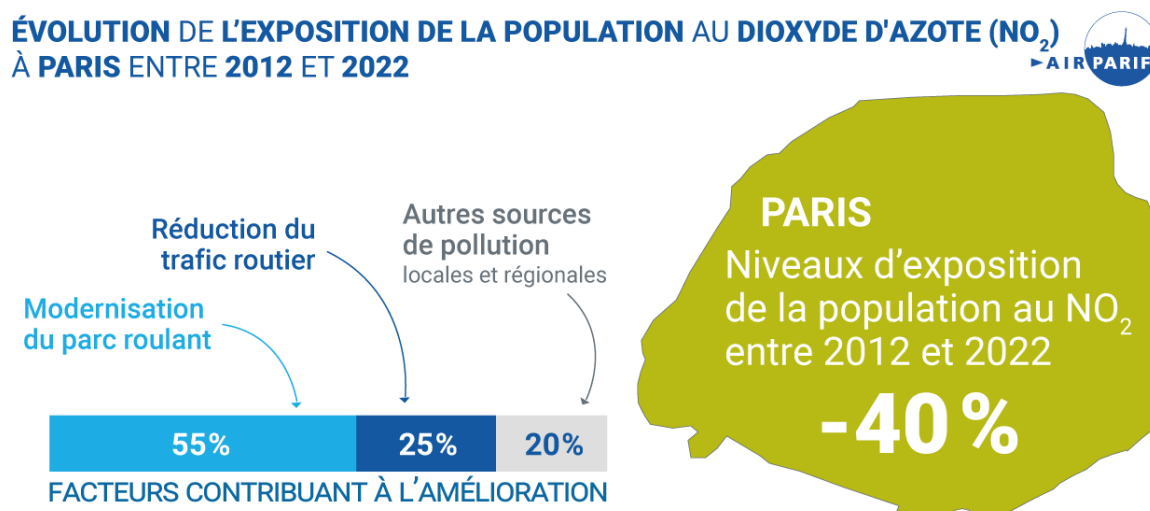


Figure 13 : Evolution du niveau d'exposition au NO₂ de la population parisienne entre 2012 et 2022 et contribution des différents facteurs explicatifs à cette évolution

L'évolution de l'exposition de la population parisienne au NO₂ entre 2012 et 2022 s'explique à la fois par des évolutions dans le secteur du trafic routier et dans les autres secteurs d'activité.

La principale contribution à la diminution de l'exposition de la population au NO₂ est due à la **modernisation du parc roulant, qui est responsable de 55% des baisses**. La seconde contribution la plus importante est celle de **la réduction du volume de trafic routier, qui contribue à 25%** de l'amélioration de l'exposition des Parisiens. Enfin, les **autres secteurs d'activité sont responsables de 20% de cette amélioration**.

A Paris entre 2012 et 2022, sous les effets conjoints de divers facteurs (cf. encadré « Comment s'explique le renouvellement du parc de véhicules ? »), **le parc de véhicules s'est considérablement modernisé**. L'introduction de véhicules électriques et surtout le renouvellement des véhicules thermiques, notamment des voitures particulières (VP) diesel anciens, ont rendu les véhicules en circulation bien moins émissifs en oxydes d'azote, si bien que le facteur d'émission moyen de NO_x d'un VP a diminué de 36% (cf. section 3.2.3. Facteurs d'émission, en particulier la Figure 9). Si en 2012, seuls 27% des kilomètres parcourus l'étaient avec un véhicule au moins Crit'Air 2, cette proportion atteint 83% en 2022. La proportion de kilomètres parcourus par des véhicules Crit'Air E et 1 est passée de 4% à 38%.

La diminution de la proportion des VP diesel dans les ventes de voitures thermiques neuves a aussi contribué à diminuer les concentrations de NO₂. La **dédieselisation des VP** est ainsi responsable de 7% à la diminution du niveau d'exposition de la population au NO₂, cette contribution étant comprise dans la part de 55% attribuable à la modernisation du parc de véhicules en circulation.

Comment s'explique le renouvellement du parc de véhicules ?

Le renouvellement du parc de véhicules a contribué à diminuer les émissions de polluants par les véhicules pour un même trajet (c'est-à-dire à diminuer le facteur d'émission moyen en g/veh.km) grâce à l'instauration de standards d'émissions de polluants décroissants pour les véhicules neufs vendus dans l'Union Européenne (les normes Euro), ainsi qu'à l'utilisation croissante de motorisations électriques. L'ampleur du renouvellement dépend notamment des politiques publiques mises en œuvre, voire des annonces politiques, du contexte économique, de la durée de vie des véhicules ainsi que de l'offre de véhicules et de carburant ou moyen de recharge ; il a aussi été accéléré par les politiques de restriction de circulation pour les véhicules les plus émetteurs de polluants dans la capitale et au cœur de son agglomération. Ces restrictions se sont progressivement renforcées : elles ont été initiées à Paris en septembre 2015 via la Zone à Circulation Restreinte (ZCR) pour certains poids lourds, puis se sont étendues à l'ensemble des véhicules Crit'Air 5 et « non classés » en janvier 2017 dans le cadre de la Zone à Basses Émissions (ZBE) ou Zone à Faibles Emissions (ZFE) et aux véhicules Crit'Air 4 en juin 2021 dans le cadre de **la Zone à Faibles Emissions mobilité (ZFE-m)** de la Métropole du Grand Paris¹⁴. Ces dispositifs s'appuient sur la classification des véhicules par Crit'Air, qui repose elle-même sur les normes Euro (cf. encadré « Normes Euro & vignettes Crit'Air »). Ces dernières visent les polluants atmosphériques et ne prennent pas en compte les émissions de CO₂. Des annonces comme celles relatives aux objectifs de fin de vente des véhicules thermiques en France ou de leur circulation dans Paris, ont également contribué à ce renouvellement même si leur impact est difficilement quantifiable.

La réduction du trafic routier entre 2012 et 2022, résultant de la combinaison de différents facteurs (cf. encadré « Comment s'explique la réduction du trafic routier ? »), a aussi eu un impact positif important sur l'exposition des parisiens au NO₂. Elle est constatée sur la très grande majorité des axes parisiens, dans des proportions qui varient, selon le type d'axes, les aménagements spécifiques mis en place (comme par exemple ceux de la rue de Rivoli) et leur volume initial. **Dans Paris intra-muros, la réduction totale du trafic routier a été de 34% entre 2012 et 2022. Sur le Boulevard Périphérique, la baisse du trafic a été beaucoup moins importante, avec une réduction d'environ 7% sur la période d'étude** (cf. Tableau 6 dans la section 3.2.1.2).

Comment s'explique la réduction du trafic routier ?

