



Zone à faibles émissions mobilité (ZFE-m) dans la métropole du Grand Paris

ÉTUDE PROSPECTIVE - ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LES ÉMISSIONS DU TRAFIC ROUTIER, LA QUALITÉ DE L'AIR ET L'EXPOSITION DES POPULATIONS DE LA RESTRICTION DE CIRCULATION DES VÉHICULES CRIT'AIR 4 DANS LE PÉRIMÈTRE À L'INTÉRIEUR DE L'AUTOROUTE A86 - ÉTAPE JUIN 2021



ZONE A FAIBLES ÉMISSIONS MOBILITÉ DANS LA MÉTROPOLE DU GRAND PARIS

2^{ème} étape – juin 2021

ÉTUDE PROSPECTIVE

**Évaluation des impacts sur les émissions du trafic routier, la
qualité de l'air et l'exposition des populations de la
restriction de circulation des véhicules Crit'air 4 dans le
périmètre à l'intérieur de l'autoroute A86**

Décembre 2020

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

Glossaire

Généralités :

Émissions : rejets de polluants dans l'atmosphère liés à différentes sources telles que les transports (routier, aérien, fluvial, ferré), les secteurs résidentiel et tertiaire (production de chauffage et d'eau chaude sanitaire), l'industrie...

Concentrations : les concentrations de polluants qui caractérisent la qualité de l'air que l'on respire, s'expriment le plus souvent en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Elles sont notamment très influencées par la proximité des sources polluantes.

Parc roulant : caractérise la répartition des véhicules circulant selon cinq types de véhicules : véhicules particuliers (VP) ; véhicules utilitaires légers (VUL) ; poids lourds (PL) ; bus et cars (TC) et deux roues motorisés (2RM).

Parc technologique : caractérise, pour chacun des cinq types de véhicules (VP, VUL, PL, TC et 2RM), la répartition des véhicules en termes de carburant, de norme « euro » et de puissance du moteur (PTAC pour les PL et les TC).

ZAPA : Zone d'Action Prioritaire pour l'Air

ZCR : Zone à Circulation Restreinte

ZBE : Zone à Basses Émissions

ZFE : Zone à Faibles Émissions

ZFE-m : Zone à Faibles Émissions Mobilité

Normes :

Objectif de qualité (OQ) : un niveau défini par la réglementation française à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Valeur limite (VL) : un niveau fixé par la réglementation européenne, 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. Ce sont des valeurs réglementaires contraignantes. En cas de dépassement de valeur limite, des plans d'actions efficaces doivent être mis en œuvre afin de conduire à une diminution rapide des teneurs en dessous du seuil de la valeur limite.

Valeur cible (VC) : un niveau fixé par la réglementation européenne, 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 la mesure du possible sur une période donnée. Elle se rapproche dans l'esprit des objectifs de qualité français, puisqu'il n'y a pas de contrainte contentieuse associée à ces valeurs, mais des enjeux sanitaires avérés.

Polluants atmosphériques :

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

CO₂ : Dioxyde de carbone

COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

GES : Gaz à effet de serre :

Acronymes :

APUR : Atelier parisien d'urbanisme

DRIEA : Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement d'Ile-de-France

DIRIF : Direction des routes d'Ile-de-France faisant partie de la DRIEA

DVD : Direction de la voirie et des déplacements de la Ville de Paris

Île-de-France Mobilités : Autorité organisatrice des transports en Ile-de-France (**ex STIF** : Syndicat des Transports d'Île-de-France)

LOM : Loi d'Orientation des Mobilités

SOMMAIRE

GLOSSAIRE	3
SOMMAIRE	5
1. INTRODUCTION.....	7
2. MISE EN ŒUVRE DE LA 2 ^{ÈME} ÉTAPE DE LA ZFE-M MÉTROPOLITAINE	9
2.1. MODALITES DE MISE EN ŒUVRE	9
2.2. PRESENTATION DES RESULTATS	11
2.3. DEMARCHE D’EVALUATION DES IMPACTS DE LA ZFE- M	11
2.3.1. Évaluation des impacts sur les émissions.....	11
2.3.2. Méthodologie pour la cartographie des concentrations.....	12
2.4. LIMITES DE LA DEMARCHE D’EVALUATION	14
3. ÉTAT DES LIEUX DES ÉMISSIONS ET DE LA QUALITÉ DE L’AIR AU SEIN DE LA MÉTROPOLE DU GRAND PARIS	17
3.1. DES EMISSIONS IMPORTANTES LIEES AU TRAFIC ROUTIER	17
3.1.1. Les oxydes d’azotes	17
3.1.2. Les particules PM ₁₀	19
3.1.3. Les particules PM _{2,5}	20
3.1.4. Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM).....	22
3.1.5. Le dioxyde de carbone CO ₂	23
3.2. UNE POPULATION EXPOSEE A DES NIVEAUX DE POLLUTION AU-DELA DES VALEURS LIMITES	25
3.2.1. Dioxyde d’azote NO ₂	25
3.2.2. Particules PM ₁₀	28
3.2.3. Particules PM _{2,5}	31
3.2.4. Benzène	33
4. IMPACTS DE LA 2 ^{ÈME} ÉTAPE DE ZFE-M SUR LES ÉMISSIONS DU TRAFIC ROUTIER	36
4.1. TRAFIC ROUTIER	36
4.2. PARCS ROULANTS ET TECHNOLOGIQUES	38
4.2.1. Parc roulant de référence.....	39
4.2.2. Parc technologique de référence	40
4.2.3. Impact de la ZFE-m sur le parc technologique	42
4.3. ÉMISSIONS LIEES AU TRAFIC ROUTIER.....	48
4.3.1. Émissions de polluants atmosphériques	48

4.3.2. Émissions de gaz à effet de serre	53
5. IMPACTS DE LA 2^{ÈME} ÉTAPE DE ZFE-M SUR LES CONCENTRATIONS DE POLLUANTS DANS L'AIR	55
5.1. CONCENTRATIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES.....	55
5.2. INDICATEURS D'EXPOSITION.....	58
5.2.1. Exposition de la population au-delà des valeurs réglementaires.....	58
5.2.2. Qualité de l'air au droit des axes routiers	59
6. CONCLUSION	60
ANNEXES.....	62
TABLE DES FIGURES.....	75

1. INTRODUCTION

Déjà déployées dans plus de 247 villes à travers l'Europe¹, les Zones à Faibles Émissions « mobilité » (ZFE-m) sont reconnues comme étant une mesure efficace pour lutter contre la pollution atmosphérique liée au trafic routier. Elles s'avèrent être la mesure la plus efficace pour réduire les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) en milieu urbain.

Suite à la mise en place de la première étape de la ZFE-m métropolitaine en juillet 2019, la Métropole du Grand Paris souhaite étendre la restriction de circulation aux véhicules « Crit'Air 4 » au 1^{er} juin 2021. La mise en œuvre de la 2^{ème} étape de la ZFE-m (interdiction des « Crit'Air 4 » en plus des « Crit'Air 5 » et « non classés »), initialement prévue le 1^{er} janvier 2021 a été décalée au 1^{er} juin 2021. Ce décalage s'explique par les modifications intervenues par la LOM et le décret paru en septembre 2020 et par la crise sanitaire qui est à l'origine du décalage du calendrier électoral. Afin de préparer dans les meilleures conditions la phase de consultation obligatoire, le conseil métropolitain du 1^{er} décembre 2020 a réajusté le calendrier de la mise en œuvre de la 2^{ème} étape de la ZFE-m au 1^{er} juin 2021, à l'intérieur de l'autoroute A86, A86 exclue. Le décalage de la mise en œuvre de la 2^{ème} étape de 5 mois n'engendre pas de modifications significatives sur les résultats de l'étude et les gains associés sur la qualité de l'air. Le calendrier des étapes suivantes de la ZFE-m reste inchangé et conforme aux objectifs du PCAEM, afin de répondre à l'urgence sanitaire. Ces étapes progressives de restrictions de circulation aux véhicules les plus anciens, ont été actées par délibération du Conseil métropolitain du 1^{er} décembre 2020 et en accord avec le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) de la Région Ile-de-France adopté en janvier 2018 et le PCAEM approuvé en novembre 2018. Elles visent à accélérer le renouvellement du parc de véhicules pour réduire les émissions de polluants atmosphériques. La ZFE-m métropolitaine s'inscrit dans une politique globale favorisant les mobilités douces, les mobilités propres et les transports en commun, actée par les Plans Climats Air Énergie de Paris (mars 2018) et de la Métropole (novembre 2018). Par ailleurs, l'instauration d'une ZFE-m dans le périmètre à l'intérieur de l'autoroute A86 est rendue obligatoire à compter du 31/12/2020 par la Loi d'Orientation sur les Mobilités (LOM) votée le 24 décembre 2019 et le décret n°2020-1138 du 16 septembre 2020.

Dans ce cadre, et conformément à son programme stratégique de surveillance 2016-2021, intégrant des éléments d'aide au dimensionnement et au suivi des plans d'actions, **Airparif a accompagné la Métropole du Grand Paris et ses partenaires pour réaliser une évaluation prospective de l'impact sur la qualité de l'air de la ZFE-m de niveau « Crit'air 4 » dans le périmètre intra A86.**

L'étude a permis d'évaluer les modifications attendues sur les **émissions de polluants des véhicules** (oxydes d'azote (NO_x), particules PM₁₀ (de diamètre inférieur à 10 µm) et PM_{2.5} (de diamètre inférieur à 2.5 µm)), sur la **qualité de l'air** respirée par les Franciliens (concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) et de particules PM₁₀ et PM_{2.5}) et sur **l'exposition à la pollution de l'air** de la population francilienne au regard des valeurs réglementaires notamment.

Ces travaux d'évaluation reposent sur des scénarios de trafic routier produits par les services de l'État (DRIEA), et sur les données de caractérisation du parc technologique disponibles les plus récentes.

Le présent rapport présente la méthodologie mise en œuvre et les résultats obtenus pour le scénario de ZFE-m métropolitaine étudié, à savoir l'interdiction à la circulation des véhicules « non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » dans le périmètre à l'intérieur de l'autoroute A86.

¹ ADEME, Rincent Air, Pouponneau M., Forestier B., Cape F. 2020. Les zones à faibles émissions (Low Emission Zones) à travers l'Europe : déploiement, retours d'expériences, évaluation d'impacts et efficacité du système – Rapport. 170 pages.

Des noms différents pour des dispositifs identiques

Zone à Circulation Restreinte (ZCR), Zone à Basses Émissions (ZBE), Zone d'Actions Prioritaires pour l'Air (ZAPA), Zone à Faibles Émissions (ZFE), Zone à Faibles Émissions mobilité (ZFE-m)...

Ces acronymes désignent des dispositifs équivalents, dont l'objectif est de diminuer les impacts du trafic routier sur la qualité de l'air en accélérant le processus de renouvellement du parc technologique. **En anglais, ce sont toutes des LEZ (Low Emission Zones*) qui existent dans 247 villes en Europe.**

Leur mise en œuvre s'appuie sur un classement des véhicules en fonction de leur niveau d'émission de polluants atmosphériques (norme Euro). En France, ces dispositifs s'appuient sur l'arrêté du 21 juin 2016, qui a instauré la nomenclature des vignettes Crit'Air (cf. Annexe 1). Cette nomenclature repose sur une classification des véhicules selon leur norme Euro (type, motorisation). Les différentes catégories sont ainsi fonction du niveau d'émission de polluants atmosphériques des véhicules.

*** Zones à Faibles Émissions**

2. MISE EN ŒUVRE DE LA 2^{ème} ÉTAPE DE LA ZFE-M MÉTROPOLITAINE

2.1. Modalités de mise en œuvre

Les restrictions de circulation étudiées sont basées sur la nomenclature Crit'Air (arrêté du 21 juin 2016) qui classe les véhicules en fonction de leur niveau d'émission de polluants atmosphériques (Annexe 1).

Le tableau ci-dessous détaille le scénario de référence et les modalités du **scénario étudié pour la mise en œuvre de la deuxième étape de la ZFE-m métropolitaine au 1^{er} janvier 2021 dans le périmètre à l'intérieur de l'autoroute A86, A86 exclue, pour les différents types de véhicules concernés**. La mise en œuvre de la 2^{ème} étape prévue le 1^{er} juin 2020 n'engendre pas de modifications significatives sur les résultats de l'étude et les gains associés sur la qualité de l'air.

Scénario	Zone	CRIT'Air	Véhicules concernés	
			Semaine (hors jours fériés) 8h00-20h00	7j/7 8h00-20h00
Référence janvier 2021	 Zone Paris			
ZFE : 2^{ème} étape janvier 2021	 Zone intra A86			

Tableau 1 : Scénario de référence et modalités du scénario étudié pour la mise en œuvre de la deuxième étape de la ZFE-m métropolitaine.
VP = véhicules particuliers, VUL = véhicules utilitaires légers, PL = poids lourds, TC = bus et cars, 2RM = deux roues motorisés

Il s'agit de restreindre l'accès au périmètre à l'intérieur de l'autoroute A86 à une catégorie Crit'air supplémentaire (« Crit'Air 4 ») et ainsi de viser un niveau de restriction harmonisée avec celui applicable dans la capitale depuis juillet 2019. À noter que la ZFE-m actuellement en vigueur à Paris, de niveau « Crit'Air 4 », ne concerne pas le boulevard périphérique, ni les bois de Boulogne et Vincennes ; ceux-ci sont soumis à une restriction de circulation pour les véhicules « non classés » et « Crit'Air 5 ». Avec cette deuxième étape de la ZFE- m métropolitaine, le boulevard périphérique et les Bois seront interdits de circulation également pour les véhicules de catégorie « Crit'Air 4 ». Ainsi, le niveau de restriction sera homogène sur l'ensemble du périmètre intra A86, A86 exclue.

Les véhicules particuliers, les deux roues motorisés et les véhicules utilitaires légers sont soumis à restriction les jours ouvrés, uniquement de 8 h à 20 h. Les poids lourds, les bus et les cars sont soumis à restriction tous les jours, sur la même plage horaire.

La Figure 1 illustre les axes routiers (en rouge) pris en compte dans la modélisation de la ZFE-m dans le périmètre délimité par l'A86.

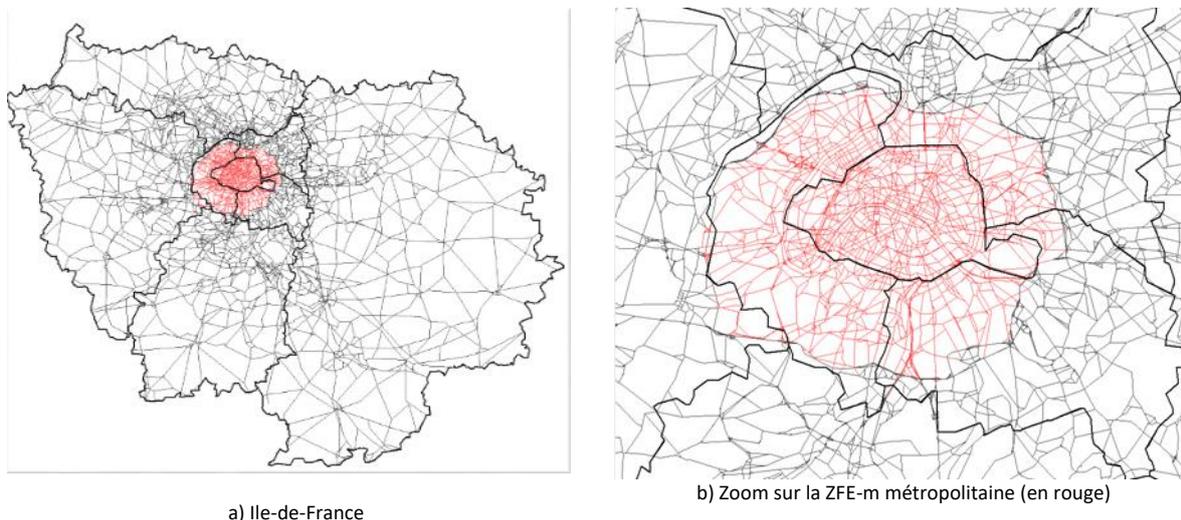


Figure 1 : Axes routiers modélisés de la ZFE-m métropolitaine (en rouge) dans le périmètre délimité par l'autoroute urbaine A86

Pourquoi le périmètre intra A86 ?

Le choix de ce périmètre repose sur une étude de préfiguration menée en 2012² ; elle avait montré que le périmètre intra A86, A86 exclue, est le périmètre apportant un **ratio cout/bénéfice** (au sens véhicules.kilomètres impactés/population exposée) **maximal**. En effet, les bénéfices associés à un périmètre plus restreint seraient limités au regard du nombre de véhicules.kilomètres impactés. À l'inverse, un périmètre plus étendu engendrerait un report de circulation des véhicules interdits (véhicules les plus polluants) vers des axes routiers moins importants entourés d'habitations, induisant un potentiel impact négatif sur la population exposée. De plus, **environ 80 % de la population exposée se situe au sein du périmètre A86**.

Ce périmètre à l'intérieur de l'autoroute A86 (intra A86), A86 exclue, a été entériné dans le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) Francilien³.

Les communes de Vélizy-Villacoublay et Viroflay ne font pas partie de la Métropole du Grand Paris ; néanmoins, la partie intra A86 de leur territoire a été incluse dans l'étude pour évaluer le gain apporté par une ZFE-m déployée sur le périmètre intra A86. Toutefois, si ces deux communes ne se joignent pas au projet de ZFE-m porté par la Métropole du Grand Paris, cela ne remettrait pas en question les résultats de l'étude. En effet, les émissions de NO_x associées au trafic routier dans la partie intra A86 des communes de Vélizy-Villacoublay et Viroflay représentent respectivement 3 % et 1 % du total des émissions de NO_x du trafic routier de périmètre intra A86.

² Cf. rapport « Projet d'expérimentation d'une zone d'actions prioritaires pour l'air - ZAPA

³ Plan de Protection de l'Atmosphère d'Ile-de-France, disponible en ligne sur www.maqualitedelair-idf.fr

2.2. Présentation des résultats et périmètre d'étude

Les émissions et les concentrations sont évaluées pour le scénario de ZFE-m et comparées à celles calculées pour le scénario de référence. Ce dernier correspond à l'horizon 2021, c'est-à-dire au « fil de l'eau⁴ » 2021 intégrant la ZFE-m parisienne actuelle, à savoir l'interdiction des véhicules « Non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » dans Paris (hors boulevard périphérique et bois de Vincennes et Boulogne).

L'ensemble des résultats est présenté selon différents périmètres géographiques afin de mettre en relief l'évolution des émissions, des concentrations et de la population exposée au sein du périmètre de la ZFE-m et en dehors de celui-ci. Cela permet de distinguer les impacts dus à la restriction de circulation des véhicules les plus anciens dans la ZFE-m et d'étudier les effets de reports d'itinéraires et de renouvellement des véhicules en dehors.

2.3. Démarche d'évaluation des impacts de la ZFE- m

Les impacts sur les **émissions d'oxydes d'azote (NO_x) et de particules (PM₁₀ et PM_{2.5})** sont quantifiés, ainsi que ceux sur les gaz à effet de serre (GES) via les **émissions de CO₂**. Ces polluants sont émis de façon importante à l'échelle urbaine par le trafic routier.

Les particules et le dioxyde d'azote⁵ sont des polluants réglementés dans l'air ambiant, dont les concentrations atteignent des niveaux problématiques en Ile-de-France. Ceci est particulièrement observé dans le cœur dense de l'agglomération parisienne, où les teneurs dépassent de manière chronique et importante les niveaux prévus par la réglementation pour la protection de la santé. Les impacts sur les **concentrations de ces polluants (NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5})** et les **indicateurs d'exposition** associés ont été évalués.

L'impact de la ZFE-m métropolitaine sur les émissions de GES a également été estimé afin de s'assurer que la mesure instaurée n'est pas incompatible avec les objectifs de réduction d'émissions de GES. Il est tout de même important de noter que l'agglomération parisienne est une Zone Administrative de Surveillance (ZAS) de la qualité de l'air ambiant, zone dans lesquelles l'enjeu prioritaire est l'amélioration de la qualité de l'air (devant la réduction des GES).

Afin de tenir compte des impacts au-delà du périmètre de mise en œuvre du dispositif, **la zone d'étude s'étend au-delà du périmètre de la ZFE-m métropolitaine**, jusqu'aux contours de la Francilienne, intégrant environ 80 % de la population d'Ile-de-France.

2.3.1. Évaluation des impacts sur les émissions

L'évaluation prospective de l'impact sur les émissions de polluants de la mise en œuvre d'une ZFE- m s'appuie sur les outils de modélisation des émissions du trafic routier d'Airparif. Les données de trafic

⁴ Le « fil de l'eau » 2021 correspond à la situation en 2021 sans mise en place préalable de ZFE-m, incluant simplement le renouvellement tendanciel du parc technologique

⁵ Le dioxyde d'azote est réglementé, mais ce sont les émissions de NO_x qui sont évaluées car le dioxyde d'azote est émis directement dans l'atmosphère mais est aussi produit à partir du monoxyde d'azote par réactions chimiques.

ont été fournies par la DRIEA, pour le scénario de référence et le scénario de ZFE-m étudié (cf. [Annexe 2](#)).

L'évaluation des émissions utilise les facteurs d'émission COPERT⁶ IV (v11.3), la méthodologie de référence au niveau européen décrite dans le guide EMEP⁷. À ce jour, une nouvelle version de cet outil est disponible (COPERT V). Afin de pouvoir comparer les résultats de cette étude avec ceux de l'étude précédente⁸, le travail a été réalisé avec les données de COPERT IV.

Les facteurs d'émissions COPERT sont calculés à partir de données expérimentales (mesurées) recueillies dans différents programmes scientifiques et laboratoires européens : activités COPERT / CORINAIR⁹ (pour les véhicules particuliers et utilitaires des technologies les plus anciennes), projet ARTEMIS¹⁰ pour les véhicules plus récents. Les références détaillées figurent dans la documentation EMEP. Les données expérimentales intègrent des mesures suivant des cycles de conduite non réglementaires, permettant de couvrir une plage de fonctionnement du moteur plus large que les tests réglementaires et de refléter des conditions de conduite plus réalistes.

Plus de détails sur la méthodologie d'évaluation des émissions du trafic routier sont fournis dans le chapitre 4.

2.3.2. Méthodologie pour la cartographie des concentrations

Les cartographies des niveaux de polluants atmosphériques pour le scénario de ZFE-m et le scénario de référence sont issues, d'une part, de modélisations des concentrations de fond (description des concentrations de polluants en fond urbain et rural), et d'autre part, de modélisations des concentrations en proximité du trafic routier (cf. Figure 2). Le niveau de fond régional est différent selon les deux scénarios (scénario de référence et scénario de ZFE-m). Les paragraphes suivants précisent la méthodologie adoptée et l'ensemble des hypothèses définies.