Le volume de trafic routier a significativement diminué à Paris, ce qui a contribué à la diminution des émissions de polluants et de CO₂ par le transport routier et à l'amélioration de la qualité de l'air

¹⁴ En juillet 2019, la restriction de circulation des véhicules Crit'Air 5 et non classés a été étendue à la Métropole du Grand Paris, dans le périmètre intérieur de l'autoroute A86. Les étapes suivantes de restriction de circulation des véhicules se sont appliquées à l'ensemble de ce périmètre, incluant Paris. Ultérieurement à la période 2012-2022, une nouvelle étape de restriction de circulation, concernant les véhicules Crit'Air 3, a été instaurée en janvier 2025.

dans la capitale. De nombreux facteurs ont permis, en synergie, de changer les comportements de mobilité entre 2012 et 2022 : développement des transports en commun et des mobilités douces (notamment via les aménagements cyclables et les voies de bus réservées), restrictions de la circulation automobile sur certains axes, politiques de stationnement, contexte économique (e.g. coût des carburants), recours au télétravail, etc.

Les autres secteurs d'activité ont aussi contribué à l'amélioration des niveaux de NO₂ sur le territoire parisien. Ces améliorations sont attribuables, en particulier, au secteur résidentiel (isolation des logements contribuant à une moindre consommation d'énergie, renouvellement des chaudières et autres équipements de chauffage), dont les émissions de NO_x ont diminué de 48% sur la période, au secteur tertiaire qui enregistre des baisses d'émissions de 9% (report de consommation des produits pétroliers vers l'électricité, et dans une moindre mesure, vers le gaz naturel) et aux chantiers avec 74% de baisse (baisse des émissions des engins de chantiers).

Les contributions de chaque facteur explicatif aux diminutions d'émissions de NO_x par le trafic routier à Paris entre 2012 et 2022 sont détaillées dans l'Annexe 3.

4.2. Particules PM₁₀ et PM_{2.5}

L'exposition moyenne de la population aux particules PM₁₀ a diminué de 24% entre 2012 et 2022 quand celle des PM_{2.5} a diminué de 28%. Comme pour le NO₂, cette estimation montre un réel impact des différentes actions sur la qualité de l'air en général, et sur les concentrations des zones résidentielles en particulier.

Ce travail d'évaluation a été complété par une évaluation spécifique de l'évolution de l'exposition aux PM₁₀ et aux PM_{2.5} des populations les plus exposées, soit celles habitant à proximité des grands axes routiers : **les 10% d'habitants les plus exposés ont bénéficié d'une amélioration de la qualité de l'air plus importante que le reste des parisiens. Ils ont vu leur exposition moyenne aux PM₁₀ diminuer de 27 % entre 2012 et 2022, et de 31 % pour l'exposition aux PM_{2.5}.**

ÉVOLUTION DE L'EXPOSITION DE LA POPULATION AUX PARTICULES (PM₁₀) À PARIS ENTRE 2012 ET 2022

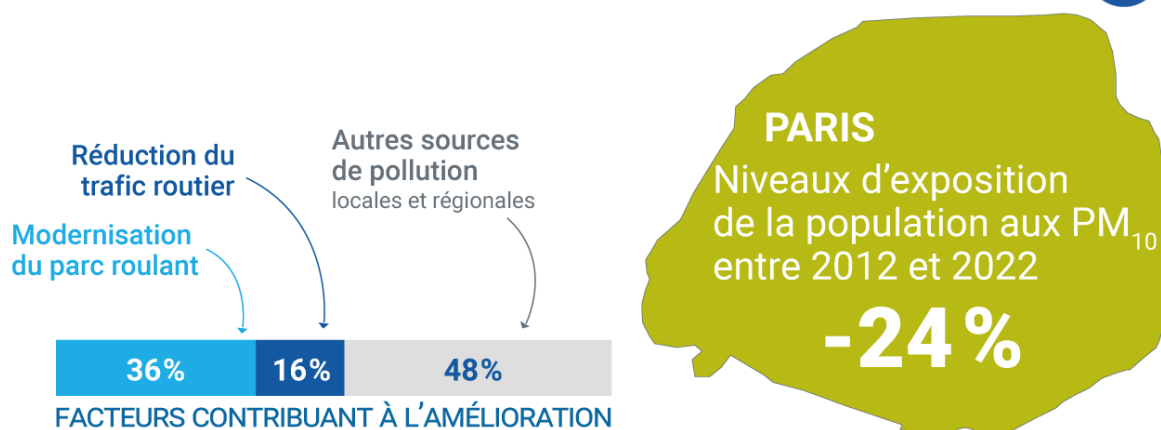


Figure 14 : Evolution du niveau d'exposition aux particules PM₁₀ de la population parisienne entre 2012 et 2022 et contribution des différents facteurs explicatifs à cette évolution

ÉVOLUTION DE L'EXPOSITION DE LA POPULATION AUX PARTICULES (PM_{2.5}) À PARIS ENTRE 2012 ET 2022

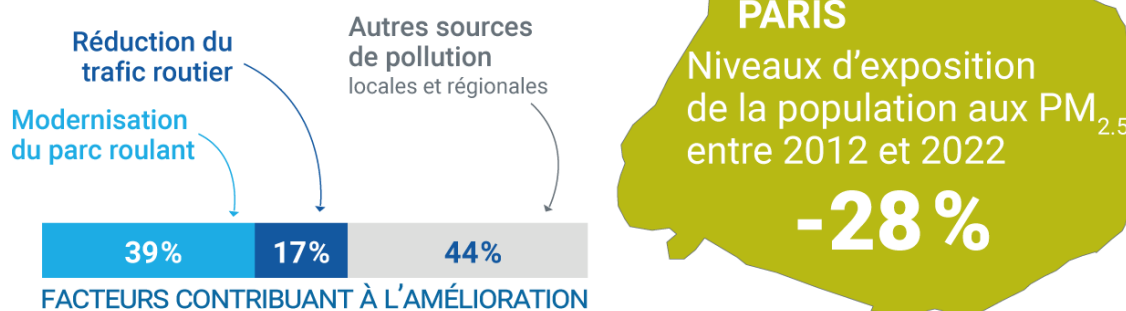


Figure 15 : Evolution du niveau d'exposition aux particules PM_{2.5} de la population parisienne entre 2012 et 2022 et contribution des différents facteurs explicatifs à cette évolution

L'évolution de l'exposition de la population parisienne aux particules PM₁₀ et PM_{2.5} entre 2012 et 2022 s'explique à la fois par des évolutions dans les émissions du secteur du trafic routier et celles des autres secteurs d'activité parisiens et sur l'ensemble de la région. Les contributions relatives des différents facteurs explicatifs sont relativement proches pour les PM₁₀ et pour les PM_{2.5}. Il est important de noter que pour les particules, les concentrations de particules sont également impactées par des transferts de particules extra-régionaux ou extra-nationaux. L'évolution de ces transports de particules n'est pas étudiée ici. Les contributions des 3 facteurs explicatifs sur l'évolution de l'exposition de la population parisienne ne permettent ainsi pas d'expliquer l'intégralité de l'évolution constatée entre 2012 et 2022.