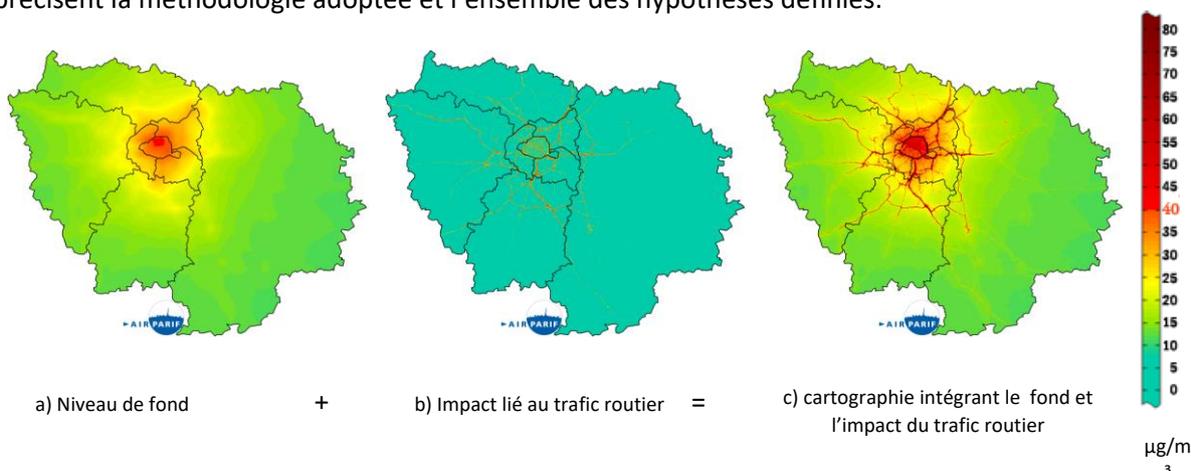


Figure 2 : Exemple du principe de modélisation des résultats de cartographie de la qualité de l'air (c) issus du croisement de la modélisation des niveaux de fond (a) et de l'impact issu du trafic routier (b).

⁶ COmputer Program to calculate Emission from Road Transport (COPERT) est outil européen pour le calcul des émissions du secteur du transport routier, développé par EMISIA et financé par l'Agence européenne pour l'environnement (EEA pour European Environment Agency).
Voir <http://emisias.com/products/copert-4/documentation>

⁷ EMEP pour « European Monitoring and Evaluation Programme » est un programme européen de coopération pour la surveillance et l'évaluation de la transmission à longue distance des polluants atmosphériques en Europe

⁸ Zone à faibles émissions dans la Métropole du Grand Paris, Airparif 2019

⁹ CORE INventory AIR emissions, ancienne version du Le programme d'inventaire des émissions de l'Union européenne

¹⁰ Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems

2.3.2.1. Déterminer le niveau de pollution en proximité du trafic routier

Les niveaux de polluants atmosphériques en proximité du trafic routier ont été calculés à l'aide d'un modèle statistique développé par Airparif. L'Annexe 3 Annexe détaille la méthodologie mise en œuvre. Ce modèle permet de déterminer l'impact du trafic routier sur les concentrations à proximité immédiate de l'ensemble du réseau routier modélisé et dans la zone d'influence propre à chaque polluant.

Ce modèle statistique a été développé sur la base de données modélisées lors d'études antérieures similaires¹¹. Il permet d'estimer l'impact sur les concentrations de polluants à partir des variations des émissions du trafic routier liées à l'instauration de la 2^{ème} étape de la ZFE-m métropolitaine.

2.3.2.2. Déterminer le niveau de fond « fil de l'eau » 2021

Le NO₂ montrant une tendance à la baisse depuis plusieurs années, les niveaux de fond « Fil de l'eau » de NO₂ de l'année 2021 ont été déterminés par régression linéaire à partir des niveaux mesurés en 2016, 2017, 2018 et 2019.

Les concentrations moyennes de particules sont davantage soumises aux conditions météorologiques ; les niveaux ces dernières années ne présentent pas de tendance nette à la baisse car ils varient spatialement selon les régimes de vents. C'est pourquoi il a été choisi d'utiliser, pour 2021, les niveaux de fond « Fil de l'eau » modélisés dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) pour le scénario « Fil de l'eau » 2020.

La chaîne de modélisation utilisée pour le scénario « fil de l'eau » du PPA est la version 2014 de la chaîne ESERALDA (développée et opérée par Airparif), adaptée pour intégrer les conditions aux limites du périmètre géographique, calculées par l'INERIS (version 2014, travaux du PREPA réalisés pour le compte du ministère en charge de l'environnement).

2.3.2.3. Déterminer le niveau de fond avec la mise en œuvre d'une ZFE-m

Lorsqu'une ZFE-m est mise en œuvre, les réductions des émissions liées à la modernisation anticipée du parc technologique impactent les teneurs de pollution au plus près du trafic routier et de sa zone d'influence, mais également les niveaux de fond.

Afin de prendre en compte l'influence de cette diminution des émissions du trafic routier sur l'ensemble de la zone d'étude, et non uniquement au droit des axes routiers et dans la zone d'influence du trafic, une méthodologie « simplifiée » a été appliquée aux niveaux de fond.

À partir de la baisse des émissions attendue au sein et en dehors de la ZFE-m, une diminution relative est appliquée aux concentrations de fond sur la zone considérée, pondérée par le poids des émissions du trafic routier par rapport aux émissions globales de chaque zone. Ainsi, plus le poids des émissions liées au trafic routier est important dans les émissions globales, plus la diminution des concentrations de fond y sera importante.

¹¹ Rapport Airparif, « Zone à Basses Émissions dans l'agglomération parisienne », mars 2018

http://www.airparif.asso.fr/pdf/publications/Rapport_ZBE_2016-2019_070518.pdf

Toutefois, il est important de différencier l'approche adoptée pour le dioxyde d'azote de celle mise en œuvre pour les particules. En effet, si le dioxyde d'azote peut être considéré comme étant un polluant majoritairement local, cela n'est pas le cas pour les particules : une part importante des concentrations de ce polluant pouvant être transporté sur de grandes distances est due à de l'import. En effet, d'après une étude menée par Airparif en 2011¹², les deux tiers de la concentration annuelle en particules fines PM_{2.5} mesurée à Paris en situation de fond proviennent de sources extérieures à la région. Ainsi, la réduction du niveau de fond pour les particules est appliquée sur le tiers restant, représentant la contribution des émissions locales aux concentrations. Les réductions sur des niveaux de fond sont ainsi moins marquées pour les particules que pour le dioxyde d'azote.

2.4. Limites de la démarche d'évaluation

Les évaluations réalisées par Airparif dans cette étude reposent sur les outils disponibles au sein de l'observatoire (utilisés en routine pour le suivi réglementaire de la qualité de l'air en Ile-de-France) et sur les données disponibles dans le cadre de ce travail prospectif au début de celui-ci. Il convient de noter que **des simplifications ont été opérées pour tenir compte notamment des informations existantes.**

- En l'absence de données prospectives, la répartition du parc roulant est construite sur la base des données les plus récentes disponibles à la date de l'étude (voir le paragraphe « Parcs roulants » au chapitre 4). Par parc roulant, on entend ici la part des différents grands types de véhicules : véhicules particuliers ; véhicules utilitaires légers ; poids lourds ; transport en commun (bus et cars) et deux roues motorisés.
- Pour construire les parcs technologiques associés à la mise en œuvre de la ZFE-m, l'hypothèse retenue collectivement par les participants au projet¹³ est que les véhicules concernés par les restrictions de circulation se reportent vers des véhicules de la catégorie la plus vertueuse à carburant et cylindrée identiques. Pour les véhicules particuliers et les deux-roues motorisés, ce changement de véhicules est de 70 %. Il est considéré que la part restante (30 %), se reporte sur les transports en commun et les modes doux (marche, vélo, trottinettes, etc) ou effectue un changement d'itinéraire pour éviter la ZFE-m. Cette hypothèse avait été préconisée par le Ministère en charge de l'Environnement, lors des études de faisabilité d'une ZAPA (Zone d'Actions Prioritaires pour l'Air) menées entre 2010 et 2012. A dire d'expert, ce chiffre de 70 % est sans doute minorant, si l'on se base sur les retours d'expérience (notamment celui de la Ville de Berlin) collectés par l'ADEME¹⁴. Cela permet cependant de maximiser les éventuels phénomènes de reports de trafic routier notamment au plus près du périmètre défini pour la ZFE-m ; c'est pourquoi cette hypothèse a été retenue.
- Le taux de respect de la mesure est supposé égal à 100 %, ce qui dans les faits est atteignable sous réserve de disposer d'un système de contrôle performant.

¹² Origine des particules en Ile-de-France, Airparif, LSCE – septembre 2011
<http://www.airparif.fr/pdf/publications/rapport-particules-110914.pdf>

¹³ Notamment Métropole du Grand Paris, Ville de Paris, APUR, DRIEA, DRIEE, Institut Paris Région, ORS, ADEME, Ile-de-France Mobilités, Université Gustave Eiffel (ex IFSTTAR)

¹⁴ Zones à faibles émissions (Low Emission Zones) à travers l'Europe – Déploiement, retours d'expériences, évaluation d'impacts et efficacité du système, ADEME – mars 2018 <http://www.ademe.fr/zones-a-faibles-emissions-low-emission-zones-lez-a-travers-leurope>

- Les mesures de restriction de circulation sont effectives de 8h00 à 20h00. Elles sont applicables tous les jours pour les poids-lourds, les bus et les cars ; et seulement les jours ouvrés pour les véhicules légers¹⁵.
Les outils de calcul des émissions permettent potentiellement de prendre en compte un parc technologique spécifique à chaque heure et en distinguant jours ouvrés et week-end, sous réserve de disposer de données d'entrée adaptées. Ainsi, le distinguo a été fait dans les calculs entre jours ouvrés et week-ends : un parc technologique spécifique a été construit pour le week-end, en prenant en compte les résultats d'une enquête portant sur la fréquence d'utilisation des véhicules motorisés par les Franciliens en semaine et le week-end¹⁶. Aucun élément analogue permettant de décliner cette approche au niveau horaire n'était disponible. Par défaut, les calculs d'émissions ont donc été réalisés en supposant qu'avec le renforcement de la ZFE-m, le parc technologique évolue de la même manière tout au long de la journée que dans le scénario de référence. Cela est probablement faux pour un certain nombre d'usagers amenés à se déplacer uniquement de 20 heures à 8 heures. Cette simplification peut induire une surestimation des gains d'émissions liés à la ZFE-m, probablement mineure car la grande majorité des kilomètres parcourus est effectuée dans la plage horaire 8-20 heures. En effet, 70 % des véhicules.kilomètres sont réalisés en Ile-de-France sur la plage horaire comprise entre 8h et 20h durant les jours ouvrés.
- En ce qui concerne la détermination du niveau de fond influencé par la réduction des émissions du trafic routier en lien avec la ZFE-m, la méthodologie « simplifiée » mise en œuvre présente des limites puisqu'elle considère une diminution relative du niveau de fond homogène et strictement délimitée par la ZFE-m. Par exemple, l'influence de la réduction des émissions sur le niveau de fond est considéré homogène au sein de l'anneau intra A86 (i.e. périmètre ZFE-m, Paris exclue). De la même manière, en-dehors de cette zone, l'impact de la ZFE-m est considéré homogène sur le reste de l'Ile-de-France alors que la réduction des concentrations de fond est certainement plus importante au plus près de la ZFE-m et diminue en s'en éloignant. La conséquence de cela sur les concentrations modélisées et les indicateurs d'exposition de la population est que les gains liés à une ZFE-m métropolitaine sont probablement légèrement sous-estimés près de sa frontière et surestimés loin de celle-ci.
- Les gains ont été évalués par rapport la situation de référence qui considère uniquement la restriction de circulation liée à la ZFE-m parisienne (véhicules « Non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 »). La première étape de ZFE-m métropolitaine (restriction des véhicules « Non classés » et « Crit'Air 5 » instaurée le 1^{er} juillet 2019 dans l'intra A86) n'est pas considérée dans le scénario de référence. Ce choix a été fait pour plusieurs raisons :
 - o dans les faits, la restriction de circulation n'est pas effective dans l'ensemble des communes de l'intra A86¹⁷ ;
 - o les contrôles – hors Paris - y sont, pour le moment, pédagogiques ;
 - o les outils actuels de modélisation du trafic routier ne permettent pas de prendre en compte deux niveaux de restriction différents au sein d'une même zone d'étude (ZFE-m parisienne de « Crit'Air 4 » et ZFE- m intra A86 de « Crit'Air 5 »).

Les gains ainsi estimés sont ainsi probablement légèrement supérieurs aux gains réels.

¹⁵ À noter que des dérogations existent, notamment pour les véhicules de secours

¹⁶ Enquête TNS SOFRES sur le parc auto 2015 - volume Ile-de-France.

¹⁷ En 2019, la Métropole du Grand Paris a coordonné l'étude préalable à l'instauration de la première étape de la ZFE-m métropolitaine, mais la restriction de circulation est prise par arrêté municipal au sein de chaque commune ; or, toutes les communes n'ont pas souhaité mettre en place une restriction de circulation sur leur territoire

- Les dérogations de circulations pour certains véhicules (tels que les véhicules « d'intérêt général prioritaire » ou « bénéficiant de facilités de passage » par exemple) ne sont pas prises en compte dans cette évaluation. En effet, les études menées à ce jour sur la composition de parc roulant ne permettent pas en compte spécifiquement la dérogation potentielle des véhicules et d'en connaître la part dans les kilomètres parcourus par l'ensemble du trafic routier.

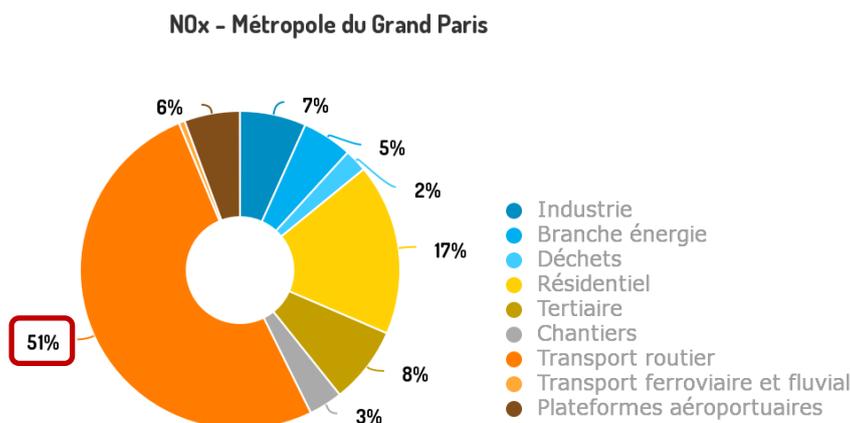
3. ÉTAT DES LIEUX DES ÉMISSIONS ET DE LA QUALITÉ DE L’AIR AU SEIN DE LA MÉTROPOLE DU GRAND PARIS

Les éléments suivants concernant la qualité de l’air sont issus des résultats des bilans de qualité de l’air 2019 en Ile-de-France¹⁸ et dans la Métropole du Grand Paris¹⁹. Ceux relatifs aux émissions sont issus de l’inventaire des émissions 2017²⁰ à l’échelle de la région et de la métropole. Ces données sont les plus récentes disponibles à la date à laquelle l’état des lieux de la qualité de l’air et des émissions a été rédigé pour le projet.

3.1. Des émissions importantes liées au trafic routier

3.1.1. Les oxydes d’azote

La Figure 3 présente la contribution des différents secteurs d’activités aux émissions de NO_x au sein de la Métropole du Grand Paris pour l’année 2017. Avec **plus de la moitié des émissions (51 %), le transport routier est le principal contributeur aux émissions d’oxydes d’azote (NO_x) sur le territoire de la Métropole du Grand Paris**. Le résidentiel émet 17 % des émissions de NO_x de la Métropole du Grand Paris ; les autres secteurs d’activités représentent chacun moins de 10 % des émissions totales.



AIRPARIF Mai 2020

Figure 3 : Contribution des différents secteurs d’activité aux émissions d’oxydes d’azote (NO_x en équivalent NO₂) dans la Métropole du Grand Paris pour l’année 2017.

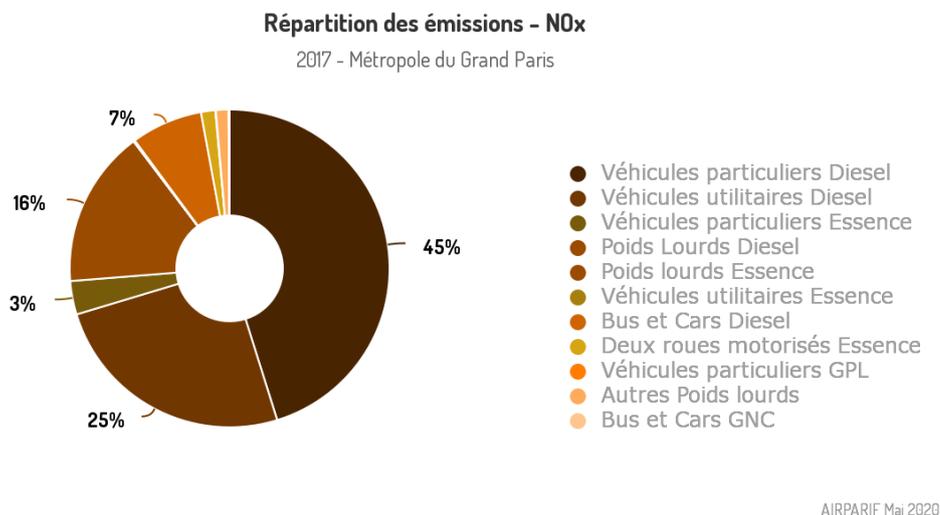
La Figure 4 (a) détaille la part des émissions du trafic routier de chaque type de véhicules ; la Figure 4 (b) présente la contribution des différents véhicules aux kilomètres parcourus au sein de la Métropole du Grand Paris en 2017.

¹⁸ Bilan de la qualité de l’air 2019 en Ile de France, Airparif 2020

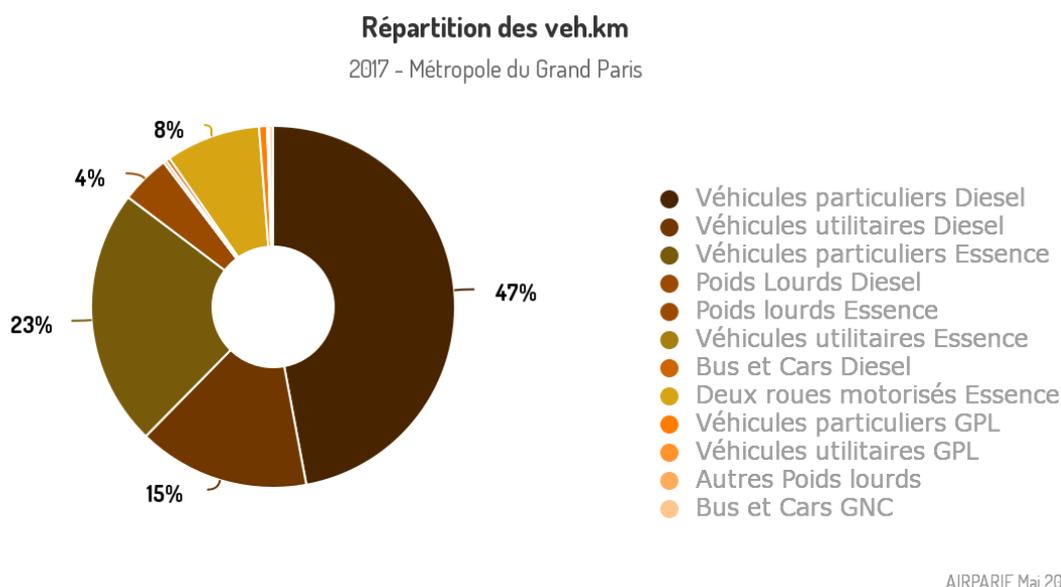
¹⁹ Bilan de la qualité de l’air 2019 dans la Métropole du Grand Paris, Airparif 2020

²⁰ Inventaire des émissions 2017, Airparif 2020

Les **Véhicules Particuliers (VP)** représentent **49 % des émissions de NO_x du trafic routier (45 % des émissions sont dues aux seuls véhicules particuliers diesel)**, soit 25 % des émissions métropolitaines. Les Véhicules Utilitaires Légers (VUL), majoritairement des véhicules diesel, émettent 25 % des émissions du trafic routier au sein de la Métropole du Grand Paris. La part des deux roues motorisés (2RM), véhicules essence, est légèrement supérieure à 1 % alors qu'ils représentent 8 % des kilomètres parcourus (Figure 4b). Les Bus et Cars (TC) et les Poids Lourds (PL) représentent respectivement 7 % et 16 % des émissions métropolitaines de NO_x du transport routier alors qu'ils représentent respectivement moins de 1 % et 5 % des kilomètres parcourus dans la Métropole du Grand Paris.



a) Contribution des différents véhicules aux émissions de NO_x du trafic routier



b) Répartition des kilomètres parcourus selon les différents types de véhicules (en véhicules.km)

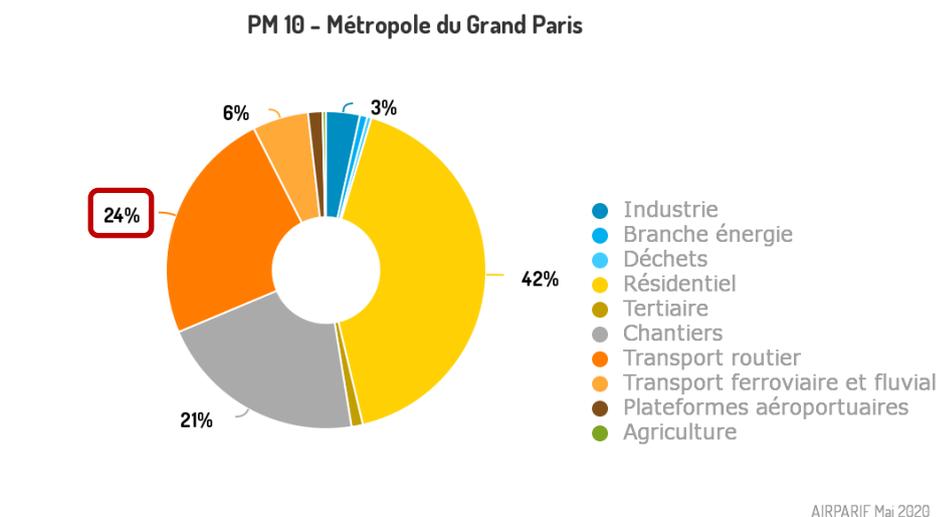
Figure 4 : Contribution des différents véhicules aux émissions d'oxydes d'azote (a) et répartition des kilomètres parcourus selon les véhicules (b) au sein de la Métropole du Grand Paris en 2017.

Les émissions des NO_x du trafic routier ont fortement diminué ces dernières années au sein de la Métropole du Grand Paris (-51 % entre 2005 et 2017), à l'instar des émissions totales qui ont été réduites de 50 % entre 2005 et 2017 (cf. Annexe). Plus précisément, entre 2015 et 2017, les émissions de NO_x liées au trafic routier ont baissé de 13 % ; les émissions de NO_x tous secteurs confondus ont diminué de 10 % sur cette période.