Le premier facteur explicatif identifié contribuant aux baisses moyennes d'exposition est celui lié aux **évolutions des émissions des secteurs d'activité hors trafic routier, compte tenu de la plus grande diversité de sources de particules, avec une contribution de 48% pour les PM₁₀ et de 44% pour les PM_{2.5}**. Cet impact important s'explique notamment par la réduction des émissions du secteur résidentiel, premier contributeur des émissions de PM₁₀ et PM_{2.5} à Paris (cf. Annexe 3). Entre 2012 et 2022, les émissions du secteur résidentiel de ces deux polluants ont baissé de 24 %, majoritairement grâce aux actions ayant permis de diminuer les émissions liées au chauffage (isolation des logements, renouvellement des chaudières et autres équipements de chauffage). Les émissions des chantiers ont, elles aussi, largement diminué entre 2012 et 2022 (-42% pour les PM₁₀, -39% pour les PM_{2.5}).

L'impact de la modernisation du parc roulant explique 36% de l'amélioration observée pour l'exposition aux PM₁₀ et 39% de celle aux PM_{2.5}. La contribution de la réduction de trafic est quasi équivalente pour les deux polluants (16% pour les PM₁₀, 17% pour les PM_{2.5}). Si la modernisation du parc roulant et la réduction du trafic routier ne sont individuellement que les deuxième et troisième facteurs explicatifs, l'étude montre que **l'impact de la baisse des émissions du trafic routier est, au total, la première responsable de l'amélioration de l'exposition des Parisiens, avec une contribution globale de 52% pour les PM₁₀ et de 56% pour les PM_{2.5}.**

La modernisation du parc roulant à Paris entre 2012 et 2022 a notamment permis une baisse très importante des émissions de PM₁₀ et de PM_{2.5} du trafic routier. En effet, le renouvellement des véhicules thermiques, et plus particulièrement les véhicules diesel a permis l'apparition à partir de 2011 (Crit'air 2) de véhicules diesel équipés de filtres à particules (DPF), réduisant très fortement les émissions de particules dues à la combustion du carburant. Le facteur d'émission moyen à Paris d'une voiture particulière a diminué de 47% pour les PM₁₀ et de 36% pour les PM_{2.5} (cf. section 3.2.3. Facteurs d'émission, en particulier la Figure 10 et Figure 11). Les principales émissions des voitures

particulières Crit'air 2 ou moins, très majoritaires en 2022 (83 % des kilomètres parcourus en 2022 contre seulement 27% en 2012), sont des particules dues à l'abrasion (freins, routes, pneus), non liées au carburant. Les facteurs d'émission de l'abrasion n'ont en moyenne pas évolué ces dernières décennies, les normes Euro (1 à 6) portant uniquement sur les émissions dues à la combustion.

La diminution de la proportion des VP diesel (**dédieselisation des VP**) dans les ventes de voitures thermiques neuves n'a eu qu'un impact très limité sur l'exposition de la population parisienne aux PM₁₀ et PM_{2.5}. En effet, les véhicules diesel et essence immatriculés après 2011 (Crit'air 1 pour les VP essence et Crit'air 2 pour les VP diesel) ont des facteurs d'émission de particules très proches.

La réduction du trafic routier entre 2012 et 2022, résultant de la combinaison de différents facteurs (cf. encadré « Comment s'explique la réduction du trafic routier ? »), a aussi eu un impact positif important sur l'exposition des parisiens aux PM₁₀ et PM_{2.5}. En effet, la réduction du trafic routier, constatée sur la très grande majorité des axes parisiens, permet de diminuer le nombre de kilomètres parcourus par les différents véhicules et donc les émissions de particules de ces derniers, qu'elles soient dues à la combustion ou à l'abrasion, source devenue majoritaire en 2022 dans les émissions du trafic routier.

4.3. Dioxyde de carbone CO₂

Entre 2012 et 2022, en termes de gaz à effet de serre, les émissions de CO₂ tous secteurs confondus à Paris ont diminué de 31% ; conjointement, celles du transport routier ont diminué de 35%. La réduction du trafic routier a joué un rôle prépondérant dans la diminution des émissions de CO₂ du transport routier, puisqu'elle est responsable de 74% de cette baisse, comme le présente la Figure 16. Le reste de cette baisse est due à la modernisation du parc (26%).

L'amélioration technologique du parc de véhicules a eu une influence plus faible sur les émissions de CO₂ que sur celles des NO_x et des particules (cf. la Figure 12 dans la section 3.2.3). En effet, les normes Euro n'intègre pas ce GES (cf. l'encadré « Normes Euro & vignettes Crit'Air »), mais d'autres réglementations européennes concernant les émissions de CO₂ s'imposent aux constructeurs (notamment l'obligation d'information de la limite d'émission moyenne des flottes de véhicules légers neufs vendus par constructeur). L'augmentation de la part des véhicules électriques dans le trafic contribue aussi à diminuer les émissions de CO₂ du secteur. La diminution de la proportion des VP diesel (**dédieselisation des VP**) dans les ventes de voitures thermiques neuves a eu un impact très limité sur les émissions de CO₂ du trafic routier. En effet, si les véhicules diesel émettent, pour un même type de véhicules, moins de CO₂ que les véhicules essence, l'impact négatif de leur réduction est compensé par l'apparition des véhicules essence hybrides, limitant la consommation de carburant.

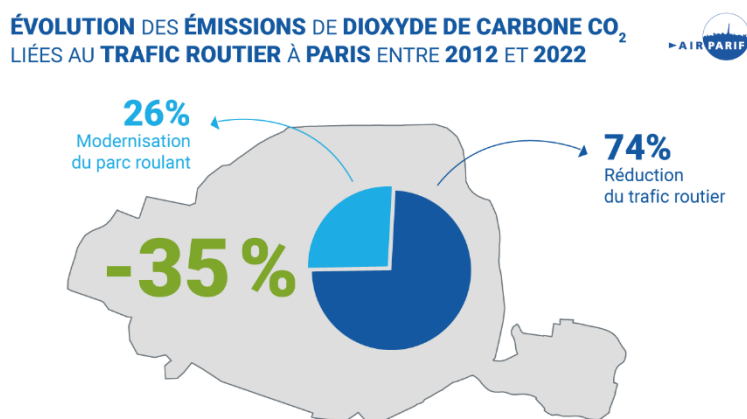


Figure 16 : Evolution des émissions de CO₂ par le transport routier à Paris entre 2012 et 2022 et contribution des différents facteurs explicatifs à cette évolution

5. CONCLUSION

L'amélioration de la qualité de l'air à Paris ces dernières années confirme que les politiques publiques menées à différents niveaux ont un impact conséquent et quantifiable sur les concentrations de polluants respirés par la population parisienne. C'est donc une bonne nouvelle pour les habitants, car leur exposition à ces polluants diminue, de façon encore plus marquée pour les Parisiens les plus exposés le long des grands axes de circulation. Cette amélioration se traduit en bénéfices sanitaires directs^{15,16} et en cobénéfices pour le climat (baisse des émissions de CO₂). L'évaluation de l'ORS met ainsi en évidence à Paris une baisse de 42,9% des décès annuels attribuables à l'exposition prolongée à la pollution de l'air sur la dernière décennie (période 2010-2019) et un gain d'espérance de vie de pratiquement 10 mois. Ce recul de la mortalité va également de pair avec une baisse des maladies attribuables à la pollution de l'air ainsi qu'avec un gain économique puisque le coût de ces maladies liées aux niveaux de particules en 2024 en Ile-de-France est évalué à 2,5 milliards d'euros.