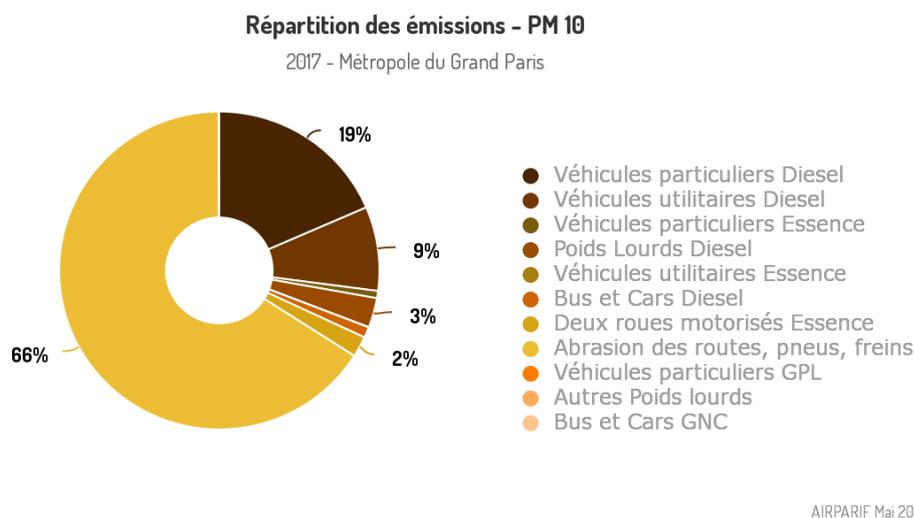
3.1.2. Les particules PM₁₀

La Figure 5 présente la contribution des différents secteurs d'activités aux émissions de PM₁₀ de la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017 (a) et détaille la part des différents types de véhicules dans les émissions du trafic routier (b).

Le principal contributeur aux émissions de PM₁₀ est le résidentiel (42 %), notamment le chauffage et plus particulièrement le chauffage au bois, fortement émetteur de particules (le chauffage au bois émet 79 % des particules PM₁₀ du secteur résidentiel). **Le trafic routier, deuxième contributeur, engendre également des émissions primaires²¹ de particules PM₁₀ importantes et représente 24 % des émissions métropolitaines en 2017.**



a) Contribution par secteur d'activité



b) Contribution des différents véhicules

Figure 5 : Contribution par secteur d'activité (a) et détail des contributions au sein du trafic routier (b) aux émissions primaires de particules (PM₁₀) dans la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017.

²¹ Émissions primaires de particules : particules directement émises dans l'air contrairement aux particules secondaires produites par réactions chimiques ou agglomération de particules plus fines. Les particules secondaires représentent de l'ordre de 30 % des PM₁₀ et de 40 % des PM_{2.5} mesurées dans l'air ambiant. Par conséquent, la contribution des différents secteurs d'activité aux émissions primaires ne reflète pas celle qui est présente dans l'air ambiant.

La principale source de particules PM₁₀ liées au trafic routier est l'abrasion des routes, des pneus et plaquettes de freins : avec 66 % des émissions de PM₁₀ du trafic routier, cette source est responsable de 16 % des émissions de PM₁₀ métropolitaines.

Les véhicules diesels sont responsables de la quasi-totalité des émissions primaires de particules du trafic routier émises à l'échappement (associées à la combustion).

L'échappement des VP diesel contribue pour 5 % aux émissions métropolitaines de particules PM₁₀ (19 % des émissions du secteur du transport routier) alors que la contribution des VP essence est inférieure à 1 % des émissions du trafic routier en 2017. Les VUL et les PL sont responsables respectivement de 2 % et moins de 1 % des émissions métropolitaines totales (pour 9 % et 3 % des émissions du trafic routier métropolitain).

Il est rappelé que la remise en suspension de particules par le passage des véhicules n'est pas considérée dans les émissions primaires.

Les émissions des PM₁₀ du trafic routier ont également fortement diminué ces dernières années au sein de la Métropole du Grand Paris (-56 % entre 2005 et 2017), à l'instar des émissions totales qui ont été réduites de 36 % entre 2005 et 2017 (cf. Annexe 4). Plus précisément, entre 2015 et 2017, les émissions de PM₁₀ liées au trafic routier ont baissé de 16 % ; les émissions de PM₁₀ tous secteurs confondus ont diminué de 7 % sur cette période.

3.1.3. Les particules PM_{2.5}

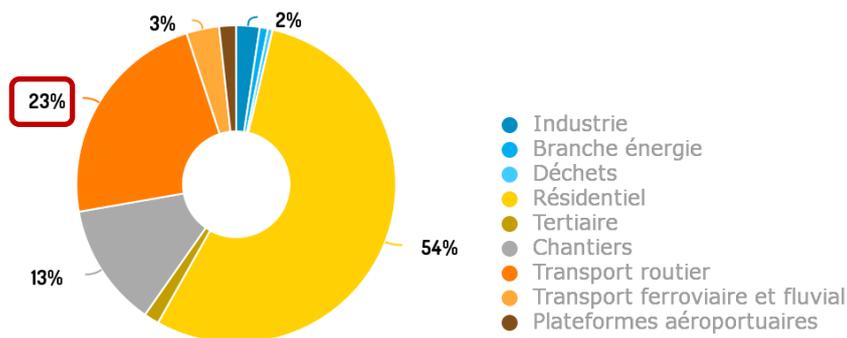
La Figure 6 présente la contribution des différents secteurs d'activités aux émissions de PM_{2.5} de la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017 (a) et détaille la part des différents types de véhicules dans les émissions du trafic routier (b).

Pour les **particules plus fines PM_{2.5}**, à l'instar des PM₁₀, le secteur résidentiel, et plus particulièrement le chauffage au bois, est le principal contributeur de particules PM_{2.5} dans la Métropole du Grand Paris en 2017 : le secteur résidentiel émet un peu plus de la moitié des particules PM_{2.5} (54 %) ; le chauffage au bois émet 81 % des particules PM_{2.5} du secteur résidentiel. La contribution du trafic routier dans la Métropole du Grand Paris est également importante puisque **23 % des émissions primaires de PM_{2.5} sont engendrées par le trafic routier.**

La contribution de l'abrasion est moins importante pour les PM_{2.5} que pour les PM₁₀ sachant que les particules les plus fines sont davantage émises à l'échappement, par la combustion. Les sources de particules PM_{2.5} liées au trafic routier sont ainsi équivalentes entre les émissions issues de la combustion (49 %) et celles dues à l'abrasion des routes, des pneus et plaquettes de freins (51 %).

Les VP diesel sont responsables de 27 % des émissions de PM_{2.5} du trafic routier, soit 6 % des émissions métropolitaines totales de PM_{2.5} alors que la contribution des VP essence aux émissions totale reste inférieure à 1 %. Les VUL diesel émettent 12 % des PM_{2.5} émises par l'ensemble du secteur transport routier, les PL 4 %, et les 2RM 3 %.

PM 2.5 - Métropole du Grand Paris

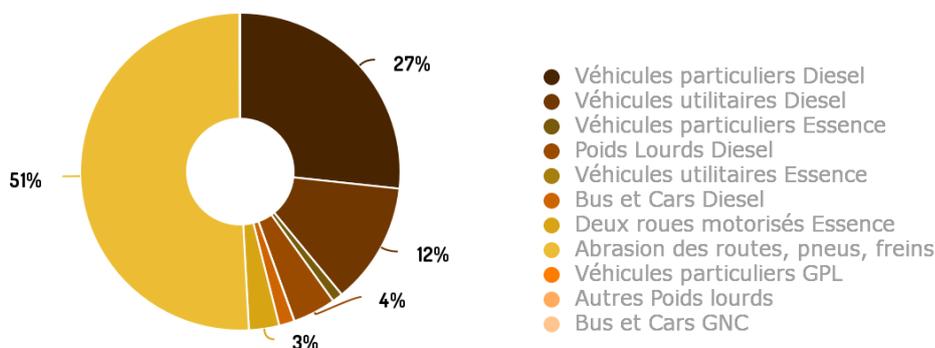


AIRPARIF Mai 2020

a) Contribution par secteur d'activité

Répartition des émissions - PM 2.5

2017 - Métropole du Grand Paris



AIRPARIF Mai 2020

b) Contribution des différents véhicules

Figure 6 : Contribution par secteur d'activité (a) et détail des contributions au sein du trafic routier (b) aux émissions primaires de particules (PM_{2.5}) dans la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017.

Les émissions des PM_{2.5} du trafic routier ont également fortement diminué ces dernières années au sein de la Métropole du Grand Paris (-63 % entre 2005 et 2017), à l'instar des émissions totales qui ont été réduites de 43 % entre 2005 et 2017 (cf. Annexe 4Annexe). Plus précisément, entre 2015 et 2017, les émissions de PM_{2.5} liées au trafic routier ont baissé de 20 % ; les émissions de PM_{2.5} tous secteurs confondus ont diminué de 9 % sur cette période.

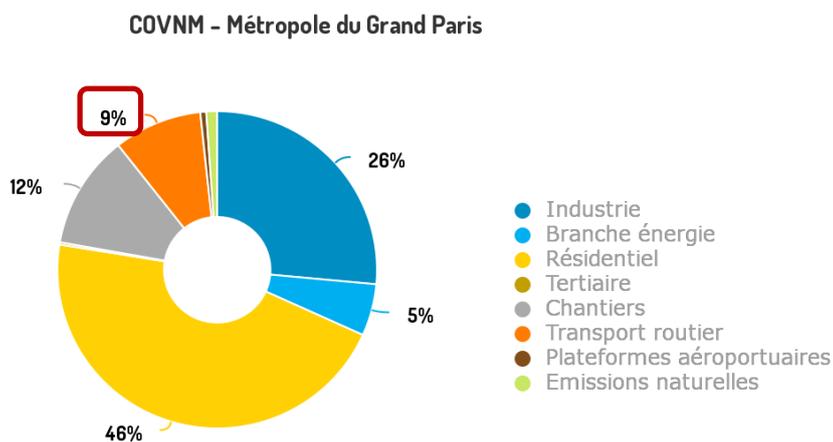
3.1.4. Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)

La Figure 7 présente la contribution des différents secteurs d'activités aux émissions de COVNM de la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017 (a) et détaille la part des différents types de véhicules dans les émissions du trafic routier (b).

Les COVNM regroupent plusieurs centaines d'espèces qui sont recensées pour leur impact sur la santé (telle que le benzène) ou comme précurseurs impliqués dans la formation de l'ozone.

Les principaux contributeurs aux émissions de COVNM au sein de la Métropole du Grand Paris en 2017 sont le résidentiel (46 %), l'industrie (26 %) et les chantiers (12 %). Le trafic routier est également émetteur de **COVNM à hauteur de 9 % dans la Métropole du Grand Paris**.

Contrairement aux particules et aux oxydes d'azote, principalement émis par les véhicules diesel, les émissions de COVNM du trafic routier proviennent principalement des véhicules fonctionnant à l'essence²². Avec **plus de la moitié des émissions métropolitaines (58 %), les 2RM sont les principaux émetteurs de COVNM liés au trafic routier et représentent 5 % des émissions totales de la Métropole du Grand Paris**.



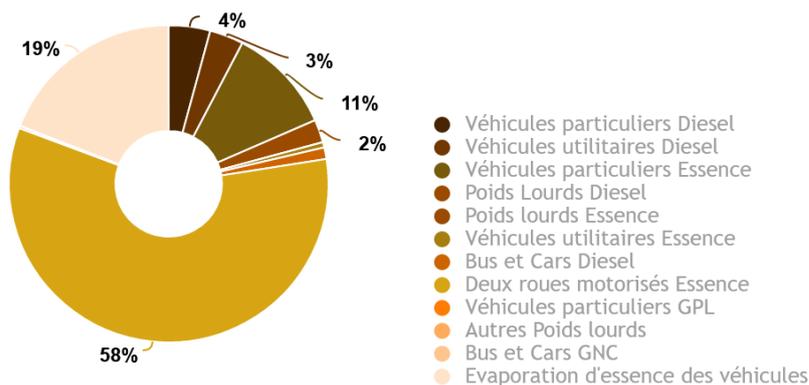
AIRPARIF Janvier 2020

a) Contribution par secteur d'activité

²² Les COVNM sont émis par les véhicules à l'échappement, et également par évaporation, notamment au niveau du réservoir et du circuit de distribution du carburant. Les émissions se produisant au moment du remplissage du réservoir dans les stations-service ne sont pas comptabilisées ici.

Répartition des émissions - COVNM

2017 - Métropole du Grand Paris



AIRPARIF Janvier 2020

b) Contribution des différents véhicules

Figure 7 : Contribution par secteur d'activité (a) et détail des contributions au sein du trafic routier (b) aux émissions primaires de COVNM dans la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017.

Le benzène est un des COVNM dont le trafic routier est le principal émetteur. Les véhicules essence, dont une grande majorité des 2RM, émettent une part importante des émissions de benzène du trafic routier.

Les émissions des COVNM du trafic routier ont très fortement diminué ces dernières années au sein de la Métropole du Grand Paris (-83 % entre 2005 et 2017), à l'instar des émissions totales qui ont été réduites de plus de moitié (51 %) entre 2005 et 2017 (cf. Annexe 4). Plus précisément, entre 2015 et 2017, les émissions de COVNM liées au trafic routier ont baissé de 30 % ; les émissions de COVNM tous secteurs confondus ont diminué de seulement 4 % sur cette période.

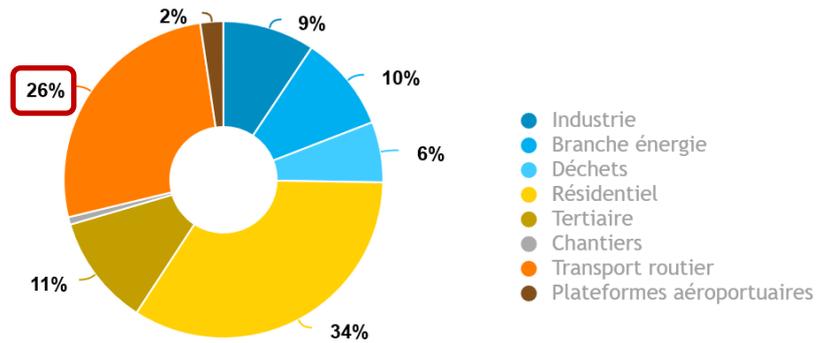
Les émissions de COVNM dans le secteur du trafic routier sont en nette diminution depuis la généralisation des pots catalytiques et la transition des véhicules 2RM à moteur deux-temps à carburateur vers des véhicules 4-temps à injection directe, moins émetteurs de COVNM à l'échappement comme à l'évaporation.

3.1.5. Le dioxyde de carbone CO₂

La Figure 8 présente la contribution des différents secteurs d'activités aux émissions de CO₂ de la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017 (a) et détaille la part des différents types de véhicules dans les émissions du trafic routier (b).

Le résidentiel est le contributeur principal aux émissions de CO₂ au sein de la Métropole du Grand Paris en 2017 (34 %). **Le trafic routier métropolitain contribue à hauteur de 26 %** des émissions métropolitaines.

CO2 - Métropole du Grand Paris

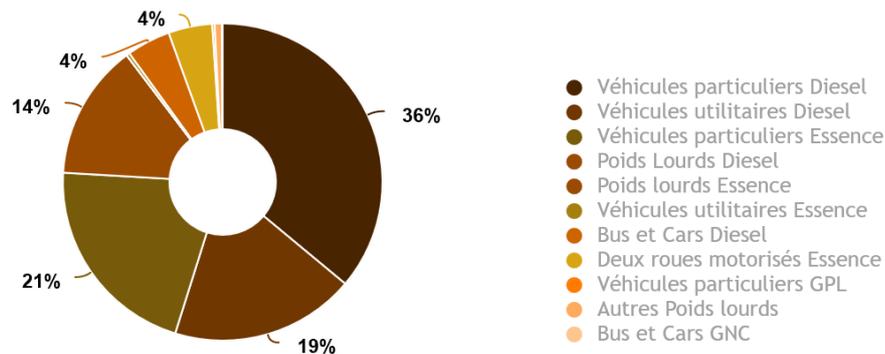


AIRPARIF Janvier 2020

a) Contribution par secteur d'activité

Répartition des émissions - CO2

2017 - Métropole du Grand Paris



AIRPARIF Janvier 2020

b) Contribution des différents véhicules

Figure 8 : Contribution par secteur d'activité (a) et détail des contributions au sein du trafic routier (b) aux émissions de CO₂ dans la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017.

Les VP émettent plus de la moitié des émissions de CO₂ du trafic routier (57 %), soit 15 % des émissions totales de CO₂ métropolitaines. Plus particulièrement, **les VP diesel émettent plus d'un tiers des émissions de CO₂ du trafic routier, soit 9 % des émissions totales de CO₂ métropolitaines.** Les VUL diesel et les PL diesel contribuent respectivement à hauteur de 19 % et 14 % aux émissions du trafic routier au sein de la Métropole du Grand Paris ; la part des TC et des 2RM est de 4 % chacun.

Les émissions des CO₂ du trafic routier ont sensiblement diminué ces dernières années au sein de la Métropole du Grand Paris (-26 % entre 2005 et 2017), à l'instar des émissions totales qui ont été réduites de 35 % entre 2005 et 2017 (cf. Annexe 4). La baisse est moins prononcée entre 2015 et 2017 : les émissions de CO₂ liées au trafic routier ont baissé de 6 % ; les émissions de CO₂ tous secteurs confondus ont diminué de 5 % sur cette période.

La contribution du trafic routier aux émissions de polluants et de gaz à effet de serre (GES) au sein de la Métropole du Grand Paris est importante. Le trafic routier représente ainsi un des leviers d'action permettant de réduire la pollution de l'air et l'exposition de la population.

Les émissions de polluants tous secteurs confondus ont nettement diminué ces dernières années ; il en est de même pour les émissions du transport routier. Ces baisses d'émissions ont participé à l'amélioration de la qualité de l'air observée au sein de la Métropole du Grand Paris, et plus largement en Ile-de-France ces dernières années.

Ces baisses d'émissions sont à rapprocher des politiques publiques visant à réduire les émissions du trafic routier en favorisant les mobilités moins polluantes (transport en commun, covoiturage, véhicules électriques etc.) et les mobilités douces (marche, vélo etc.) déployées ces dernières années. La ZFE-m parisienne, instaurée dès 2016, puis la ZFE-m métropolitaine, mise en œuvre en juillet 2019, font partie intégrante de ces mesures ; elles permettent d'accélérer le renouvellement du parc technologique et ainsi de limiter les émissions liées au trafic routier.

3.2. Une population exposée à des niveaux de pollution au-delà des valeurs limites

La baisse tendancielle des niveaux de pollution chronique de NO₂ et de particules PM₁₀ et PM_{2,5} se poursuit en 2019. Toutefois, les concentrations de NO₂ et de PM₁₀ restent problématiques pour l'année 2019 en Ile-de-France et plus particulièrement au sein de la Métropole du Grand Paris, avec des dépassements importants des valeurs limites réglementaires.

3.2.1. Dioxyde d'azote NO₂

Les cartes de la Figure 9 présentent la concentration moyenne annuelle de NO₂ en 2019 sur l'Ile-de-France et la Métropole du Grand Paris.

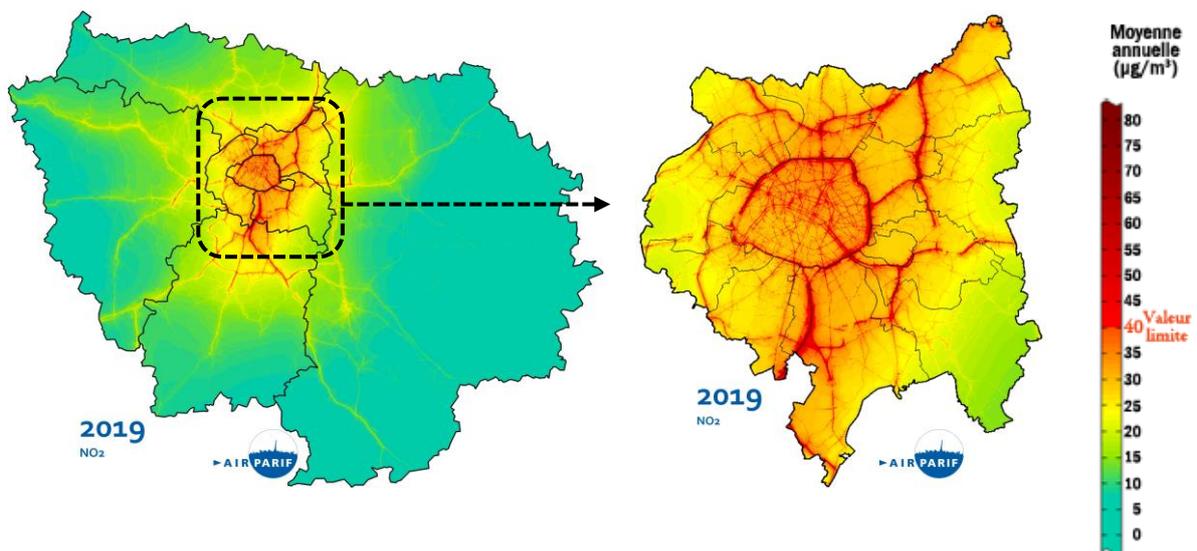


Figure 9 : Concentration moyenne annuelle de dioxyde d'azote (NO₂) sur l'Île-de-France (à gauche) et zoom sur la Métropole du Grand Paris (à droite) pour l'année 2019.

Les concentrations les plus élevées sont relevées au cœur de l'agglomération et plus particulièrement au voisinage des principaux axes routiers où des dépassements sévères de la valeur limite annuelle de NO₂ (40 µg/m³) ont été enregistrés.

Ces dépassements sont relevés au droit et au voisinage des grands axes routiers. Les teneurs annuelles mesurées y sont presque deux fois supérieures au seuil réglementaire (79 µg/m³ à la station boulevard périphérique Porte d'Auteuil).

Environ 500 000 Franciliens sont potentiellement exposés à un air dépassant la valeur limite annuelle. Ils résident quasi exclusivement dans la Métropole du Grand Paris. En effet, le **dépassement de la valeur limite annuelle en NO₂ concerne en 2019 près de 400 000 d'habitants, soit un peu moins de 6 % des habitants de la Métropole du Grand Paris**. Les habitants concernés sont en grande majorité situés à Paris (environ 60 %). **Pour la première fois, des axes parisiens majeurs comme Boulevard Sout et les Champs-Élysées respectent la valeur limite annuelle.**

Ces dernières années, les cartes de concentrations annuelles en NO₂ montrent un motif de pollution assez similaire d'une année à l'autre, avec une **tendance à la baisse, notamment dans le cœur de la Métropole du Grand Paris** (Figure 10).

Les évolutions méthodologiques apportées à la carte des concentrations moyennes annuelles de NO₂ pour l'année 2019 ont eu pour effet de monter les niveaux en NO₂ à proximité de certains axes routiers régionaux par rapport aux années précédentes. En revanche, elles n'ont aucunement remis en cause les informations délivrées sur l'évaluation des dépassements des valeurs réglementaires et les indicateurs de population y étant associés. Pour plus de détails, se référer à l'Annexe 5 Annexe .

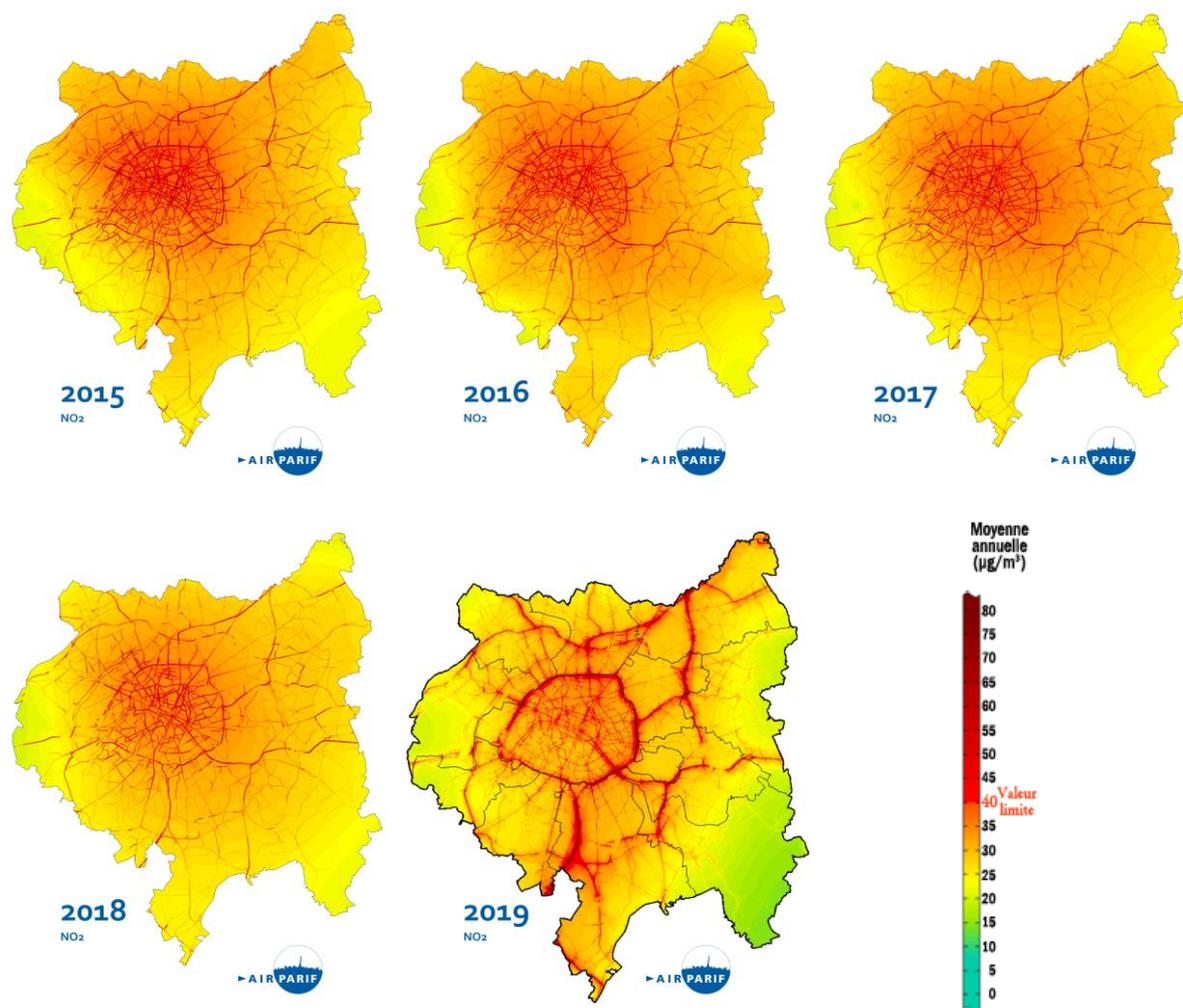


Figure 10 : Évolution de la concentration moyenne annuelle de NO₂ entre 2015 et 2019 dans la Métropole du Grand Paris

Le profil de l'évolution du NO₂ à proximité des axes routiers (Figure 11) est très différent de celui du fond dans la Métropole du Grand Paris (Figure 12). Si entre 1998 et 2012, **les niveaux de NO₂ à proximité du trafic** sont globalement en légère hausse, **une tendance à la diminution est observée à partir de 2011**. Depuis, une décroissance régulière est à noter. **La moyenne 2016-2019 est la plus faible de l'historique**. Sur les stations de fond, une baisse, plus lente, est observée depuis une vingtaine d'année.

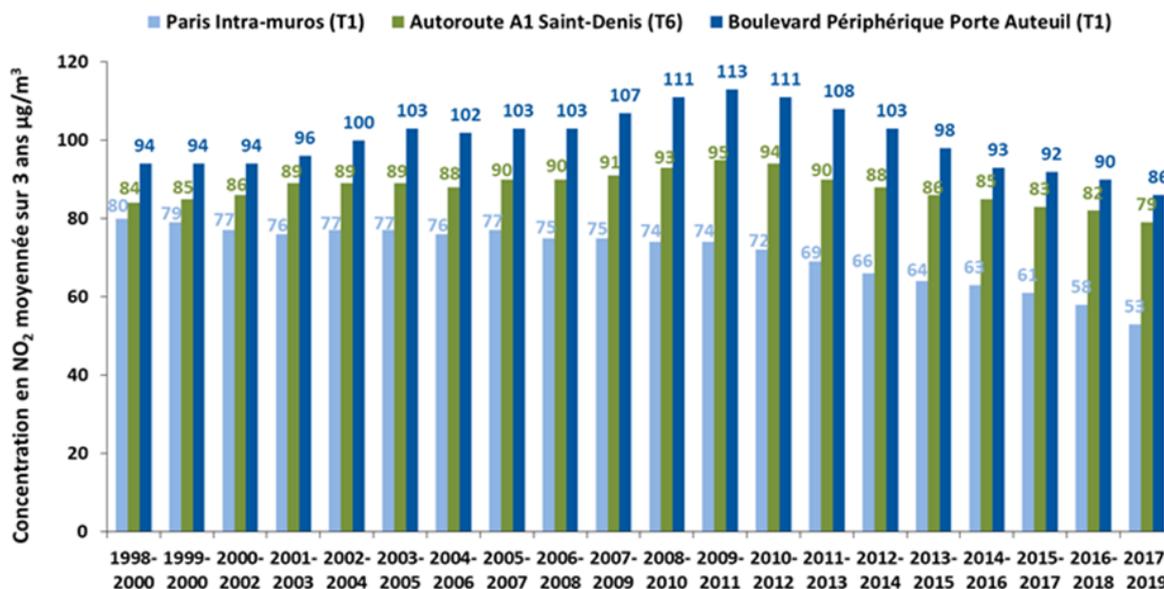


Figure 11 : Évolution de la concentration (moyenne glissante 3 ans) en NO₂ des stations de trafic situées dans la Métropole du Grand Paris

Les niveaux de fond en NO₂ mesurés à Paris sont légèrement supérieurs en moyenne par rapport aux autres secteurs de la Métropole du Grand Paris. En s'affranchissant des variations météorologiques interannuelles, il apparaît clairement que les niveaux de fond de NO₂ sur l'ensemble de la Métropole du Grand Paris diminuent depuis la fin des années 1990. Les améliorations technologiques sur les différentes sources d'émissions (trafic routier, chauffage, industries) expliquent cette baisse, en particulier la généralisation progressive des pots catalytiques (essence et diesel) sur les véhicules routiers. En 20 ans, sur l'ensemble des stations de fond de la Métropole du Grand Paris, les niveaux de NO₂ ont diminué en moyenne de 40 %.

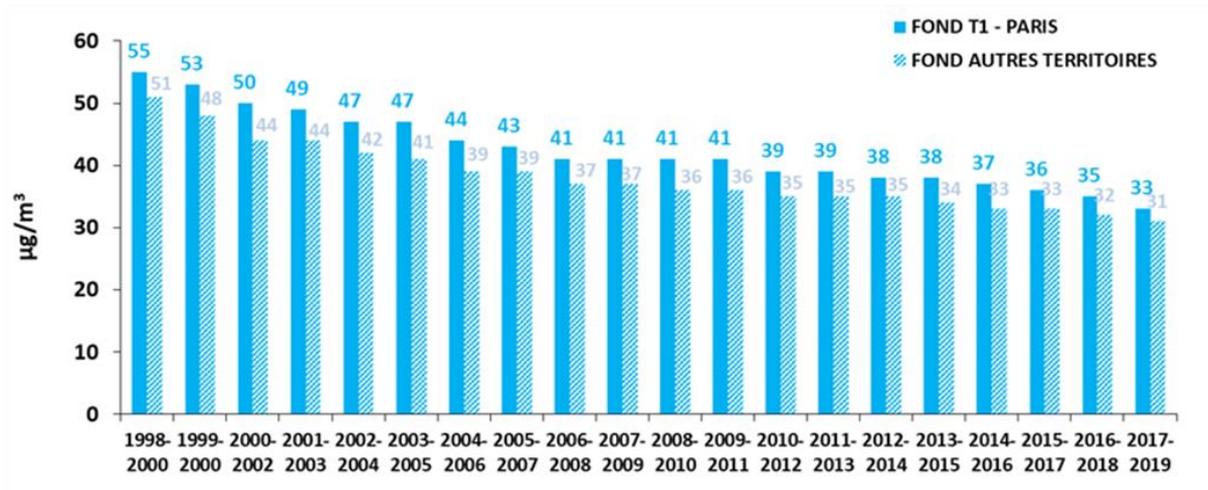


Figure 12 : Évolution de la concentration moyenne 3 ans en NO₂ des stations fond situées dans la Métropole du Grand Paris

3.2.2. Particules PM₁₀

Les premiers mois de l'année 2019 ont été caractérisés par une alternance de conditions dispersives, douces et venteuses, et de périodes plus froides et plus anticycloniques, peu favorables à la dispersion des polluants primaires émis localement. **Sept dépassements du seuil d'information pour les particules PM₁₀ ont été enregistrés sur cette période**, dont 6 en février.

Les cartes de la Figure 13 présentent le nombre de jours de dépassement de la **valeur limite journalière** en 2019 (au maximum 35 jours dépassant 50 µg/m³) pour les particules PM₁₀, en l'Île-de-France (à gauche) et au sein de la Métropole du Grand Paris (à droite).

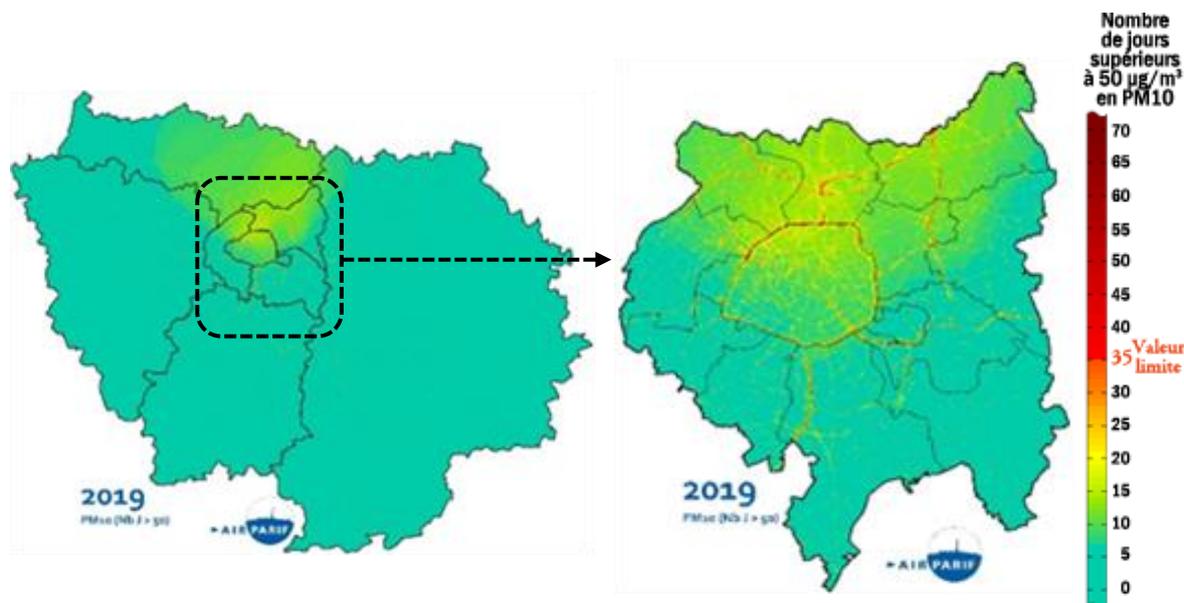


Figure 13 : Nombre de jours de dépassement du seuil de 50 µg/m³ en moyenne journalière pour les particules PM₁₀ sur l'Île-de-France (à gauche) et zoom sur la Métropole du Grand Paris (à droite) pour l'année 2019.

Comme les années précédentes, **la valeur limite journalière est largement respectée en situation de fond en 2019**. Cependant, le nombre de jours de dépassement est plus important qu'en 2018. Au sein de la Métropole du Grand Paris, 2 à 10 journées dépassant la concentration de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les stations de fond sont enregistrées, en raison de conditions anticycloniques peu dispersives en début d'année. **En situation de proximité au trafic routier, la valeur limite journalière est dépassée**, le nombre de jours de dépassement est compris entre 18 et 67 jours. C'est la station Autoroute A1 qui a enregistré le nombre maximum de jour de dépassement ; elle dépasse le seuil règlementaire plus d'un jour sur cinq.

En 2019, **moins de 1 % des habitants de la Métropole du Grand Paris sont potentiellement exposés à un dépassement de la valeur limite journalière**.

Les cartes de la Figure 14 présentent la **concentration moyenne annuelle de particules PM_{10}** en 2019 en Ile-de-France (à gauche), et sur la Métropole du Grand Paris (à droite). La valeur limite européenne associée à cet indicateur est de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, l'objectif de qualité étant de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

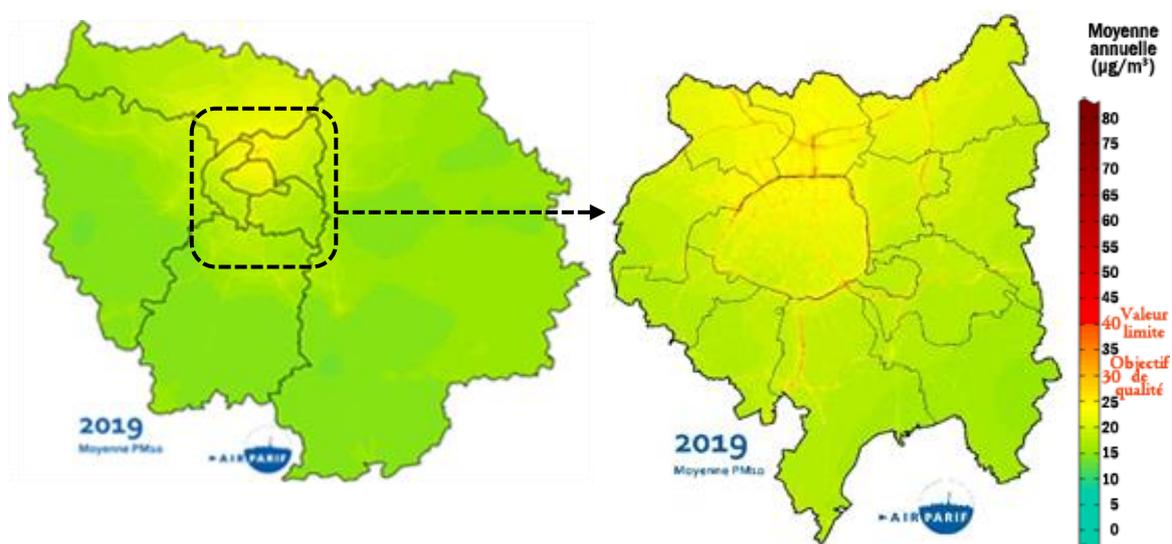


Figure 14 : Concentration moyenne annuelle de particules PM_{10} sur l'Île-de-France (à gauche) et zoom sur la Métropole du Grand Paris (à droite) pour l'année 2019.

Comme pour le nombre de jours de dépassement, il y apparaît clairement que les concentrations sont plus élevées aux abords des principaux axes de circulation régionaux et dans le cœur dense de l'agglomération parisienne, où elles sont proches voire très ponctuellement supérieures à la valeur limite annuelle ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La valeur limite annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est dépassée aux abords des principaux axes de circulation régionaux et parisiens. Le nombre d'habitants concernés par un dépassement de la valeur limite annuelle en PM_{10} au sein de la Métropole du Grand Paris est inférieur à 1 %. L'objectif de qualité est toujours dépassé à proximité des axes routiers sur le territoire de la Métropole du Grand Paris.

La Figure 15 expose l'évolution du nombre de jours de dépassement en PM_{10} entre 2015 et 2019. Il est important de noter que la méthodologie utilisée pour les cartes de 2019 est différente de celle utilisée pour les années précédentes ; pour plus de détails, se référer à l'Annexe 5 Annexe . Les dépassements de la valeur limite journalière en particules PM_{10} d'une année sur l'autre sont très impactés par le contexte météorologique. En 2016, des situations particulièrement défavorables, couplées à des émissions accrues de particules (notamment le chauffage au bois pendant les épisodes hivernaux), ont conduit à de forts niveaux en hiver et de nombreux dépassements du seuil journalier du $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A l'inverse, l'année 2018 a connu très peu d'épisodes du fait d'un hiver doux et clément. De ce fait,

l'évolution sur le moyen terme des niveaux de particules en nombre de jours de dépassement du seuil journalier de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ doit être complétée par l'évolution en concentration moyenne annuelle (Figure 16).

Toutefois, on observe une baisse de nombre de jours de dépassement à proximité des axes routier, associée à une baisse des concentrations en proximité du trafic routier.

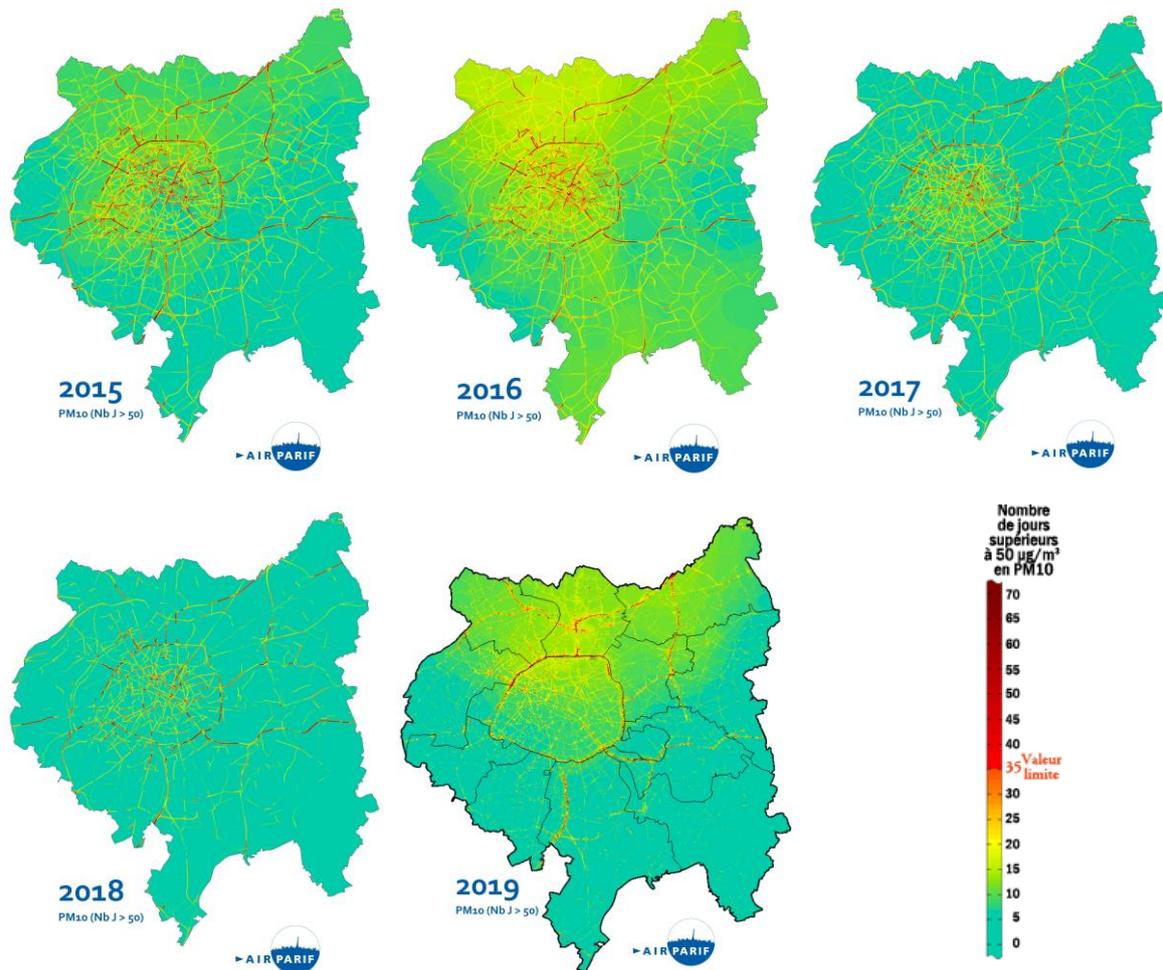


Figure 15 : Nombre de jours de dépassement du seuil journalier de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM₁₀ de 2015 à 2019 dans la Métropole du Grand Paris

La Figure 16 présente l'évolution de la concentration moyenne 3 ans en particules PM₁₀ mesurées au niveau des stations trafic de la Métropole du Grand Paris, de 2000-2002 à 2017-2019, en s'affranchissant des fluctuations météorologiques interannuelles et des évolutions météorologiques.

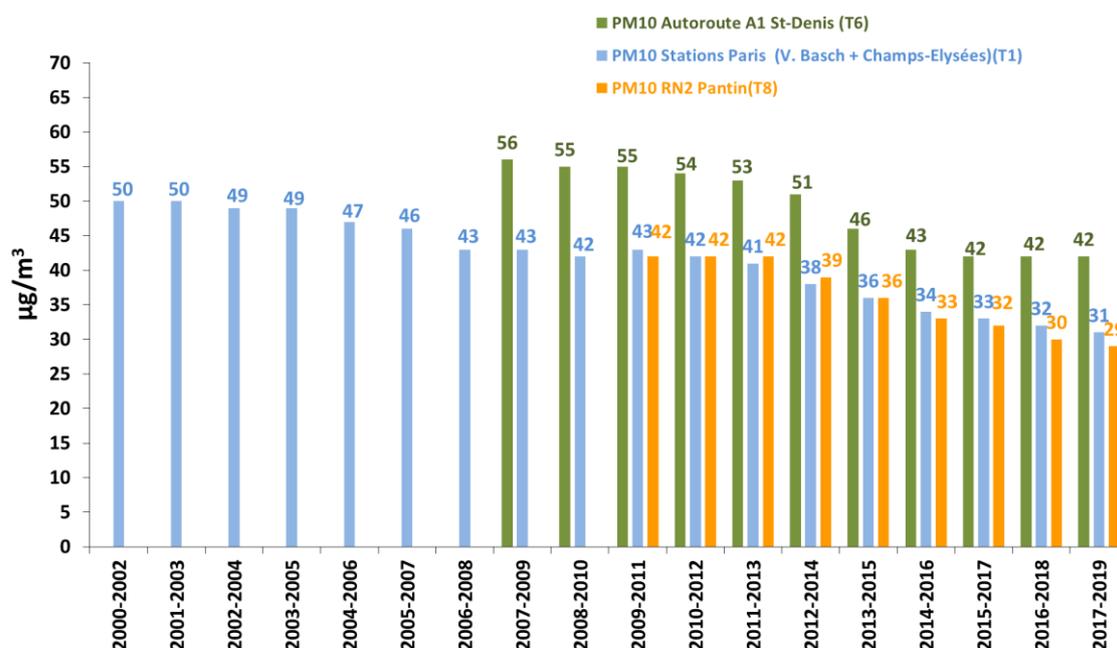


Figure 16 : Évolution de la concentration (moyenne glissante 3 ans) en particules PM₁₀ mesurée sur les stations trafic dans la Métropole du Grand Paris

Mis à part le fait que les concentrations sont stables depuis les cinq dernières années à la station Autoroute A1, **les teneurs moyennes en PM₁₀ dans la Métropole du Grand Paris montrent une tendance à la baisse**. Entre 2000 et 2019, les niveaux ont baissé d'environ 40 % sur les sites trafic représentatifs des niveaux maximaux de Paris. Entre 2007 et 2019, les niveaux au site Autoroute A1 Saint-Denis ont baissé de 25 %. Sur le site RN2 Pantin, les niveaux ont baissé de 33 % entre 2009 et 2019. Ces évolutions des niveaux sont à mettre en relation avec une baisse des émissions de particules primaires PM₁₀ du trafic routier estimée à 49 % entre 2005 et 2017.