Afin de poursuivre dans cette voie et de favoriser la mise en place des actions les plus efficaces, cette étude avait pour but d'éclairer les décideurs en quantifiant les contributions des 3 grands facteurs expliquant la réduction de la pollution de l'air à Paris entre 2012 et 2022 : celle attribuable à la modernisation du parc routier (normes Euro, restrictions pour les véhicules les plus anciens à Paris et dans la Métropole (ZFE-m), véhicules électriques...), celle due aux mesures de diminution du trafic routier dans Paris (développement des transports en commun et des mobilités douces, restriction de circulation sur certains axes, politiques de stationnement ...), et celle provenant des autres secteurs d'activité à Paris et en Ile-de-France entre 2012 et 2022 (améliorations par exemple des modes de chauffage).

L'étude a permis de montrer que la réduction de l'exposition de la population parisienne au NO₂ (-40% entre 2012 et 2022), est principalement due aux évolutions en lien avec le trafic routier, d'abord par la modernisation du parc roulant (55%), à laquelle s'ajoute la réduction du trafic routier (25%). Les autres secteurs d'activité ont aussi contribué à cette baisse, à hauteur de 20%.

Ces derniers ont une part plus importante dans l'amélioration de l'exposition de la population parisienne aux particules entre 2012 et 2022 (-24% pour les PM₁₀, - 28% pour les PM_{2.5}). En effet, les actions, hors trafic routier, permettent d'expliquer 48% de l'amélioration des PM₁₀ et 44% de celle des PM_{2.5}, notamment grâce à la réduction des émissions dues au chauffage ((isolation des logements, renouvellement des chaudières et autres équipements de chauffage, notamment pour le chauffage au bois). Le trafic routier reste, néanmoins, le premier contributeur à l'amélioration de l'exposition aux particules grâce à la modernisation du parc roulant (36% pour les PM₁₀, 39% pour les PM_{2.5}) et la réduction localement du trafic routier (16% pour les PM₁₀, 17% pour les PM_{2.5}). Cela s'explique notamment par les mesures, comme la ZFE-m, favorisant le remplacement de véhicules anciens diesel par des véhicules récents disposant de filtres à particules (DPF), ce qui a permis de limiter très fortement les émissions de particules dues à la combustion de carburants. Aujourd'hui, la très grande majorité des émissions liées au trafic routier est due à l'abrasion (routes, freins, pneus) et dépendent peu du type de combustible, mais sont directement impactées par les actions permettant de réduire le trafic routier.

¹⁵ « Mortalité attribuable à la pollution atmosphérique en Ile-de-France – Quelle évolution depuis 10 ans et quels bénéfices d'une amélioration de la qualité de l'air », Observatoire régional de santé-IDF – Airparif, Février 2022. <https://www.ors-idf.org/nos-travaux/publications/mortalite-attribuable-a-la-pollution-atmospherique>

¹⁶ Host, Sabine et al. *Maladies chroniques attribuables à la pollution de l'air en Île-de-France*. Observatoire régional de santé-IDF, Aix-Marseille School of Economics et Airparif (2025) : <https://www.ors-idf.org/nos-travaux/publications/maladies-chroniques-attribuables-a-la-pollution-de-lair-en-ile-de-france>

Par rapport aux enjeux de réchauffement climatique, l'étude a permis de quantifier l'impact de la modernisation du parc roulant et de la réduction du trafic routier sur les émissions de CO₂ du trafic routier. Il est important de noter que ces deux grands facteurs explicatifs, ont permis de réduire significativement les émissions de CO₂ du trafic routier à Paris entre 2012 et 2022 (-35 %), en plus de l'amélioration constatée pour les polluants atmosphériques. Le premier contributeur à cette diminution étant très largement la réduction du trafic routier à Paris qui contribue à 74% de la baisse observée, suivi de la modernisation du parc roulant à hauteur de 26%. Cette dernière n'a eu qu'un impact modéré, en raison d'une amélioration des véhicules récents thermiques importante pour les émissions de polluants atmosphériques, mais très limitée sur les émissions de CO₂.

A l'exception de l'ozone, depuis plus de 20 ans la qualité de l'air s'est améliorée en France et en Europe. Cette étude fournit une évaluation quantifiée pour Paris de l'impact des mesures prises, et donc des leviers, en fonction des polluants. Elle démontre à nouveau l'efficacité des politiques publiques mises en place. Cette tendance se poursuit avec en 2025 avec des valeurs limites réglementaires actuelles en passe d'être respectées pour la première fois.

Néanmoins, les nombreuses personnes exposées à des niveaux supérieurs aux recommandations sanitaires de l'OMS et aux nouvelles valeurs limites à respecter à partir de 2030 pour protéger la santé de populations, montrent que l'exposition de la population aux différents polluants atmosphériques, notamment le long du trafic, reste un enjeu sanitaire et que les efforts doivent être poursuivis pour que les bénéfices sanitaires le soient également. Dans un contexte international de remise en cause des politiques environnementales, et de compétition entre les villes, la qualité de l'air est par ailleurs un atout et un facteur d'attractivité.