3.2.3. Particules PM_{2.5}

Les cartes de la Figure 17 présentent la concentration moyenne annuelle de particules PM_{2.5} en 2019 sur l'Île de France et la Métropole du Grand Paris.

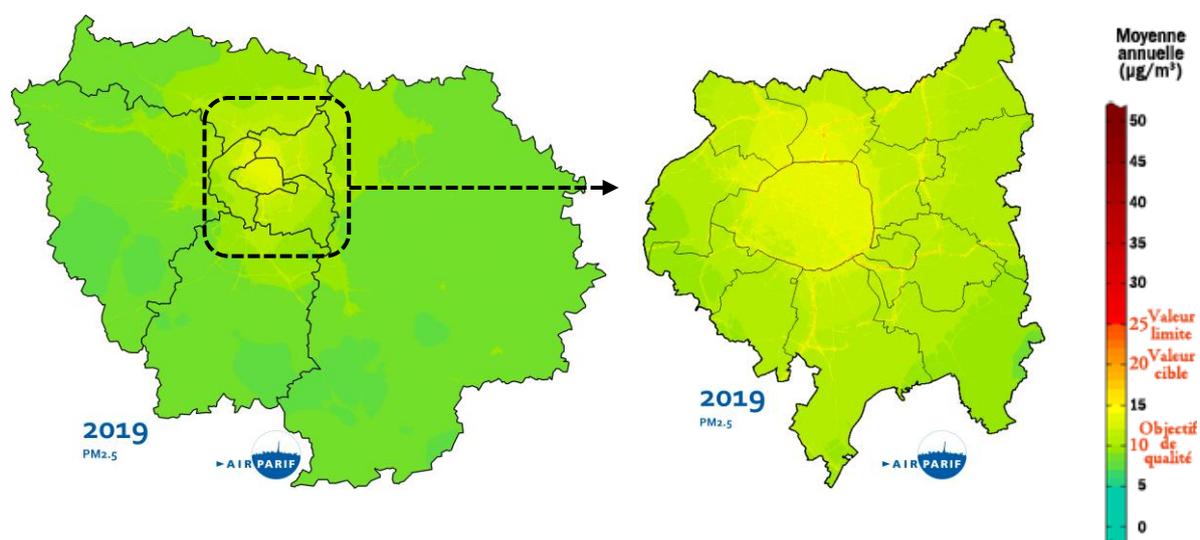


Figure 17 : Concentration moyenne annuelle de particules PM_{2.5} sur l'Île-de-France (à gauche) et zoom sur la Métropole du Grand Paris (à droite) pour l'année 2019.

Comme pour les PM₁₀, les concentrations les plus élevées sont relevées au voisinage des grands axes routiers, au cœur dense de Paris et au nord du territoire. **La valeur limite annuelle de 25 µg/m³ est respectée sur la totalité de la Métropole du Grand Paris en 2019, tout comme la valeur cible de 20 µg/m³.**

En revanche, la totalité du territoire de la Métropole du Grand Paris et de ses habitants est concernée par le dépassement des recommandations de l'OMS ainsi que de l'objectif de qualité (10 µg/m³). Le dépassement de l'objectif de qualité concerne environ 5.8 millions de métropolitains (soit plus de 3 habitants sur 4).

La Figure 18 expose l'évolution de la concentration moyenne annuelle de PM_{2.5} entre 2015 et 2019. Comme pour les PM₁₀, les teneurs annuelles de particules PM_{2.5} fluctuent du fait des conditions météorologiques. D'une année à l'autre, la localisation des concentrations les plus élevées varie spatialement, en lien avec les conditions météorologiques. Une tendance à la baisse est tout de même visible, notamment à proximité des axes routiers.

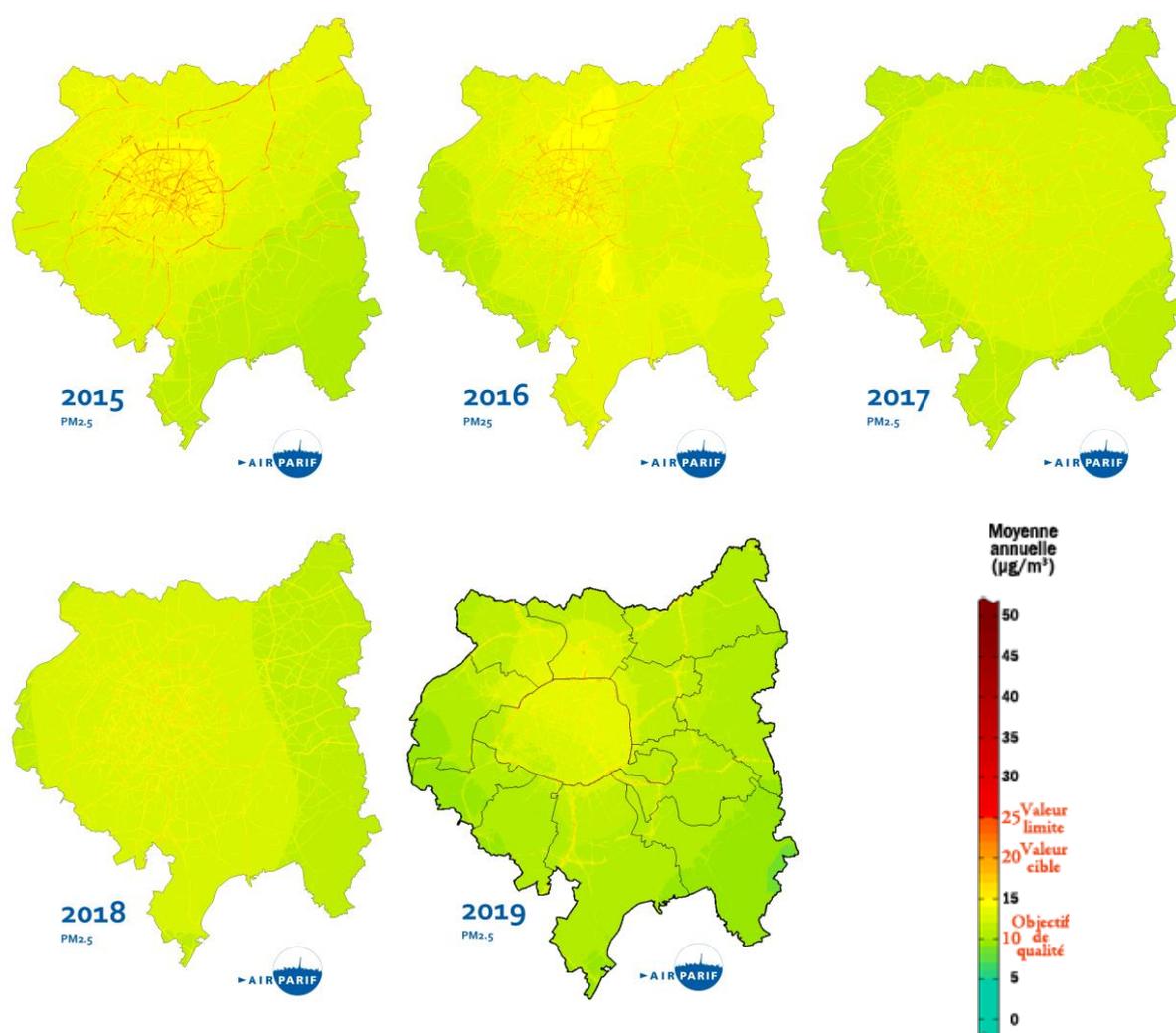


Figure 18 : Évolution de la concentration moyenne annuelle de PM_{2.5} entre 2015 et 2019 dans la Métropole du Grand Paris

En s'affranchissant des variations météorologiques, **les niveaux moyens annuels de PM_{2.5} montrent une tendance à la baisse** (Figure 19). Sur les sites trafic, représentés par les stations situées sur le boulevard périphérique Porte d'Auteuil et l'Autoroute A1 Saint-Denis, les niveaux moyens annuels de PM_{2.5} ont baissé respectivement de 47 % entre 2009 et 2019 et de 52 % entre 2011 et 2019.

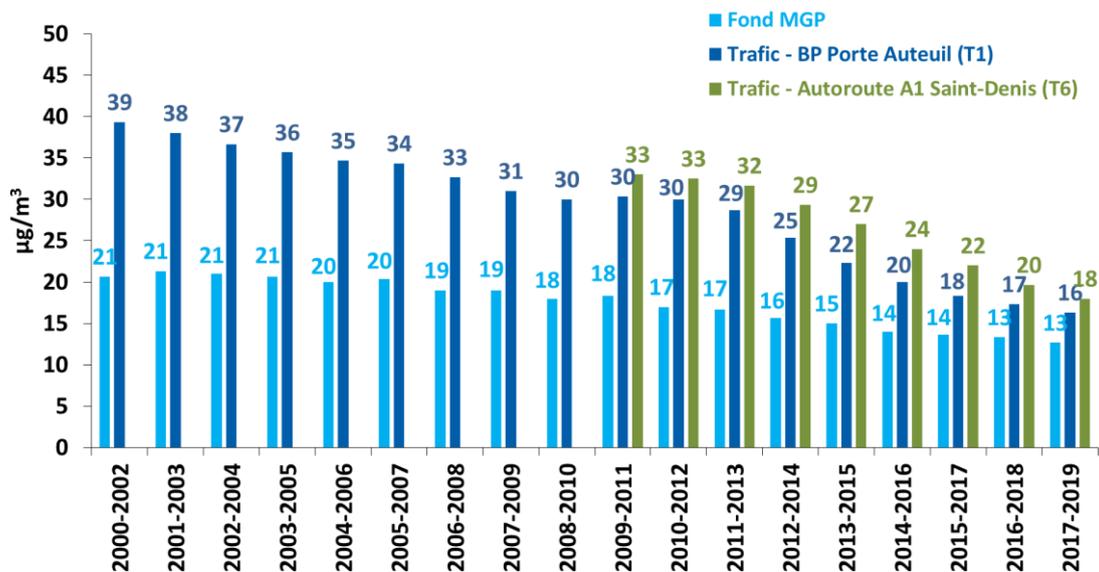


Figure 19 : Évolution de la concentration (moyenne glissante 3 ans) en particules PM_{2,5} mesurée sur les stations trafic dans la Métropole du Grand Paris

Cette baisse s'explique par **une importante diminution des émissions de particules primaires émises par le transport routier (-58 % entre 2005 et 2017)**. La baisse des émissions en particules PM_{2,5} est plus importante que pour les PM₁₀ car la majorité des PM_{2,5} sont émises à l'échappement. Les particules PM₁₀ comprennent une fraction importante liée à l'abrasion de la route, du moteur et des freins ainsi qu'à la remise en suspension des particules déposées sur la chaussée.

3.2.4. Benzène

Parmi les COVNM (composés organiques volatils non méthaniques) ayant un impact sur la santé, le benzène est un polluant dont les niveaux sont plus élevés à proximité du trafic routier.

Les cartes de la Figure 20 présentent les concentrations moyennes annuelles de benzène en 2018 sur Île-de-France et la Métropole du Grand Paris.

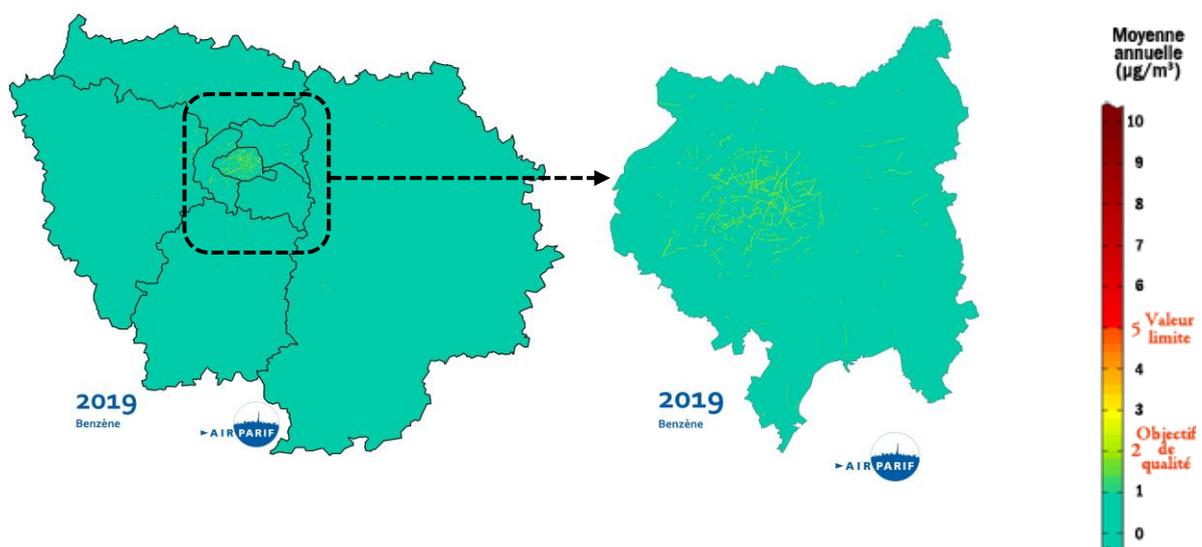


Figure 20 : Concentration moyenne annuelle de benzène sur l'Île-de-France (à gauche) et zoom sur la Métropole du Grand Paris (à droite) pour l'année 2019.

Les concentrations de fond en benzène sont globalement homogènes en Ile-de-France. Les moyennes annuelles des stations de fond parisiennes sont comparables à la moyenne de l'ensemble des stations de l'agglomération ($0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). **Les concentrations de benzène les plus élevées sont relevées à proximité des axes de circulation**, et plus particulièrement près des axes parisiens. Ceci est lié aux conditions de circulation souvent congestionnées, couplées à une configuration défavorable à la dispersion des polluants.

La valeur limite européenne relative au benzène ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est largement respectée dans la Métropole du Grand Paris, comme sur l'ensemble de l'Île-de-France. L'objectif de qualité français ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) peut être très ponctuellement dépassé au droit des axes de circulation en 2019. Ce dépassement concerne moins de 1 % de la population du territoire de la Métropole du Grand Paris. Compte-tenu des incertitudes de la méthode d'estimation employée, les chiffres ne sont pas significatifs.

La Figure 21 expose l'évolution de la concentration moyenne annuelle de benzène entre 2015 et 2019. Ces dernières années, les niveaux de benzène ont diminué, notamment en situation de fond.

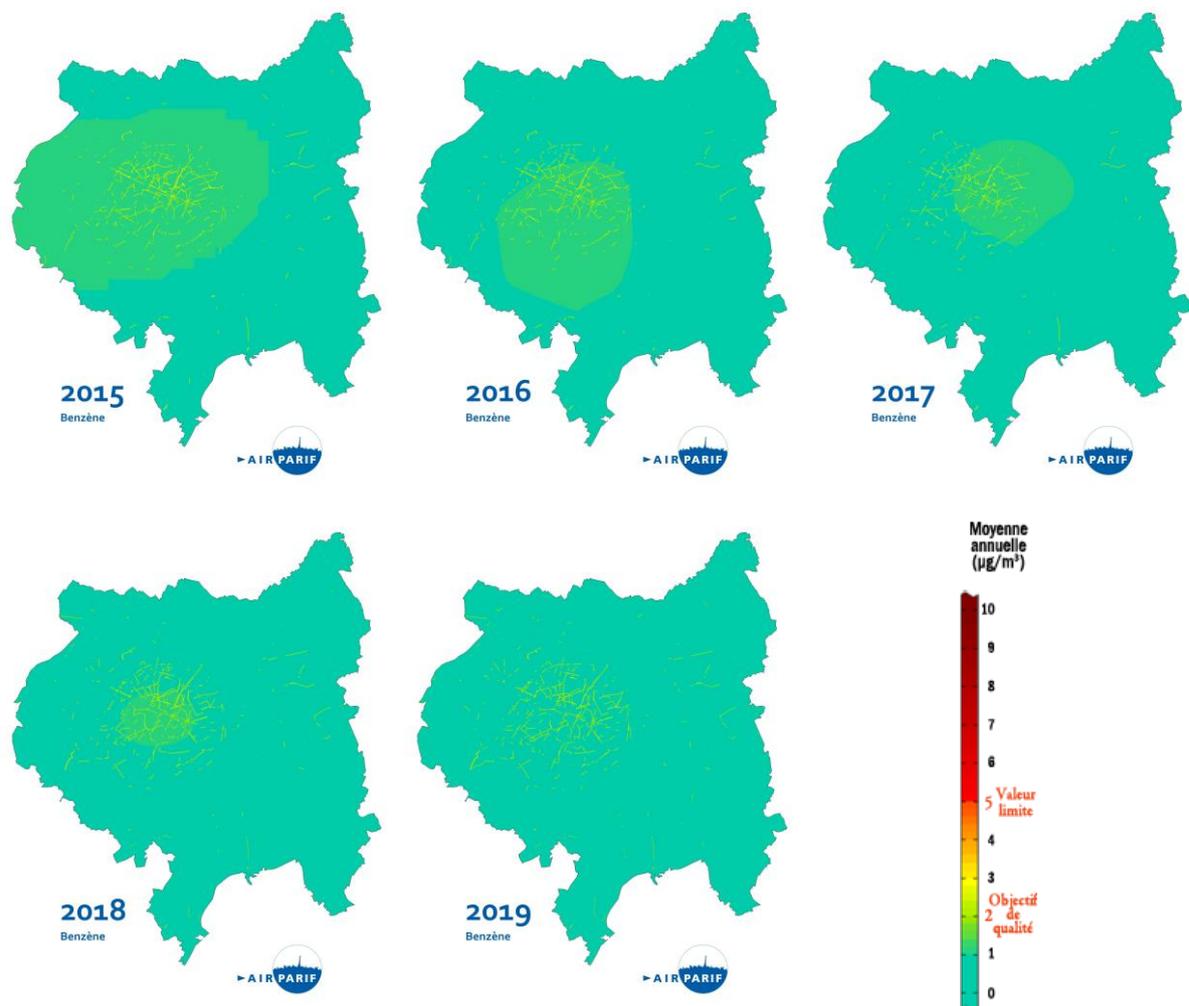


Figure 21: Évolution de la concentration moyenne annuelle de benzène entre 2015 et 2019 dans la Métropole du Grand Paris

La Figure 22 présente l'évolution des concentrations de benzène mesurées sur le réseau d'Airparif. Après une très forte baisse enregistrée jusqu'au début des années 2000, **les niveaux diminuent beaucoup plus lentement ces dernières années et tendent à se stabiliser**. Les niveaux moyens en benzène mesurés sur la période 2017-2019 sont les plus faibles de l'historique d'Ile-de-France.

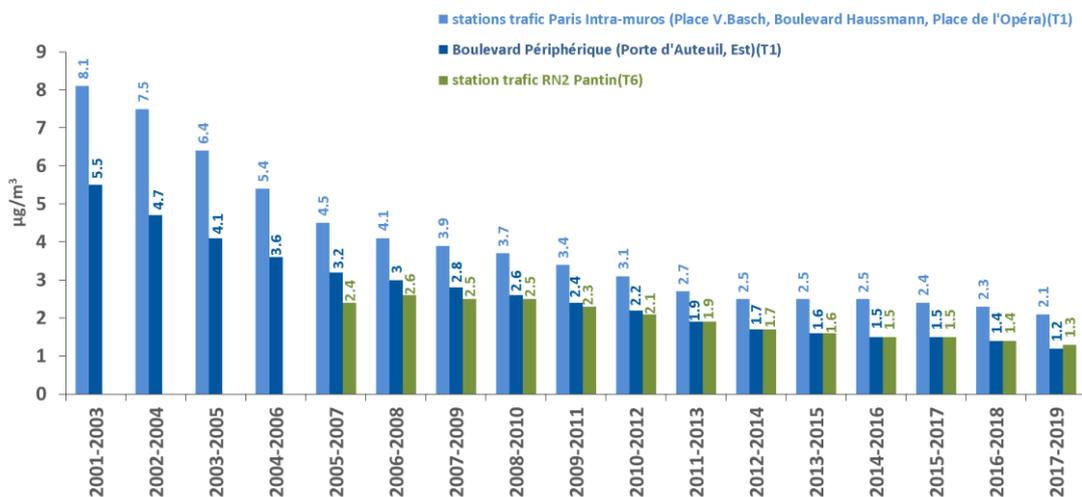


Figure 22 : Évolution de la concentration moyenne 3 ans de benzène mesurée sur les stations trafic dans la Métropole du Grand Paris

Les niveaux des principaux polluants liés au trafic routier (NO_x , particules PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$, et benzène) montrent une tendance à la baisse ces dernières années. Cette amélioration est particulièrement nette pour le NO_2 , polluant local fortement associé au trafic routier et moins soumis aux variations météorologiques que les particules.

Il est fort possible que l'instauration des ZFE-m parisienne (depuis 2016), puis métropolitaine (2019), en limitant la circulation des véhicules les plus polluants dans les zones les plus polluées, participent à cette amélioration de la qualité de l'air comme cela a été évalué lors de la mise en place de chaque étape²³.

²³ Zone à Basses Émissions dans l'agglomération parisienne, Airparif mars 2018

Zone à faibles émissions dans la Métropole du Grand Paris, Airparif 2019

4. IMPACTS DE LA 2^{ème} ÉTAPE DE ZFE-M SUR LES ÉMISSIONS DU TRAFIC ROUTIER

Préambule : L'ensemble des hypothèses, les choix des sources de données, les méthodologies de reconstitution des parcs technologiques et du trafic horaire pour la situation de référence et le scénario de ZFE-m ont été élaborés par Airparif à partir de données fournies par la DRIEA, la Ville de Paris et la Métropole du Grand Paris, et validés par les spécialistes du trafic participants au projet : Ville de Paris, DRIEA, DRIEE, Ile-de-France Mobilités, APUR, Université Gustave Eiffel (ex IFSTTAR), Institut Paris Région, ADEME.

L'évaluation des gains d'émissions nécessite de connaître le trafic routier heure par heure avec les vitesses associées, ainsi que le parc roulant et technologique pour les différents cas considérés (situation de référence et scénario ZFE-m).

4.1. Trafic routier

L'évaluation des émissions de polluants nécessite de connaître le trafic routier à toute heure de la journée. La DRIEA fournissant des données aux heures de pointes, il a été nécessaire de reconstituer le trafic routier à l'échelle horaire.

La **DRIEA a calculé le trafic aux heures de pointe du matin (HPM) et du soir (HPS)** sur l'ensemble de l'Ile-de-France pour la situation de référence et le scénario de ZFE-m (cf. [Annexe 2](#)). Le trafic routier modélisé, illustré à la Figure 23, compte environ 10 000 km de voirie.