ANNEXES

Annexe 1 : Evolutions des concentrations annuelles à Paris entre 2012 et 2022

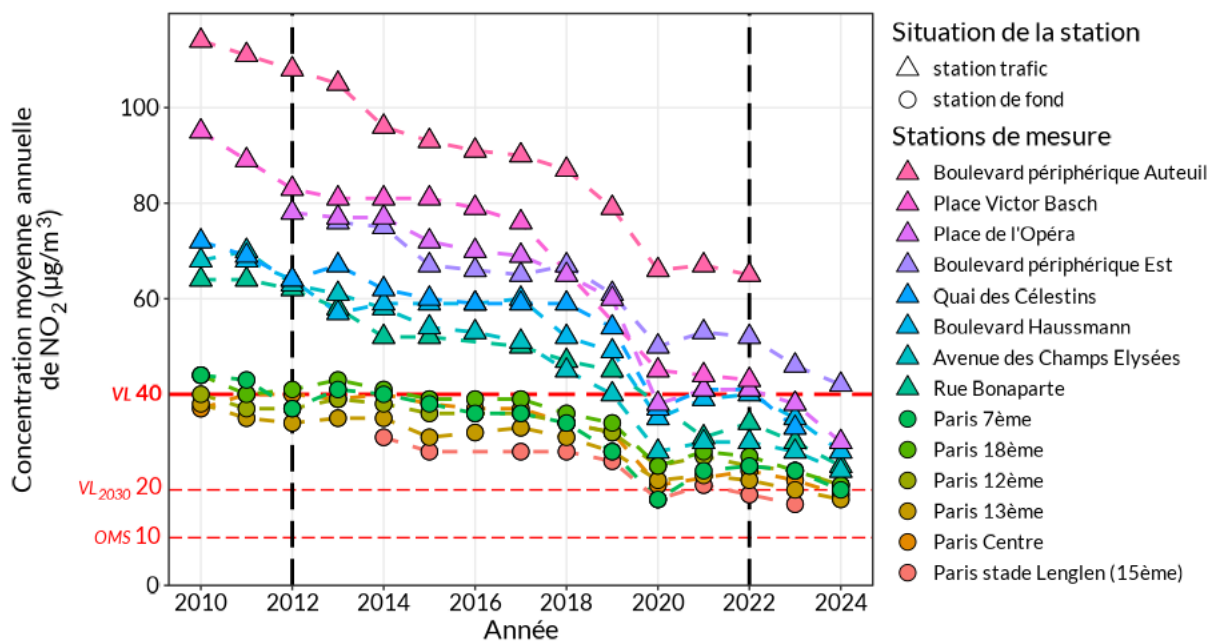


Figure 17 : concentrations moyennes annuelles sur les stations de mesure du réseau Airparif - NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

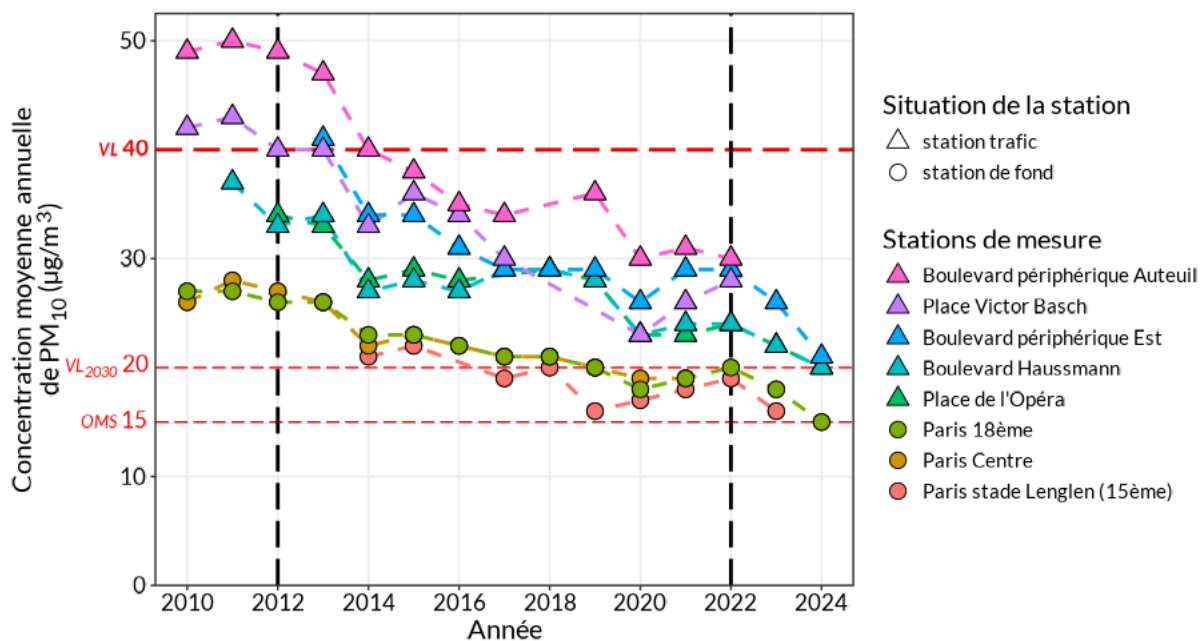
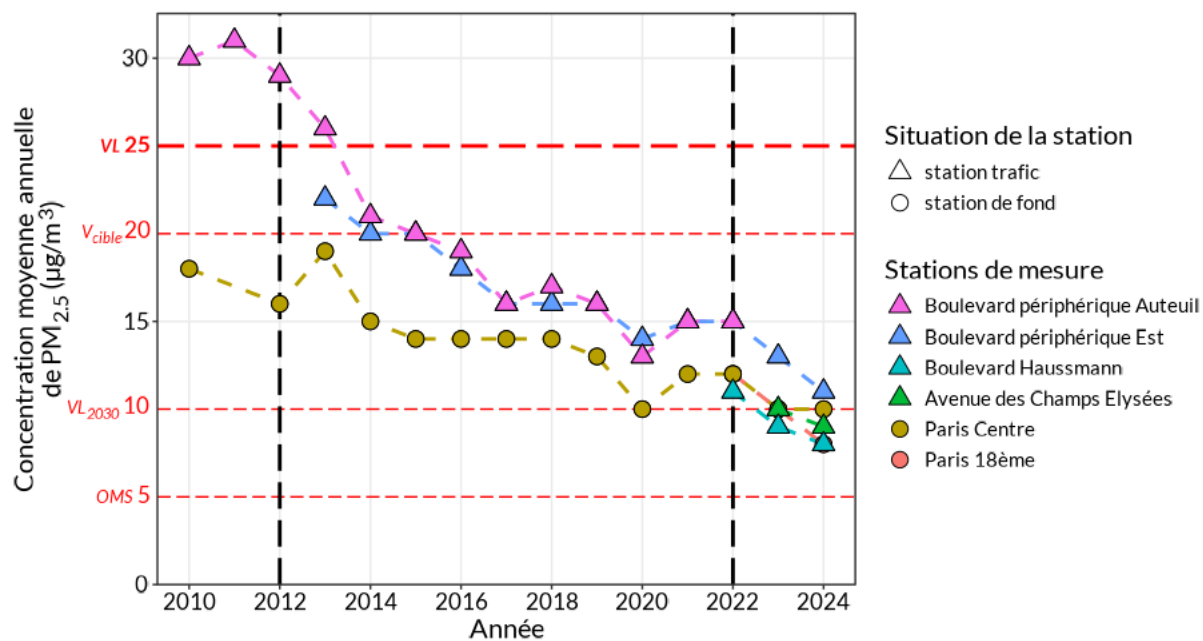


Figure 18 : concentrations moyennes annuelles sur les stations de mesure du réseau Airparif - PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



La moyenne annuelle d'une station en fonctionnement n'est disponible que si cette station est représentative pour cette année, c'est-à-dire si elle n'a pas connu de longue période d'arrêt ou d'invalidité (en raison de travaux, d'accident, de vandalisme, etc.).

Figure 19 : concentrations moyennes annuelles sur les stations de mesure du réseau Airparif – PM_{2.5} (µg/m³)

Annexe 2 : Evolutions des émissions du trafic routier à Paris entre 2012 et 2022

En complément des évolutions des niveaux d'expositions de NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} et leurs déterminants présentés dans la section 4, les évolutions des **émissions** de ces polluants à la source, générées par le transport routier à Paris entre 2012 et 2022 et les contributions des facteurs explicatifs à ces évolutions d'émission sont présentées dans cette annexe.