La répartition horaire du trafic a été réalisée en s'appuyant sur des profils de trafic (des flux de véhicules et des vitesses) à différentes échelles temporelles (mois, semaine, journée) et spatiales (Paris intramuros, Boulevard périphérique, Routes et Autoroutes).

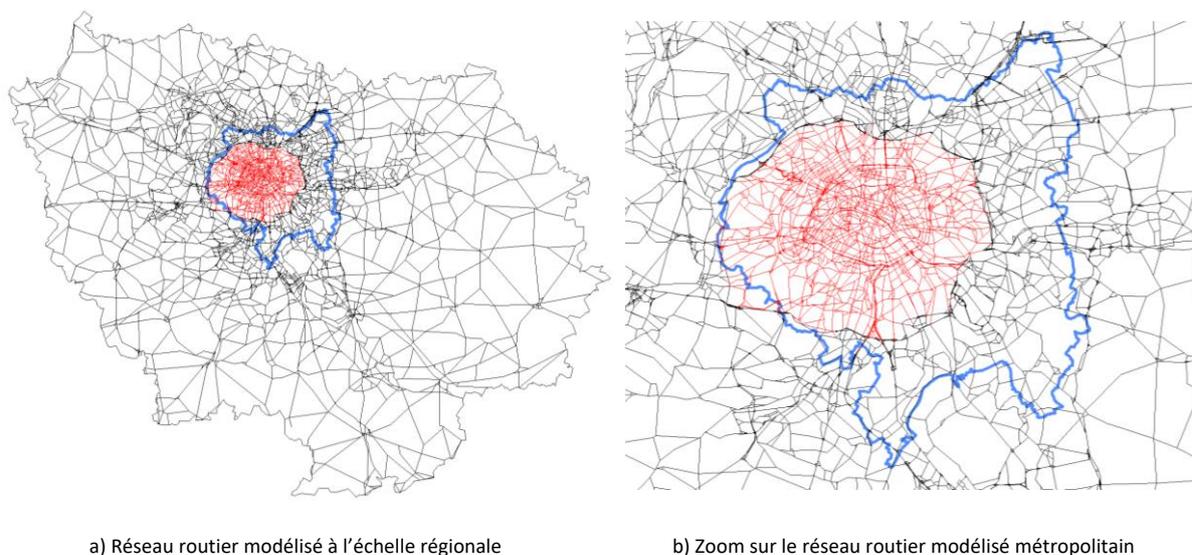


Figure 23 : Réseau routier pris en compte pour le calcul des émissions liées au trafic routier (Source : DRIEA – traitement et image Airparif).

Ces profils ont été établis à partir de données transmises par la Direction de la Voirie et des Déplacements (DVD) de la Ville de Paris²⁴ pour le trafic parisien et du Boulevard périphérique et la Direction des Routes d’Ile-de-France (DIRIF)²⁵ pour les routes en dehors de la capitale et les autoroutes.

La Figure 24 présente, à titre d’exemple, les profils mensuels (a) et hebdomadaires (b) des flux de véhicules obtenus pour chacune des 4 zones considérées, à savoir Paris Intramuros, le Boulevard périphérique, les autoroutes et les axes routiers en dehors de Paris.

Pour les quatre zones, un minimum de trafic routier est observé en août, au cœur de la période estivale. Les profils hebdomadaires de Paris intramuros et du Boulevard périphérique montrent une baisse de trafic le samedi (respectivement -10 % à -15 % et -3 %) et encore plus le dimanche (respectivement -20 % et -5 %). La baisse maximale de trafic sur les Routes et Autoroutes est observée le samedi (-50 % à -60 %), le trafic du dimanche étant légèrement plus élevé que le samedi sur ces zones.

À partir de ces profils mensuels, hebdomadaires et horaires, il est possible de reconstituer le trafic routier horaire (flux de véhicules et vitesses) pour n’importe quelle heure de l’année, sur tout type d’axe.

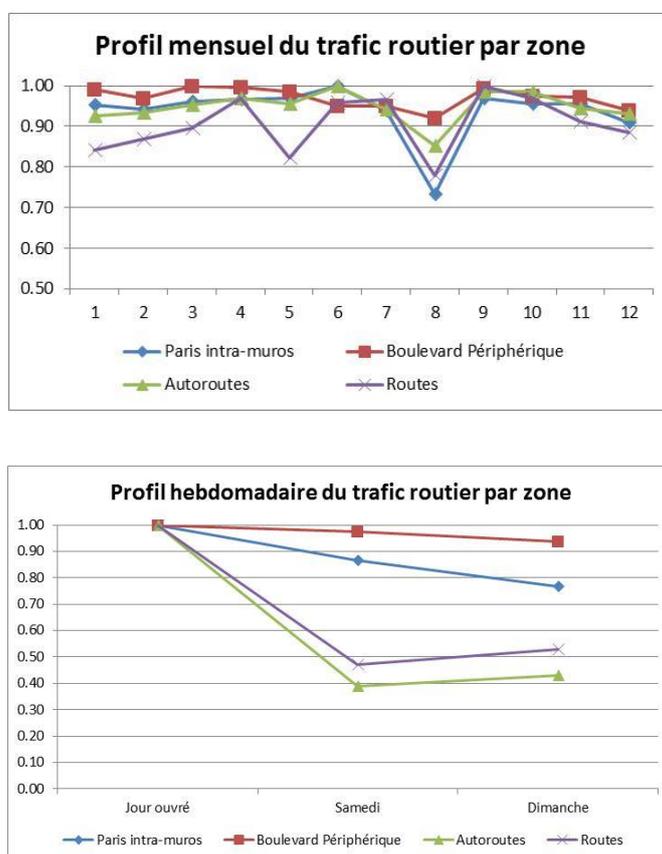


Figure 24 : Profils mensuels (a) et hebdomadaires (b) du trafic routier, par zone (Paris intramuros, Bd Périphérique, Autoroutes et Routes).Source : Airparif d’après les données DRIEA, DIRIF et Ville de Paris.

²⁴ Source : bilan des déplacements 2014.

²⁵ Autoroutes et routes : profil mensuel d’après les données autoroutes de la DIRIF avec quelques données de vitesse. Pour un même axe, le calcul a été fait à partir de plusieurs points de comptage. Pour les routes nationales, les données de la N118 dans les deux sens et de la N13, seules données mises à disposition, ont été utilisées.

Le volume du trafic routier reste stable entre le scénario de ZFE-m et la situation de référence à l'échelle de l'Île de France. En effet, la ZFE-m n'est pas une mesure visant à réduire le trafic routier, mais à accélérer le renouvellement du parc technologique.

4.2. Parcs roulants et technologiques

Afin de réaliser l'évaluation la plus précise possible de l'impact des mesures prévues, Airparif s'est appuyée sur les données de **parc roulant** et de **parc technologique** les plus récentes et les plus précises disponibles au moment du lancement de l'étude.

Une « enquête plaques » a été réalisée par la Métropole du Grand Paris en septembre 2018 à l'échelle du périmètre de la ZFE-m métropolitaine, dans le cadre du projet « Villes respirables en cinq ans ». Cette étude, qui consiste à relever les plaques d'immatriculations des véhicules circulant dans l'intra A86, par caméras, a permis de connaître la composition du parc technologique dans la ZFE-m. Cette expérimentation d'observation (15 jours de mesure 24h/24, avant mise en œuvre de la ZFE-m) a permis une première caractérisation détaillée du parc circulant, à partir d'environ 7,5 millions de passages de véhicules observés, et de l'identification de 1,5 millions de véhicules immatriculés en France. Ces nouveaux éléments ont été exploités pour constituer le parc technologique dans la ZFE-m métropolitaine.

Il est important de noter que cette « enquête plaques » a permis de mettre à jour le parc technologique en dehors de Paris. Les derniers éléments dataient de 2013 (« enquête plaques » réalisée dans le cadre du projet ZAPARC) et les méthodologies d'échantillonnages sont relativement différentes. De ce fait, le parc technologique hors Paris a évolué par rapport à celui des précédentes études de préfiguration de ZFE-m.

Concernant le parc technologique parisien, des « enquêtes plaques » régulières effectuées par la Ville de Paris ont permis de mettre régulièrement à jour les données. La dernière, réalisée en novembre 2019, n'a pas été intégrée car les données n'étaient pas disponibles au moment de l'étude.

Les données de parcs utilisées ci-dessous sont des données exprimées en véhicules.kilomètres, relatives aux parcs roulant et technologique, c'est-à-dire les véhicules circulant réellement.

4.2.1. Parc roulant de référence

Le **parc roulant** distingue les véhicules circulant selon 5 types de véhicules : **véhicules particuliers (VP)** ; **véhicules utilitaires légers (VUL)** ; **poids lourds (PL)** ; **bus et cars (TC)** et **deux roues motorisés (2RM)**. Il est spécifique à un type de route (urbain, Boulevard périphérique, route et autoroute) et varie selon le type de jour (jour ouvré, samedi/veille de jour férié et dimanche/jour férié) et chacune des 24 heures de la journée.

Le parc roulant est construit pour Paris et le Boulevard périphérique sur la base d'enquêtes réalisées à intervalles réguliers par la Ville de Paris en différents points de Paris et du Boulevard périphérique. En dehors de Paris et du Boulevard Périphérique, le parc roulant est construit sur la base de données de comptages SIREDO fournies par la DIRIF sur les routes nationales et autoroutes franciliennes.

Concernant le parc roulant parisien, Airparif a pris en compte pour la situation de référence, les dernières **enquêtes plaques réalisées par la Mairie de Paris en 2014 et en 2016 pour Paris intramuros et pour le Boulevard périphérique**. Le parc en dehors de Paris a été construit à partir des données de l'enquête plaques réalisées par la Métropole du Grand Paris en septembre-octobre 2018 (voir encadré bleu page 34).

La Figure 25 présente le parc roulant 2016 utilisé pour caractériser le trafic urbain les jours ouvrés. En moyenne, le parc urbain est composé à 70 % de VP, 13 % de VUL, 14 % de 2RM, et 1 % de PL et 1 % de TC. Quelle que soit l'heure de la journée, les VP représentent plus de la moitié du parc roulant urbain ; leur part varie entre 54 et 85 % selon les heures. Les VUL sont davantage présents dans la journée, entre 6h et 18h ; leur part maximum (30 %) est atteinte à 8h. La part des 2RM est importante lors des heures de pointes du matin et du soir ; elle atteint au maximum 23% autour de 20h. Les parts des PL et des TC sont plus importantes la journée que la nuit ; elles atteignent au maximum 3 % et 2 % respectivement.

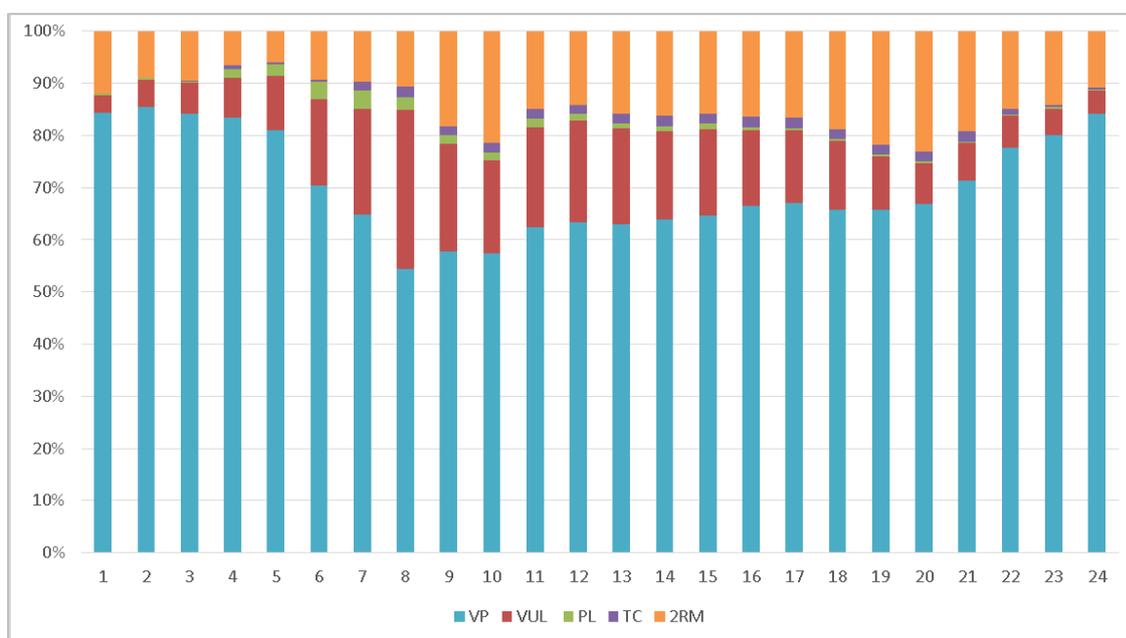


Figure 25 : Parc roulant appliqué les jours ouvrés (JO) sur les axes urbains, selon les heures de la journée.

Bien que les VP restent majoritaires, le parc périurbain présente davantage de VUL et de PL que le parc urbain, au détriment des VP et 2RM.

4.2.2. Parc technologique de référence

Pour les cinq types de véhicules (VP, VUL, PL, TC et 2RM), **la connaissance de la composition du parc roulant en termes de carburant, de norme euro et de puissance du moteur (PTAC pour les PL et les TC) est indispensable** pour calculer précisément les émissions de polluants atmosphériques qui varient en fonction des véhicules et de leur âge. Cette décomposition fine du parc roulant s'appuie sur la connaissance du **parc technologique**.

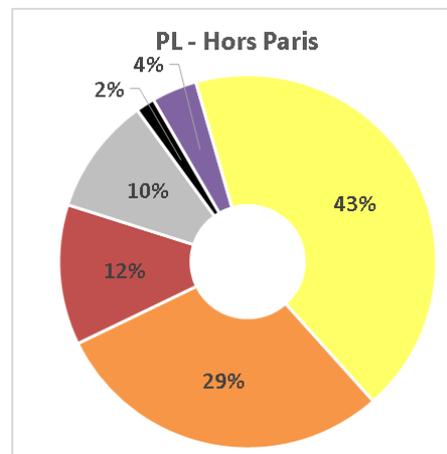
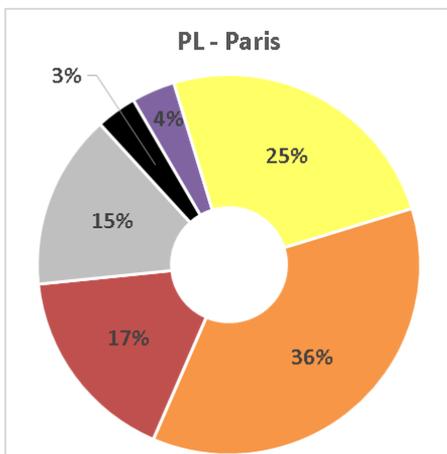
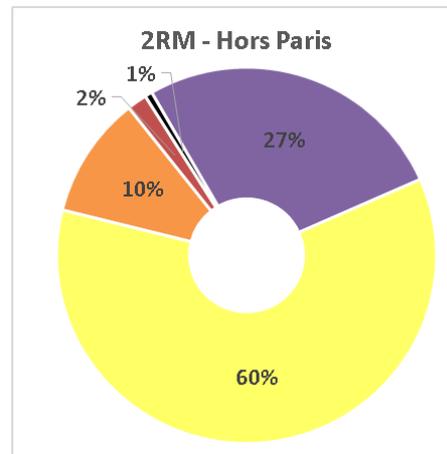
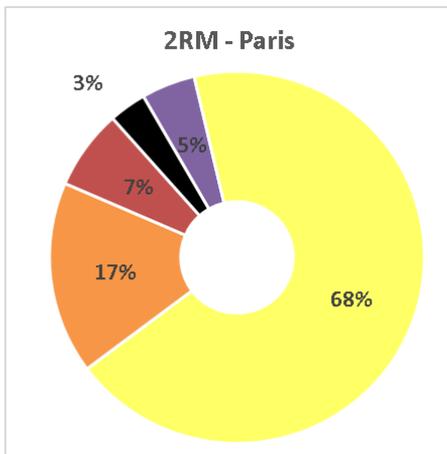
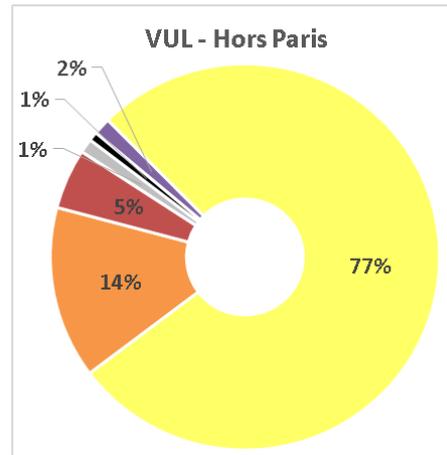
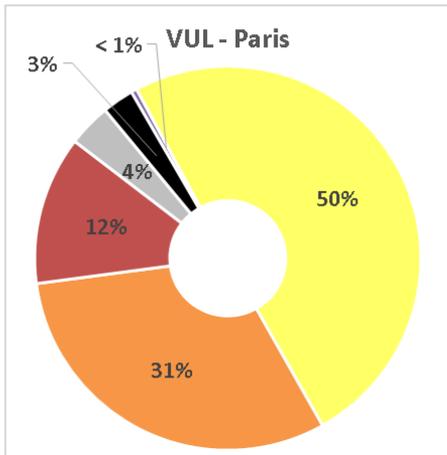
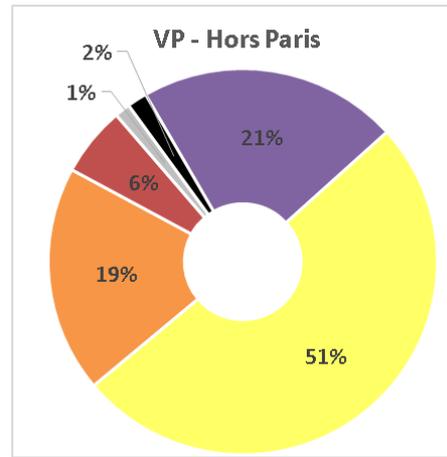
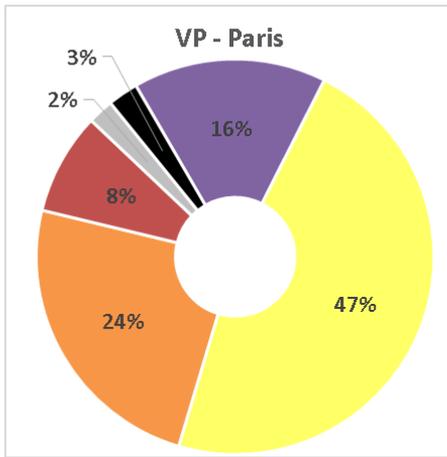
La caractérisation des parcs technologiques aux échelles de Paris et de l'Ile-de-France pour la situation de référence 2021 et pour le scénario de ZFE-m métropolitaine a fait appel à plusieurs sources de données qui ont été étudiées et compilées (cf. Annexe 6). Les données des **enquêtes plaques réalisées par la Ville de Paris en novembre 2014 et novembre 2016, et celle faite par la Métropole du Grand Paris en septembre-octobre 2018 ont été exploitées par Airparif** pour caractériser le parc technologique métropolitain, à partir du parc technologique national fourni par le CITEPA. La comparaison avec les différents parcs disponibles montre des différences significatives avec les données disponibles à l'échelle nationale, et confirme l'intérêt de disposer de parcs « locaux ».

Ainsi, le parc technologique 2021 pour la situation de référence est un parc prospectif issu des projections du CITEPA à l'échelle nationale et « corrigé » par les données locales des enquêtes plaques parisienne (2016) et métropolitaine (2018).

La Figure 26 présente les parcs technologiques, caractérisant le trafic parisien 2016 (à gauche) et le parc 2018 en dehors de Paris (à droite). Les véhicules ont été classés selon la nomenclature Crit'Air.

Quel que soit le type de véhicule, la catégorie « Crit'Air 2 » représente la part majoritaire des kilomètres parcourus. Selon le type de véhicule, la part des kilomètres parcourus par les « Crit'Air 2 » varie entre 25 % et 68 % dans le parc parisien 2016, et entre 43 et 77 % dans le parc hors Paris 2018.

- Crit'Air 1 + Electriques
- Crit'Air 2
- Crit'Air 3
- Crit'Air 4
- Crit'Air 5
- Non classé



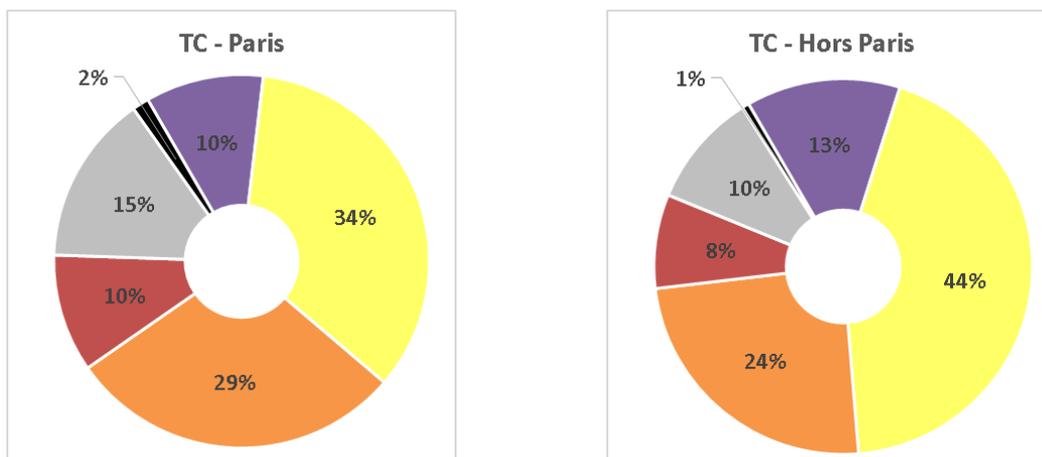


Figure 26 : Parc technologiques par type de véhicule et catégorie Crit'Air. À gauche : parc parisien (2016) ; à droite : parc francilien hors Paris (2018).

Parmi les différents types de véhicules, les véhicules particuliers (VP) présentent le parc technologique le plus récent, comportant la plus grande part de véhicules « Crit'Air 1 » et « électrique » selon la classification Crit'Air. Dans Paris, 16 % des kilomètres sont parcourus par des véhicules de cette catégorie en 2016, et 21 % hors Paris en 2018. Les véhicules « non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » parcourent environ 10 % des kilomètres parcourus par les VP.

Les VUL, roulant traditionnellement au diesel (de ce fait classés au mieux « Crit'Air 2 »), présentent une faible part de kilomètres parcourus par des véhicules de la classe « Crit'Air 1 » et « Électrique » et une large part de kilomètres parcourus par des véhicules « Crit'Air 2 » (50 % dans Paris en 2016 et 77 % hors Paris en 2018). Les véhicules les plus anciens (« non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 ») représentent une part encore conséquente du parc parisien en 2016 (19 %), mais seulement 7% kilomètres parcourus par les VUL en 2018 en dehors de Paris.

Les véhicules deux roues motorisés (2RM) ne sont pas concernés par la catégorie « Crit'Air 5 ». Le parc des 2RM en dehors de Paris présente une part importante de véhicules « Crit'Air 1 » et Électriques (27%).