La diminution des émissions du trafic routier est responsable d'une grande partie de la diminution des concentrations de polluants et des niveaux d'exposition des Parisiens. Toutefois, **la relation entre concentrations d'un polluant (ce qui est respiré) et émissions à la source de ce polluant n'est pas linéaire**, en raison des nombreux processus physiques, chimiques et météorologiques (réactions chimiques formant ou détruisant ce polluant, advection, déposition, stabilité atmosphérique, etc.) influençant la concentration d'un polluant dans l'air ambiant au-delà des émissions primaires locales.

Les émissions de NO_x du transport routier ont diminué de 56% à Paris entre 2012 et 2022, mais ce secteur représente toujours la majorité des émissions de NO_x à Paris (58% en 2022). La modernisation du parc roulant explique 65% de cette baisse et la diminution du volume de trafic routier en explique 35%, comme l'illustre la Figure 20 ci-dessous. Ces contributions à la baisse des émissions de NO_x entre 2012 et 2022 présentent des variabilités, notamment en raison des différentes évolutions du volume de trafic sur chaque axe. **Sur le Boulevard Périphérique, les émissions de NO_x du trafic routier ont diminué de 47% quand celles de Paris intra-muros ont diminué de 60%.** Sur le Boulevard Périphérique, le volume de trafic routier a moins diminué qu'à Paris intra-muros, la baisse des émissions de NO_x est donc essentiellement due à la modernisation du parc roulant, qui en explique 88 %.

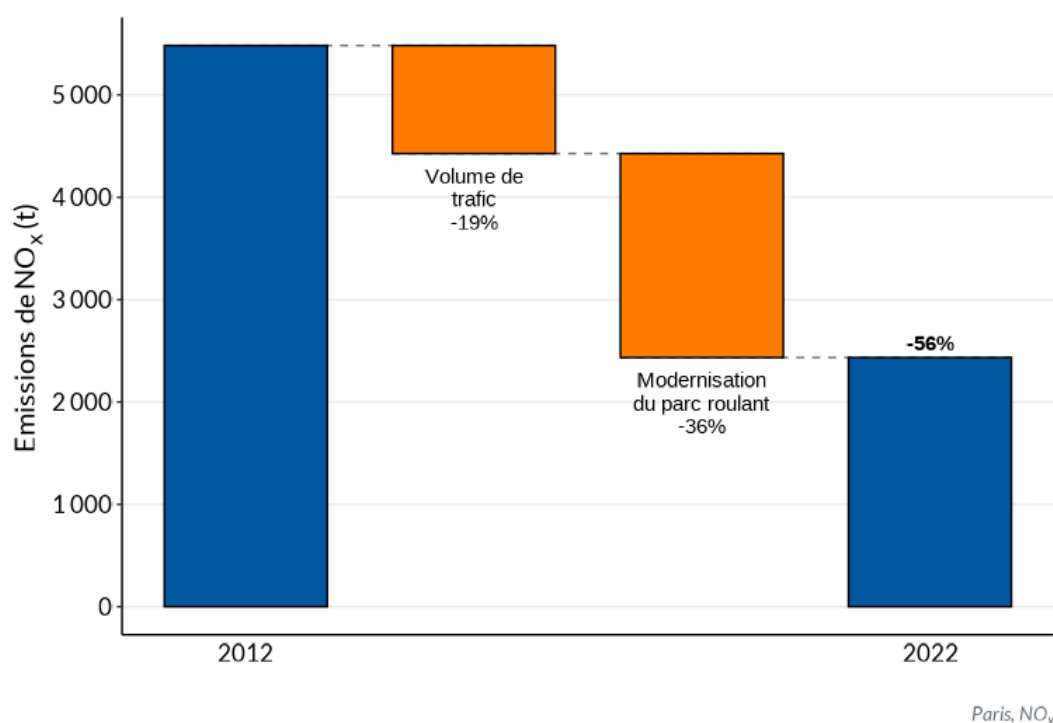


Figure 20 : Déterminants de l'évolutions des émissions de NO_x du transport routier à Paris entre 2012 et 2022

Les émissions de particules PM₁₀ et PM_{2.5} du transport routier ont respectivement diminué de 55% et 63% à Paris entre 2012 et 2022, ce secteur représentant respectivement 12% et 13% des émissions de PM₁₀ et PM_{2.5} à Paris en 2022. La modernisation du parc roulant explique respectivement 63% et 73% de ces baisses et la diminution du volume de trafic routier en explique respectivement 37% et 27%, comme l'illustre les Figures 21 et 22 ci-dessous. Les émissions de particules dues à l'abrasion des freins, des pneus et de la route, qui contribuent moins aux émissions de PM_{2.5} que de PM₁₀, n'ont pas été réduites par la modernisation du parc roulant (les normes Euro n'ayant porté que sur les émissions à l'échappement avant la future norme Euro 7). Cela explique que la diminution des émissions de PM₁₀ par le transport routier soit plus faible que celle des émissions de PM_{2.5}, et c'est aussi pourquoi la baisse de volume de trafic a davantage contribué à réduire les émissions de PM₁₀ du transport routier que celles de PM_{2.5}.

En outre, de même que pour les NO_x, ces contributions à la baisse des émissions de particules entre 2012 et 2022 présentent des variabilités. **Sur le Boulevard Périphérique, les émissions de PM₁₀ et PM_{2.5} du trafic routier ont respectivement diminué de 44 % et 53 % quand celles de Paris intra-muros ont diminué de 59% et 67%.** Sur le Boulevard Périphérique, où le trafic routier a moins diminué, la modernisation du parc roulant explique l'essentiel de ces baisses (respectivement 76% et 84%).

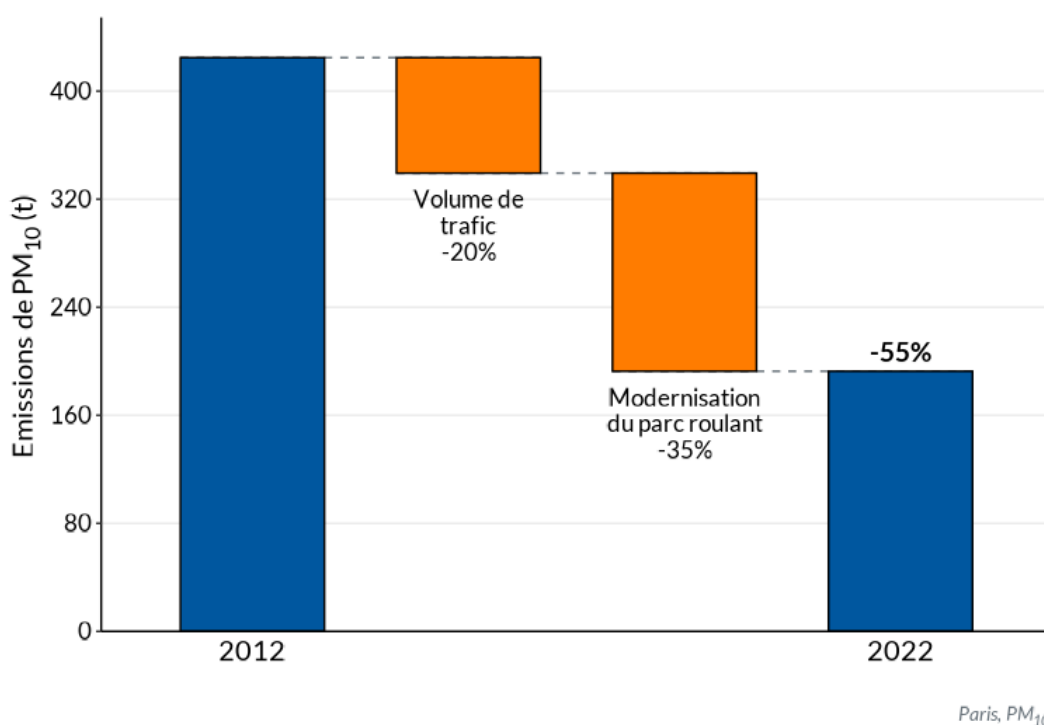


Figure 21 : Déterminants de l'évolutions des émissions de PM₁₀ du transport routier à Paris entre 2012 et 2022

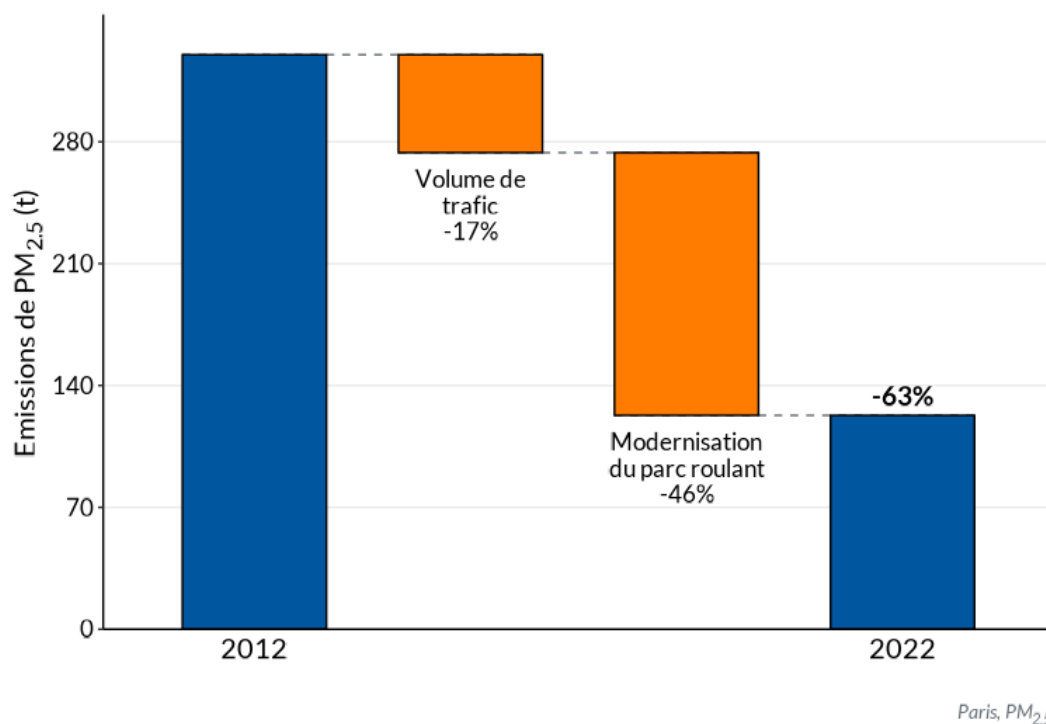


Figure 22 : Déterminants de l'évolutions des émissions de PM_{2.5} du transport routier à Paris entre 2012 et 2022

Annexe 3 : Contribution des différents secteurs d'activité aux émissions à Paris

		CO ₂	NOx	PM _{2.5}	PM ₁₀
2022	Agriculture	0%	0%	0%	0%
	Branche énergie	4%	1%	0%	0%
	Chantiers	2%	6%	12%	23%
	Emissions naturelles	0%	0%	0%	0%
	Industrie	1%	1%	0%	6%
	Plateformes aéroportuaires	0%	0%	0%	0%
	Résidentiel	32%	13%	71%	51%
	Tertiaire	27%	20%	2%	1%
	Transport ferroviaire, fluvial et portuaire	0%	1%	3%	5%
	Transport routier	34%	58%	12%	13%
		CO ₂	NOx	PM _{2.5}	PM ₁₀
2012	Agriculture	0%	0%	0%	0%
	Branche énergie	4%	3%	1%	1%
	Chantiers	3%	11%	14%	25%
	Emissions naturelles	0%	0%	0%	0%
	Industrie	0%	0%	0%	7%
	Plateformes aéroportuaires	0%	0%	0%	0%
	Résidentiel	35%	12%	61%	44%
	Tertiaire	21%	11%	1%	1%
	Transport ferroviaire, fluvial et portuaire	0%	1%	2%	3%
	Transport routier	37%	62%	21%	19%

Annexe 4 : Classification des véhicules selon la nomenclature Crit'Air

Le Tableau 7 ci-dessous permet de déterminer pour un véhicule sa classe Crit'Air selon son type, sa motorisation ainsi que sa date de première immatriculation ou norme Euro ; il est directement issu du site gouvernemental <https://www.certificat-air.gouv.fr/>.

Classification des véhicules en application des articles L. 318-1 et R. 318-2 du code de la route

Classe	2 ROUES, TRICYCLES ET QUADRICYCLES À MOTEUR	VOITURES		VÉHICULES UTILITAIRES LÉGERS		POIDS LOURDS, AUTOBUS ET AUTOCAR		
	Véhicules électriques et hydrogène							
	Véhicules gaz Véhicules hybrides rechargeables							