Les kilomètres parcourus par des PL sont majoritairement parcourus par des véhicules « Crit'Air 2 » et « Crit'Air 3 » : ils représentent respectivement environ 2/3 et 3/4 des parcs parisien 2016 et métropolitain 2018. Les vieux véhicules occupent encore une place importante au sein des parcs technologiques : les véhicules « non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » parcourent 35 % des kilomètres parcourus dans la capitale en 2016 et 24 % des kilomètres parcourus en dehors de Paris en 2018.

Les bus et cars (TC) présentent un parc plus récent que les PL ; les véhicules « Crit'Air 1 » et « électrique » représentent plus de 10 % du parc des TC alors leur part dans le parc des PL est d'environ 4 %. Les véhicules « non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » parcourent entre 1/5 et 1/4 des kilomètres parcourus par les TC.

4.2.3. Impact de la ZFE-m sur le parc technologique

Le parc technologique prospectif pour la situation de référence, à savoir le « Fil de l'eau » 2021 intégrant la ZFE-m parisienne en place au début de l'étude (interdiction des véhicules « non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » dans Paris, hors Boulevard périphérique) a été construit par Airparif à

partir des parcs 2016 et 2018 décrits précédemment et des évolutions nationales des parcs CITEPA pour cette échéance.

Le parc technologique prospectif pour le scénario de la ZFE-m métropolitaine à l'horizon 2021 a été construits à partir de la situation de référence 2021, en introduisant les restrictions de circulation associées au scénario de ZFE-m (i.e. : l'interdiction des véhicules « non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » dans le périmètre intra A86, autoroute A86 exclue).

L'hypothèse retenue collectivement est que **les véhicules concernés par les restrictions de circulation se reportent vers des véhicules de la catégorie la plus vertueuse à carburant et cylindrée identiques**. Pour les véhicules particuliers, ce report est de 70 % car il a été considéré que 30 % des trajets en véhicules particuliers concernés par les restrictions de circulation effectuent un changement d'itinéraire – lorsqu'ils le peuvent - pour éviter la ZFE- m ou se reportent sur les transports en commun, les modes doux de déplacement.

La Figure 27 présente le parc technologique parisien, un zoom sur celui circulant sur le boulevard périphérique, celui de la zone intra A86 hors Paris et enfin hors A86, en 2021, pour la situation de référence et le scénario de la ZFE-m métropolitaine. La répartition repose comme précédemment sur la nomenclature Crit'Air.

La ZFE-m parisienne restreignant déjà les véhicules « Crit'Air 4 », le parc parisien n'est pas touché par la mise en œuvre de la deuxième étape de ZFE-m métropolitaine. En effet, la part des véhicules « non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » est très faible (> 0.5 % pour chaque catégorie, figure 1.a) ; elle correspond aux véhicules circulant en dehors des périodes de restriction (la nuit, le week-end et jours fériés pour les VL). À horizon 2021, le parc parisien est le parc le plus récent des différentes zones présentées : la part des véhicules « Crit'Air 1 » et électriques est la plus élevée (32 %), et il contient près de 90 % de véhicules « Crit'Air 2 », « Crit'Air 1 » et électriques.

Le parc parisien est le parc le plus récent des différentes zones présentées : la part des véhicules « Crit'Air 1 » et électriques est la plus élevée (32 %), et il contient près de 90 % de véhicules « Crit'Air 2 », « Crit'Air 1 » et électriques.

Le parc circulant sur le Boulevard périphérique est relativement récent. A l'instar du parc parisien, il contient près de 90 % de véhicules « Crit'Air 2 », « Crit'Air 1 » et électriques (figure 2.a) ; cependant, la part de véhicules « Crit'Air 2 » est plus élevée que dans la capitale, au détriment des véhicules « Crit'Air 1 » et électriques. Le parc circulant sur les grands axes, désigné parc « transit », par opposition avec le parc « diffus » caractérisant les trajets courts et locaux (domicile-école-courses etc.), est connu pour être plus récent que le parc diffus, et plus dieselisé que le parc urbain. Les véhicules diesel les plus récents sont classés au mieux « Crit'Air 2 » ; ceci explique la part plus importante de véhicules « Crit'Air 2 » dans le parc du Boulevard périphérique. Les véhicules « non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » parcourent environ 1.5 % des kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules sur cet axe. Le parc du Boulevard périphérique est de ce fait peu impacté par la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine.

Le parc est légèrement moins récent dans la ZFE-m (zone intra A86) hors Paris : les véhicules « Crit'Air 2 », « Crit'Air 1 » et électriques parcourent 85 % des kilomètres parcourus dans cette zone (figure 3.a). Les véhicules les plus anciens « non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » parcourent un peu moins de 3 % des kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules dans la zone. C'est cette part du parc qui serait impactés par la mise en œuvre de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine dans la zone intra A86 hors Paris.

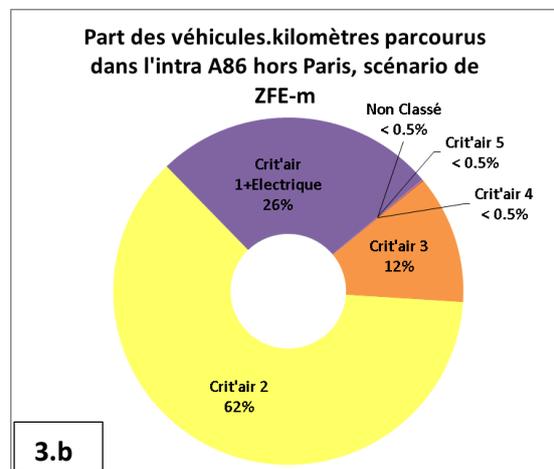
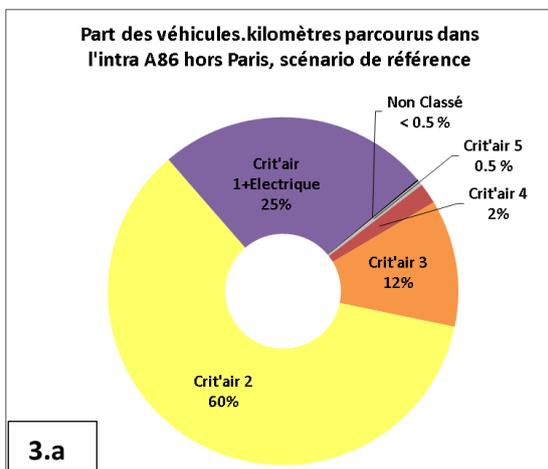
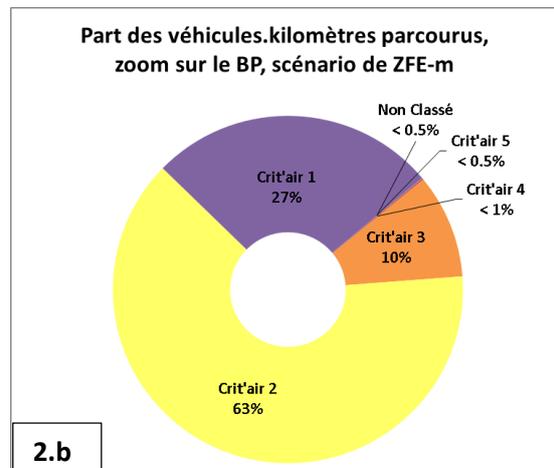
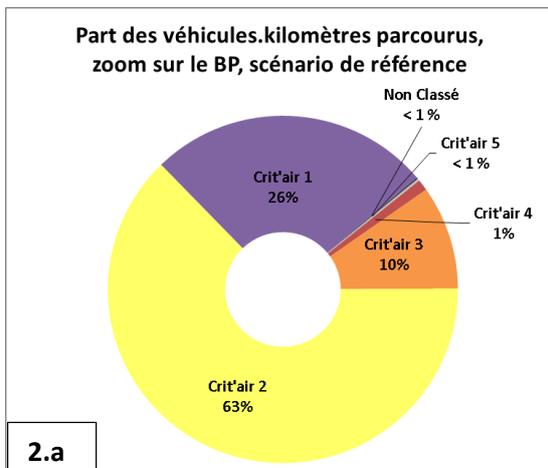
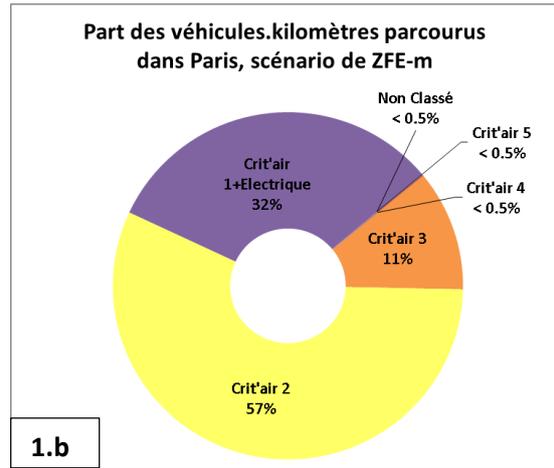
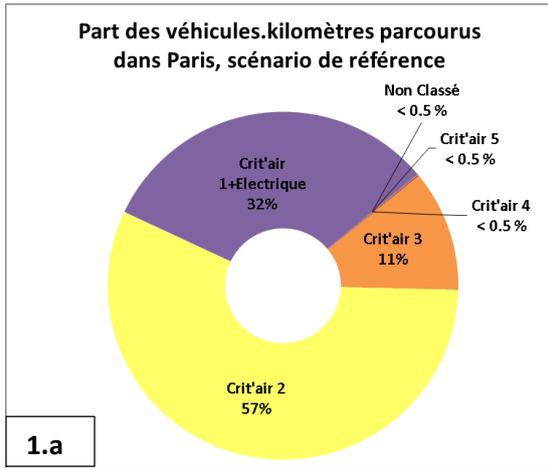
Dans le périmètre total de la ZFE-m (intra A86), la mise en œuvre de la 2^{ème} étape de ZFE-m concernerait un peu moins de 2 % des kilomètres parcourus (figure 4.a).

Les véhicules des classes Crit’Air dont la circulation est restreinte au sein de la ZFE-m ne disparaissent pas entièrement du parc car les VP, VUL et 2RM les plus anciens sont interdits uniquement les jours ouvrés de 8 à 20 heures. De ce fait, une faible proportion de ces véhicules « interdits » reste en circulation.

À l’horizon 2021, au sein de la capitale, 11 % des kilomètres sont parcourus par des véhicules « Crit’Air 3 », 57 % par des véhicules « Crit’Air 2 » et 32 % par des véhicules « Crit’Air 1 » et électriques ; ces parts sont respectivement de 12 %, 62 % et 26 % dans le périmètre à l’intérieur de l’autoroute A86 hors Paris.

Scénario de référence

Scénario de ZFE-m



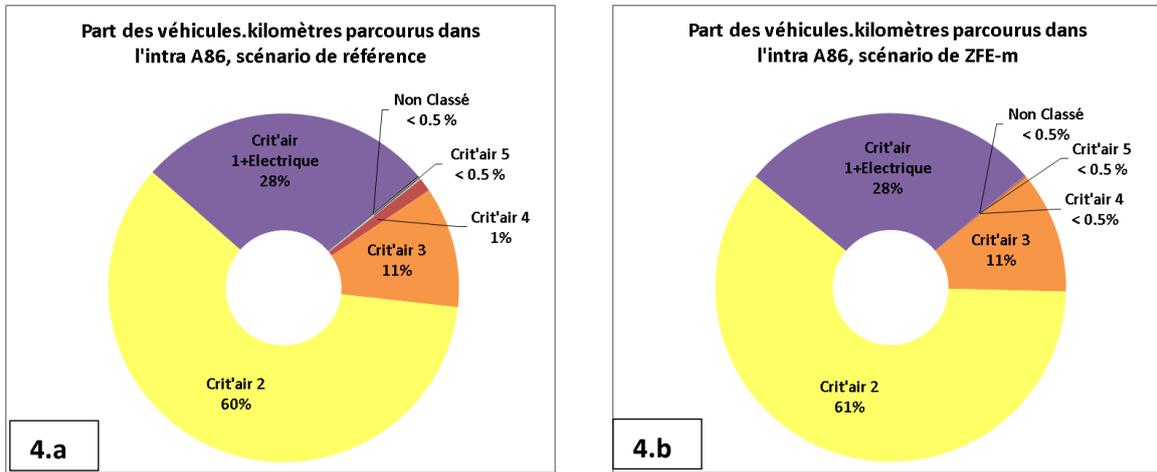
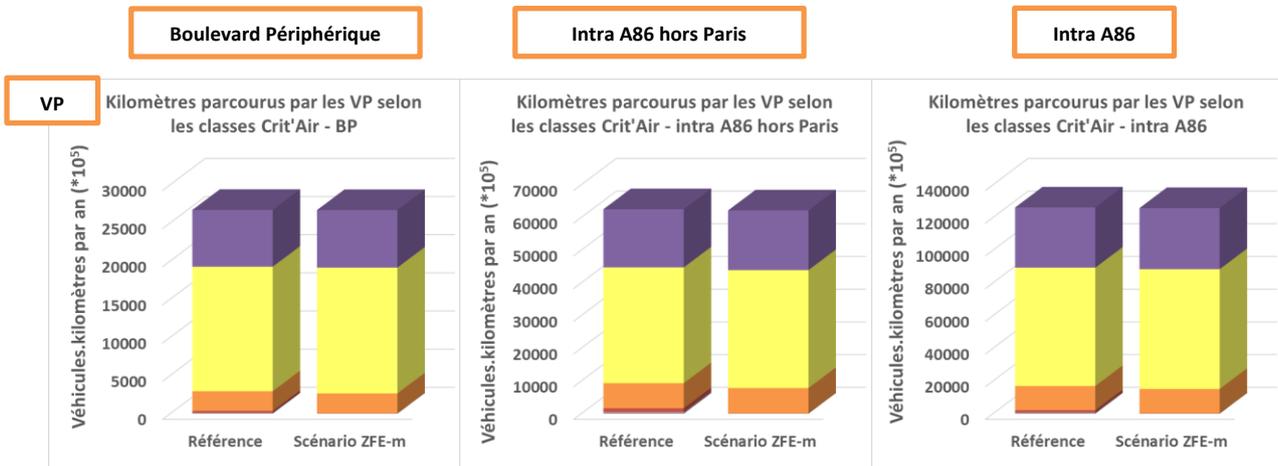


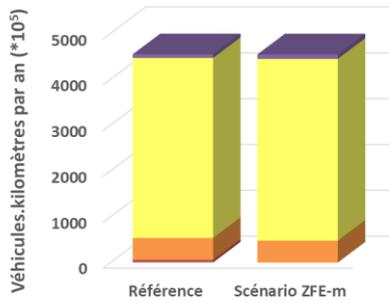
Figure 27 : Part des véhicules.kilomètres à Paris (1), zoom sur le Boulevard périphérique (BP) (2), dans l'intra A86 hors Paris (3), et en dans l'intra A86 entière (4), pour la situation de référence 2021 (à gauche) et le scénario de ZFE-m 2021 (à droite).

La Figure 28 illustre, pour chaque catégorie de véhicules, les parcs technologiques pour la situation de référence et pour la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine, sur le boulevard périphérique (à gauche), au sein de la ZFE- m hors Paris (au milieu) et dans la totalité du périmètre A86 (à droite). L'impact de la ZFE-m varie selon la zone, et le type de véhicules.

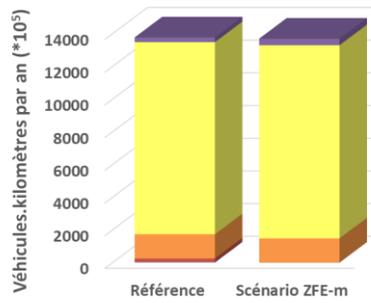


VUL

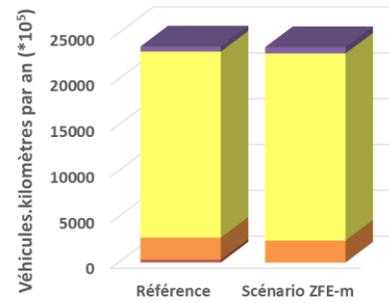
Kilomètres parcourus par les VUL selon les classes Crit'Air - BP



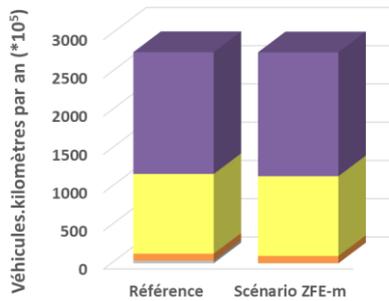
Kilomètres parcourus par les VUL selon les classes Crit'Air - intra A86 hors Paris



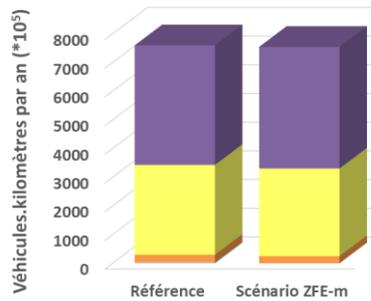
Kilomètres parcourus par les VUL selon les classes Crit'Air - intra A86

**2RM**

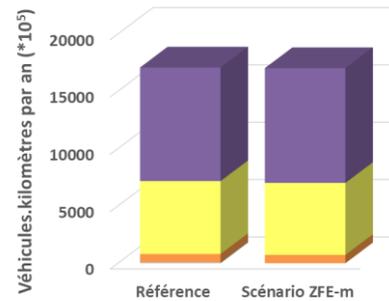
Kilomètres parcourus par les 2RM selon les classes Crit'Air - BP



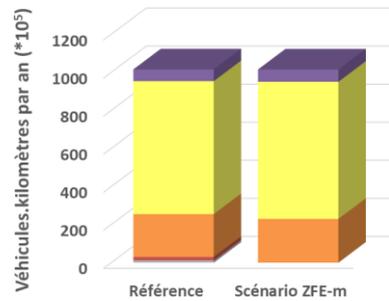
Kilomètres parcourus par les 2RM selon les classes Crit'Air - intra A86 hors Paris



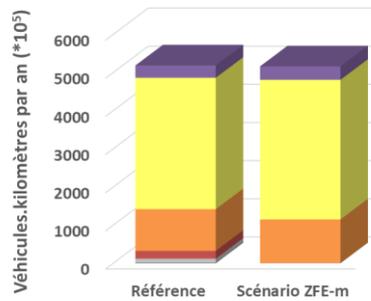
Kilomètres parcourus par les 2RM selon les classes Crit'Air - intra A86

**PL**

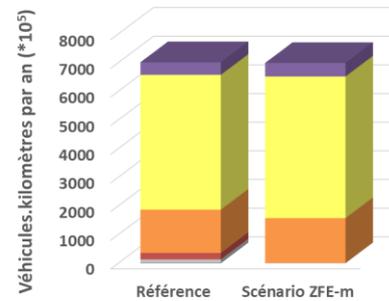
Kilomètres parcourus par les PL selon les classes Crit'Air - BP



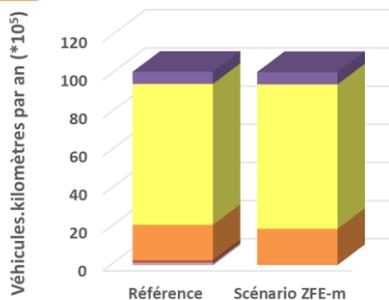
Kilomètres parcourus par les PL selon les classes Crit'Air - intra A86 hors Paris



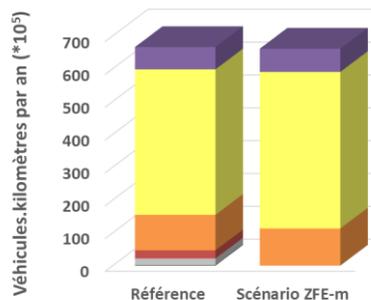
Kilomètres parcourus par les PL selon les classes Crit'Air - intra A86

**TC (bus et cars)**

Kilomètres parcourus par les TC selon les classes Crit'Air - BP



Kilomètres parcourus par les TC selon les classes Crit'Air - intra A86 hors Paris



Kilomètres parcourus par les TC selon les classes Crit'Air - intra A86

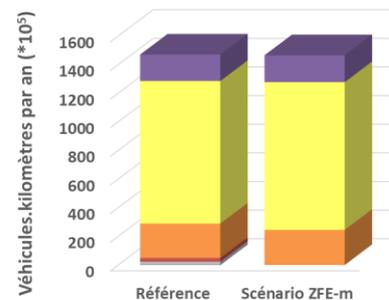




Figure 28 : Part des véhicules.kilomètres potentiellement touchés sur le boulevard périphérique (à gauche), au sein de l'A86 hors Paris (au milieu), et dans l'intégralité du périmètre intra A86 (à droite) par la mise en œuvre de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine.

L'impact de la 2^{ème} étape de la ZFE-m métropolitaine est quasi-nul dans Paris, du fait de l'existence de la ZFE-m parisienne restreignant la circulation des véhicules « Non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » depuis 2019. En effet, le pourcentage de véhicules « Non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » circulant dans Paris à l'horizon 2021 est inférieur à 1 %, quel que soit le type de véhicule. Cela correspond aux VP, VUL et 2RM ayant autorisation de circuler hors jours ouvrés.

Le pourcentage de véhicules « Non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » circulant **sur le boulevard périphérique** à l'horizon 2021 est légèrement plus élevé ; il **varie de 1 % pour les 2RM à 3 % pour les PL**. Ainsi, l'impact de la 2^{ème} étape de la ZFE-m métropolitaine sur le parc circulant sur le boulevard est plus important que dans la capitale mais reste limité.

Dans la **zone intra A86 hors Paris**, les types de véhicules les plus touchés par la restriction de circulation des véhicules les plus anciens, « Non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 », sont les **TC et PL avec respectivement 7 % et 6 % des kilomètres parcourus** de leur catégorie. La restriction de circulation fixée pour ces véhicules les plus anciens concerne **près de 3 % des kilomètres parcourus par les VP et 2 % de ceux parcourus par les VUL** dans le périmètre intra A86 hors Paris. **Moins de 1 % des kilomètres parcourus par les 2RM** sont concernés par la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine à l'horizon 2021. Pour rappel, la catégorie « Crit'Air 5 » n'existe pas pour les 2RM.

4.3. Émissions liées au trafic routier

4.3.1. Émissions de polluants atmosphériques

Ces résultats sont issus des calculs provenant de la modélisation du trafic routier, par la DRIEA, et de la modélisation des émissions qui en découlent par le modèle de trafic Heaven²⁶.

Influence au sein de la ZFE-m

La Figure 29 présente la part des kilomètres parcourus et impactés par la restriction de circulation, toutes catégories de véhicules confondues, ainsi que les gains en émissions qui en résultent pour les NO_x, les particules PM₁₀ et PM_{2.5} et le CO₂, pour la mise en œuvre de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine. Les gains présentés sont ceux estimés dans la zone intra A86 hors Paris, zone concernée par la restriction de circulation dans le scénario étudié, la ZFE-m parisienne interdisant déjà les véhicules les plus anciens, jusqu'aux « Crit'Air 4 », depuis juillet 2019.

²⁶ Heaven, pour "Healthier environment through the abatement of vehicle emissions and noise" est une plate-forme de modélisation du trafic calculant les émissions du trafic routier. Cet outil est issu du projet européen HEAVEN. Pour plus de détails, cf. <https://www.airparif.asso.fr/etat-air/air-et-climat-emissions-heaven>

Nota bene : les gains sont évalués par comparaison à la situation de référence.