Classe	DATE DE PREMIÈRE IMMATRICULATION ou NORME EURO							
	2 ROUES, TRICYCLES ET QUADRICYCLES À MOTEUR	VOITURES		VÉHICULES UTILITAIRES LÉGERS		POIDS LOURDS, AUTOBUS ET AUTOCAR		
		Diesel	Essence	Diesel	Essence	Biodiesel	Diesel	Essence
	EURO 4 et 5 À partir du : 1 ^{er} janvier 2017 pour les motocycles 1 ^{er} janvier 2018 pour les cyclomoteurs	-	EURO 5 et 6 À partir du 1 ^{er} janvier 2011	-	EURO 5 et 6 À partir du 1 ^{er} janvier 2011	EURO VI À partir du 1 ^{er} janvier 2014	-	EURO VI À partir du 1 ^{er} janvier 2014
	EURO 3 du 1 ^{er} janvier 2007 au : 31 décembre 2016 pour les motocycles 31 décembre 2017 pour les cyclomoteurs	EURO 5 et 6 À partir du 1 ^{er} janvier 2011	EURO 4 du 1 ^{er} janvier 2006 au 31 décembre 2010	EURO 5 et 6 À partir du 1 ^{er} janvier 2011	EURO 4 du 1 ^{er} janvier 2006 au 31 décembre 2010		EURO VI À partir du 1 ^{er} janvier 2014	EURO V du 1 ^{er} octobre 2009 au 31 décembre 2013
	EURO 2 du 1 ^{er} juillet 2004 au 31 décembre 2006	EURO 4 du 1 ^{er} janvier 2006 au 31 décembre 2010	EURO 2 et 3 du 1 ^{er} janvier 1997 au 31 décembre 2005	EURO 4 du 1 ^{er} janvier 2006 au 31 décembre 2010	EURO 2 et 3 du 1 ^{er} octobre 1997 au 31 décembre 2005	EURO V du 1 ^{er} octobre 2009 au 31 décembre 2013	EURO V du 1 ^{er} octobre 2009 au 31 décembre 2013	EURO III et IV du 1 ^{er} octobre 2001 au 30 septembre 2009
	Pas de norme tout type du 1 ^{er} juin 2000 au 30 juin 2004	EURO 3 du 1 ^{er} janvier 2001 au 31 décembre 2005	-	EURO 3 du 1 ^{er} janvier 2001 au 31 décembre 2005	-	EURO IV du 1 ^{er} octobre 2006 au 30 septembre 2009	EURO IV du 1 ^{er} octobre 2006 au 30 septembre 2009	-
	-	EURO 2 du 1 ^{er} janvier 1997 au 31 décembre 2000	-	EURO 2 du 1 ^{er} octobre 1997 au 31 décembre 2000	-	EURO III du 1 ^{er} octobre 2001 au 30 septembre 2006	EURO III du 1 ^{er} octobre 2001 au 30 septembre 2006	-
Non classés	Pas de norme tout type Jusqu'au 31 mai 2000	EURO 1 et avant Jusqu'au 31 décembre 1996	EURO 1 et avant Jusqu'au 31 décembre 1996	EURO 1 et avant Jusqu'au 30 septembre 1997	EURO 1 et avant Jusqu'au 30 septembre 1997	EURO I, II et avant Jusqu'au 30 septembre 2001	EURO I, II et avant Jusqu'au 30 septembre 2001	EURO I, II et avant Jusqu'au 30 septembre 2001

Tableau 7 : Classification des véhicules selon la nomenclature Crit'Air – Arrêté du 21 juin 2016 établissant la nomenclature des véhicules classés en fonction de leur niveau d'émission de polluants atmosphériques en application de l'article R. 318.2 du code de la route

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Concentrations annuelles moyennes en NO ₂ à Paris - 2012 (à gauche) et 2022 (à droite)	11
Figure 2 : Concentrations annuelles moyennes en PM ₁₀ à Paris – 2012 (à gauche) et 2022 (à droite)	13
Figure 3 : Nombres de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m ³ en particules PM ₁₀ à Paris – 2012 (à gauche) et 2022 (à droite)	13
Figure 4 : Concentrations annuelles moyennes en PM _{2.5} à Paris – 2012 (à gauche) et 2022 (à droite)	14
Figure 5 : Evolution des émissions de GES (scope 1+2) à Paris entre 2012 et 2022	16
Figure 6 : Frise des classes Crit'Air des VP	22
Figure 7 : Composition du parc de véhicules circulant sur le réseau routier parisien en 2012	22
Figure 8 : Composition du parc de véhicules circulant sur le réseau routier parisien en 2022	23
Figure 9 : Comparaison des facteurs d'émission moyens de NO _x des VP par Crit'Air et énergie à Paris en 2022	24
Figure 10 : Comparaison des facteurs d'émission moyens de PM _{2.5} des VP par Crit'Air, énergie et type d'émission à Paris en 2022	25
Figure 11 : Comparaison des facteurs d'émission moyens de PM ₁₀ des VP par Crit'Air, énergie et type d'émission à Paris en 2022	25
Figure 12 : Comparaison des facteurs d'émission moyens de CO ₂ des VP par Crit'Air et énergie à Paris en 2022	26
Figure 13 : Evolution du niveau d'exposition au NO ₂ de la population parisienne entre 2012 et 2022 et contribution des différents facteurs explicatifs à cette évolution	28
Figure 14 : Evolution du niveau d'exposition aux particules PM ₁₀ de la population parisienne entre 2012 et 2022 et contribution des différents facteurs explicatifs à cette évolution	30
Figure 15 : Evolution du niveau d'exposition aux particules PM _{2.5} de la population parisienne entre 2012 et 2022 et contribution des différents facteurs explicatifs à cette évolution	31
Figure 16 : Evolution des émissions de CO ₂ par le transport routier à Paris entre 2012 et 2022 et contribution des différents facteurs explicatifs à cette évolution	32
Figure 17 : concentrations moyennes annuelles sur les stations de mesure du réseau Airparif - NO ₂ (µg/m ³)	36
Figure 18 : concentrations moyennes annuelles sur les stations de mesure du réseau Airparif – PM ₁₀ (µg/m ³)	36
Figure 19 : concentrations moyennes annuelles sur les stations de mesure du réseau Airparif – PM _{2.5} (µg/m ³)	37
Figure 20 : Déterminants de l'évolutions des émissions de NO _x du transport routier à Paris entre 2012 et 2022	38
Figure 21 : Déterminants de l'évolutions des émissions de PM ₁₀ du transport routier à Paris entre 2012 et 2022	39
Figure 22 : Déterminants de l'évolutions des émissions de PM _{2.5} du transport routier à Paris entre 2012 et 2022	40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nombre d'habitants en situation de dépassement des valeurs réglementaires (VL) et sanitaire (recommandation OMS) – Dioxyde d'azote NO ₂	12
Tableau 2 : Nombre d'habitants en situation de dépassement des valeurs réglementaires (VL) et sanitaire (recommandation OMS) – Particules PM ₁₀	15
Tableau 3 : Nombre d'habitants en situation de dépassement des valeurs réglementaires (VC et VL) et sanitaire (recommandation OMS) – Particules PM _{2,5}	15
Tableau 4 : Paramètres pris en compte pour l'année 2022 et pour un des scénarios évalués (évolution du trafic routier)	17
Tableau 5 : Description des scénarios étudiés et de leurs paramètres respectifs.....	18
Tableau 6 : Evolutions du volume de trafic entre 2012 et 2022 par nature de voie à Paris, selon les données de la DVD de la Ville de Paris.....	20
Tableau 7 : Classification des véhicules selon la nomenclature Crit'Air – Arrêté du 21 juin 2016 établissant la nomenclature des véhicules classés en fonction de leur niveau d'émission de polluants atmosphériques en application de l'article R. 318.2 du code de la route	42