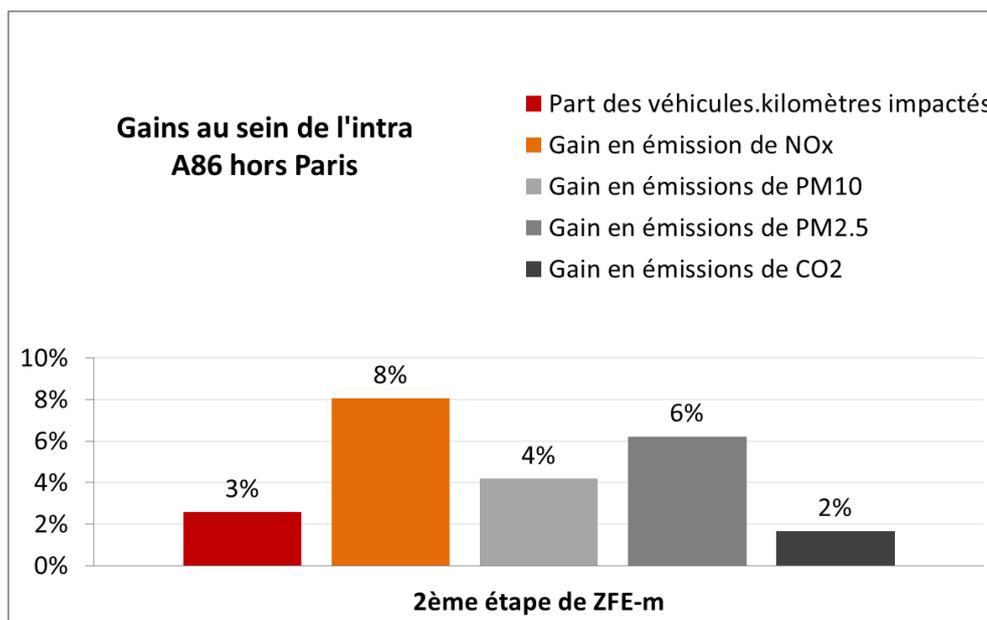


Figure 29 : Gains en émissions et part des kilomètres parcourus par les véhicules impactés par la restriction de circulation de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine, au sein de l'A86 hors Paris.

La mise en œuvre de la ZFE-m accélère le renouvellement du parc technologique et induit une baisse des émissions de polluants atmosphériques liées au trafic routier métropolitain.

Les gains les plus importants sont observés pour les NO_x (8 %), polluant pour lequel la part des émissions du trafic est élevée (un peu plus de la moitié des émissions de NO_x au sein de la Métropole du Grand Paris).

Les gains en PM_{2.5} (6 %) sont plus importants que ceux en PM₁₀ (4 %). Cela résulte du fait que les émissions de PM₁₀ sont fortement associées à l'abrasion des routes, freins et pneus, part qui reste invariable avec le renouvellement du parc technologique. Les émissions de PM_{2.5} sont davantage liées à la combustion et sont donc influencées par la modernisation du parc engendrée par la ZFE- m.

L'Annexe 7 fournit les gains en émissions et la part des kilomètres impactés dans le périmètre intra A86, en prenant en compte Paris. Elle met en évidence des gains en émissions moins importants en considérant la zone intra A86 dans son intégralité (la restriction de circulation étant déjà en place dans la capitale). Dans cette zone, les gains sont de 5 % pour les émissions de NO_x, 4 % en PM_{2.5} et 3 % en PM₁₀. La part de kilomètres parcourus concernés par la restriction de circulation est de 2 % dans le périmètre total de la ZFE-m.

Sur le boulevard périphérique, les gains en émissions sont plus restreints, à l'image de la part limitée des véhicules kilomètres impactés par la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine (1%) : les gains sont de 3 % en NO_x et PM_{2.5}, et 2 % pour les PM₁₀ (Figure 30).

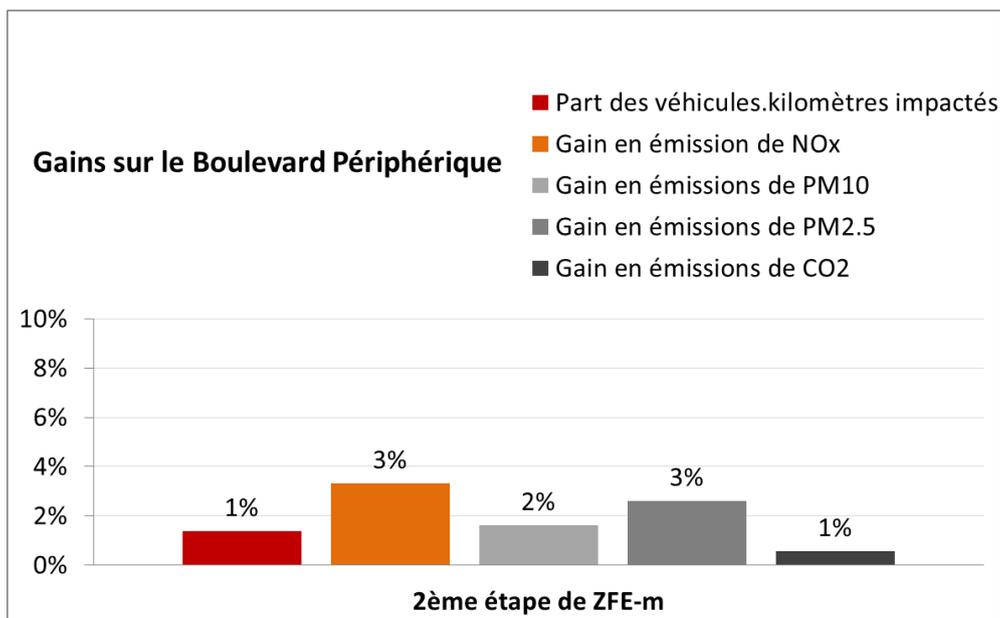


Figure 30 : Gains en émissions et part des kilomètres parcourus par les véhicules concernés par la restriction de circulation, de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine, [sur le boulevard périphérique](#)

La mise en œuvre d'une **ZFE-m engendre également des baisses d'émissions de benzène**, émissions essentiellement liées aux véhicules essence les plus anciens. À l'échelle de l'intra A86, le gain en benzène est de 3 % ; en considérant la zone intra A86 hors Paris, le gain estimé atteint 6 %.

La Figure 31 présente la baisse des émissions relativement à la part des kilomètres parcourus par les véhicules concernés par la restriction de circulation dans le périmètre de la ZFE-m métropolitaine.

Le ratio entre les gains d'émissions et la part des kilomètres parcourus par les véhicules concernés par les restrictions de circulation est toujours supérieur à 1. Cela signifie que **la ZFE-m induit une baisse relative des émissions des polluants locaux supérieure à la part relative du nombre de kilomètres impactés par la restriction de circulation**. Autrement dit, quel que soit le polluant atmosphérique, **les gains en émissions sont – en relatif - supérieurs aux kilomètres parcourus par les véhicules impactés par la ZFE-m**.

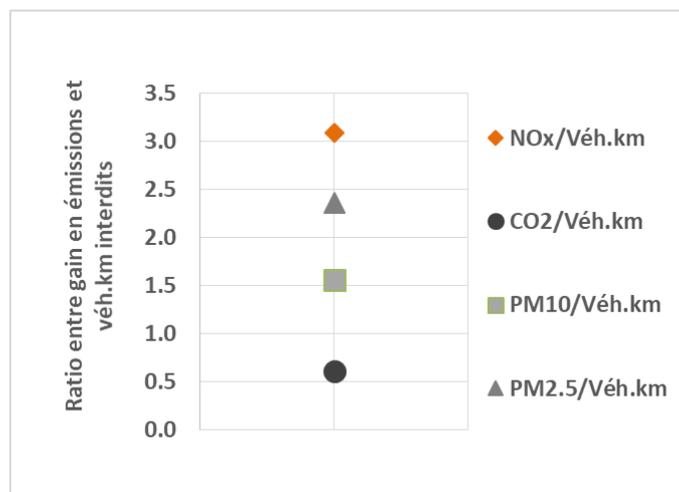


Figure 31 : Ratio entre les gains en émissions attendus avec la mise en œuvre de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine et la part des kilomètres concernés par la restriction de circulation, au sein de l'intra A86

L'efficacité de la mesure, en termes de gains en émissions par rapport au nombre de kilomètres parcourus impactés, **est importante** : **la diminution relative des émissions d'oxydes d'azote est 3 fois plus importante que le pourcentage de kilomètres parcourus touchés par la restriction de circuler au sein de la ZFE-m**. Le ratio est également favorable pour les particules PM₁₀ (1.5) et plus encore pour les PM_{2.5} (2.4). Cette mesure est efficace car la restriction concerne la circulation des véhicules les plus anciens et les plus polluants. **Par conséquent, la réduction des émissions est, relativement aux kilomètres parcourus par ces véhicules, importante.**

Influence en dehors de la ZFE-m

La part de kilomètres parcourus par les véhicules concernés par la restriction de circulation, et les gains en émissions en dehors de la ZFE-m sont présentés en Figure 32. Les gains en émissions dans cette zone sont de 2 % pour les NO_x, et autour de 1 % pour les particules PM₁₀ et PM_{2.5} ; la part de véhicules.kilomètres impactés est estimée inférieure à 1 %.

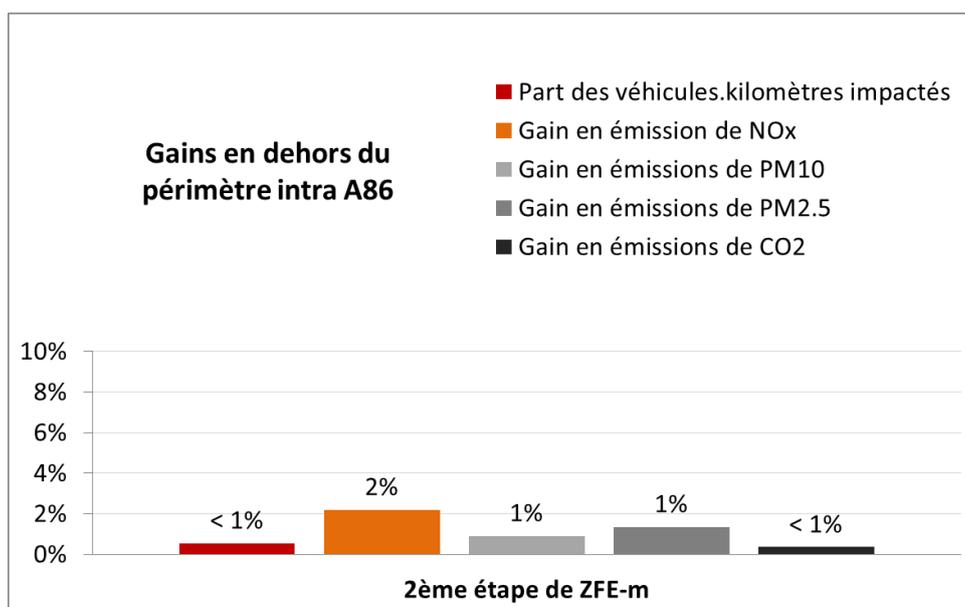


Figure 32 : Gains en émissions et part des kilomètres parcourus par les véhicules concernés par la restriction de circulation de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine, en dehors du périmètre de l'A86.

Les gains d'émissions en dehors du périmètre de l'A86 sont logiquement moins importants. Ils sont dus au renouvellement des véhicules les plus anciens circulant dans la ZFE-m (i.e. avec une origine et/ou une destination dans la ZFE-m, ou encore en transit par la ZFE-m) au profit de véhicules plus récents autorisés dans la ZFE-m. En dehors de la ZFE m, les véhicules les plus anciens, et les plus polluants, peuvent continuer de circuler s'ils ne circulent pas dans la ZFE-m, d'où des baisses d'émissions moins importantes au-delà de l'A86 qu'au sein de l'intra A86.

Le report modal, du véhicule particulier en faveur des transports en commun pour les trajets contribue également à la baisse des émissions en dehors de celle-ci.

Les bénéfices de la ZFE-m sur les émissions sont positifs y compris en dehors de son périmètre strict d'application, et ce malgré les reports d'itinéraires (cas des véhicules les plus anciens ayant auparavant un trajet en lien avec la ZFE-m et ayant changé d'itinéraire au profit d'un parcours différent, du fait de la restriction de circulation au sein de la ZFE-m).

La mise en œuvre de **la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine entraîne une légère diminution des émissions de polluants, non seulement au sein du périmètre à l'intérieur de l'autoroute A86, mais également en dehors de ce périmètre.**

La Figure 33 présente la baisse des émissions de polluants atmosphériques relativement à la part des kilomètres parcourus par les véhicules concernés par la restriction de circulation, en dehors du périmètre de la ZFE-m métropolitaine.

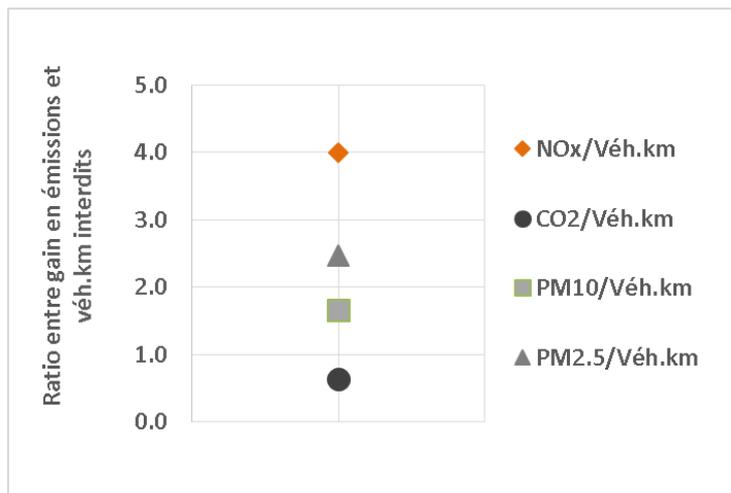


Figure 33 : Ratio entre les gains en émissions attendus avec la mise en œuvre de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine et la part des kilomètres concernés par la restriction de circulation, en dehors du périmètre de l'A86

Dans cette zone également, les ratios sont supérieurs à 1 pour les NO_x, particules PM₁₀ et PM_{2.5}, traduisant des gains relatifs en émissions supérieurs à la part des kilomètres parcourus par les véhicules impactés par la 2^{ème} étape de ZFE- m.

Le ratio en NO_x est plus élevé qu'au sein de la ZFE-m (4 contre 3), mais pour des réductions d'émissions plus faibles. Ceci est lié au fait que le parc est légèrement plus ancien en dehors de la ZFE-m. Pour les particules, les ratios sont comparables.

Quel que soit le périmètre considéré, la ZFE-m favorise une baisse relative des émissions des polluants locaux supérieure à la part relative du nombre de kilomètres impactés par la restriction de circulation (ratio supérieur à 1).

4.3.2. Émissions de gaz à effet de serre

La mise en œuvre de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine n'entraîne pas d'effet antagoniste entre polluants locaux (ayant un effet sur la qualité de l'air et la santé) et gaz à effet de serre (ayant un effet sur le climat) et engendre bien des effets positifs sur ces deux enjeux.

Les Figure 29 et Figure 32 montrent un gain en émissions de CO₂ de 1 % au sein de la ZFE-m et inférieur à 1 % en dehors de l'A86.

Pour les deux zones, le ratio entre les gains en émissions de CO₂ et la part de kilomètres concernés par la restriction de circulation est inférieur à 1(Figure 31et Figure 33). Cela traduit une baisse relative de CO₂ moins importante que la part de kilomètres parcourus par les véhicules impactés dans la ZFE- m. L'efficacité de la ZFE-m est donc moins importante pour le dioxyde de carbone que pour les polluants locaux.

Cela est lié au fait que les normes « Euro » ont été mises en place pour diminuer les polluants atmosphériques et non les gaz à effet de serre. Ainsi, les performances en termes de baisses des émissions liées aux normes « Euro » sont meilleures pour les polluants locaux que pour le CO₂.

Ces résultats confirment ceux de l'étude sur l'impact des modifications de trafic dans Paris entre 2002 et 2012²⁷, ayant montré que la diminution des émissions des polluants atmosphériques est principalement liée au renouvellement du parc de véhicules (avec des véhicules récents moins polluants) tandis que la **diminution des rejets de CO₂ est liée** au contraire **à la baisse du trafic**.

Le renouvellement accéléré du parc technologique des véhicules les plus anciens par des véhicules moins polluants engendre sur le périmètre à l'intérieur de l'autoroute A86 (A86 exclue) et au-delà de ce périmètre des diminutions des émissions de polluants atmosphériques. Il en est de même pour le dioxyde de carbone (CO₂, gaz à effet de serre), même si pour ce dernier la baisse des émissions est plus faible.

²⁷ « Évolution de la qualité de l'air à Paris entre 2002 et 2012 » - Juillet 2013, Airparif.
<http://www.airparif.asso.fr/pdf/publications/rapport-pdp-130703.pdf>

5. IMPACTS DE LA 2^{ème} ÉTAPE DE LA ZFE-M SUR LES CONCENTRATIONS DE POLLUANTS DANS L'AIR

5.1. Concentrations de polluants atmosphériques

Les cartographies de la Figure 34 illustrent les concentrations moyennes annuelles de NO₂ (ligne du haut), de PM₁₀ (ligne du milieu) et de PM_{2.5} (ligne du bas) modélisées pour la situation de référence (à gauche) et la 2^{ème} étape de ZFE-m (au milieu). Les cartographies de différences (à droite) présentent les écarts de concentrations entre le scénario de ZFE-m et le scénario de référence : diminutions et éventuelles augmentations liées au report de trafic routier. Les concentrations et les différences sont données en µg/m³.

Afin d'évaluer les impacts au-delà du périmètre de mise en œuvre du dispositif, la zone de visualisation s'étend au-delà des limites de l'intra A86, jusqu'aux contours de la Francilienne. Ce périmètre comprend environ 80 % de la population régionale et permet de rendre compte des teneurs de polluants au-delà de la limite de la Métropole du Grand Paris (illustrée en noir sur les cartographies).

La restriction de circulation pour les véhicules « non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » étant déjà effective dans Paris, les baisses de concentrations ont lieu uniquement en dehors de la capitale, principalement à proximité du trafic routier mais également en situation de fond, notamment pour le NO₂.

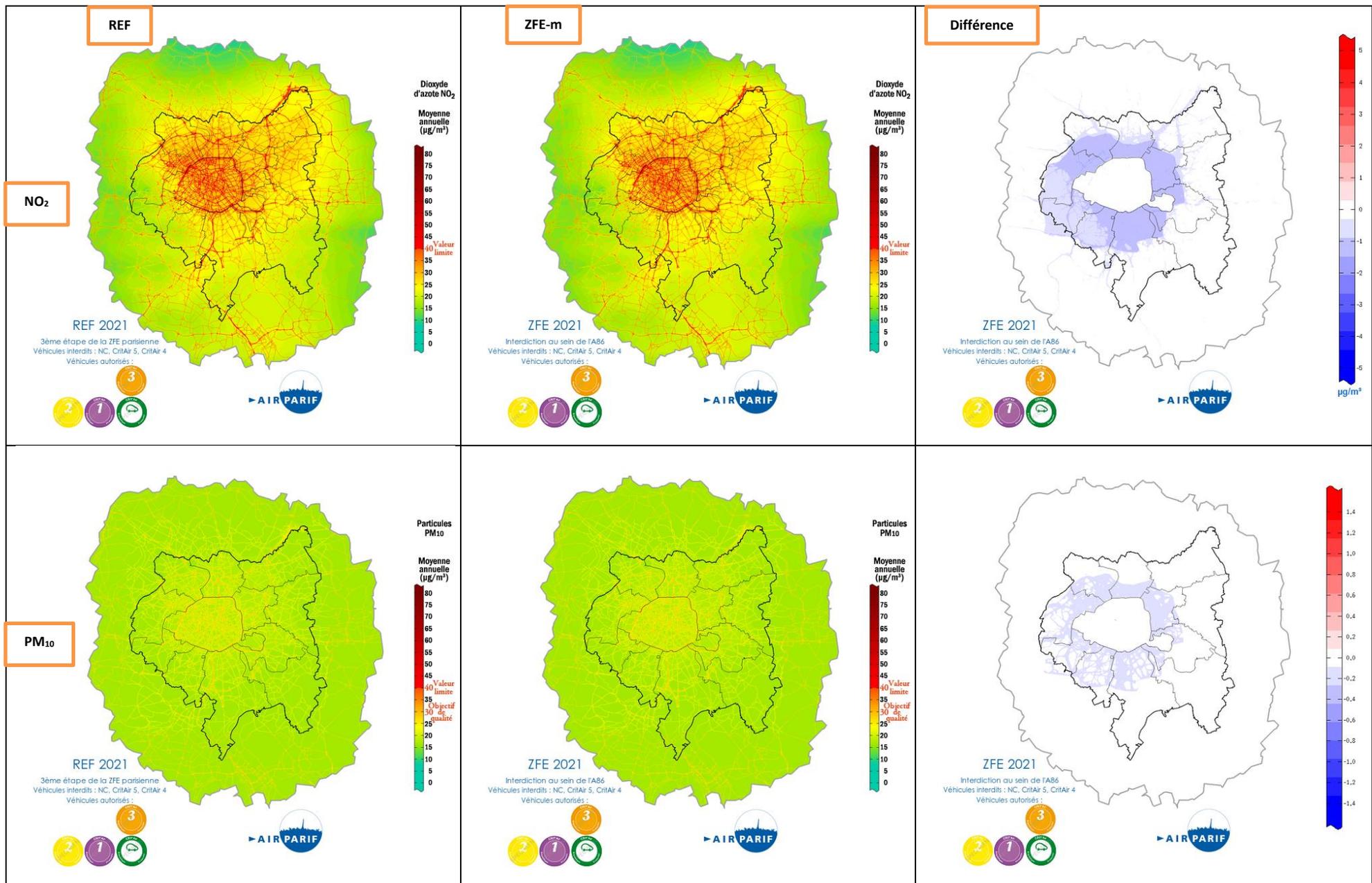
Étant donné que les impacts de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine sur le nombre de kilomètres parcourus et sur les gains en émissions sont limités, **la baisse des teneurs de NO₂ est faible. Dans le périmètre intra A86 hors Paris, la diminution est en moyenne de 1 µg/m³. À proximité immédiate du trafic routier, la diminution peut être plus marquée, notamment sur les axes majeurs où elle atteint près de 4 µg/m³.** En dehors du périmètre de restriction délimité par l'A86, les concentrations baissent également légèrement à proximité des axes routiers majeurs.

Les concentrations de particules PM₁₀ et PM_{2.5} diminuent de manière moins importante que celles modélisées pour le NO₂. Ceci est lié, d'une part, au fait que la modernisation du parc n'influence pas les émissions de particules liées à l'abrasion, et, d'autre part, que la contribution du trafic routier aux émissions régionales de particules est moins importante que celle des NO_x. De plus, en situation éloignée du trafic (concentration de fond), un tiers des concentrations de PM_{2.5} est généré par des sources localisées dans l'agglomération parisienne ; les deux autres tiers de la concentration annuelle de particules fines proviennent de sources extérieures à la région²⁸.

Si la différence des teneurs en particules entre le scénario de ZFE-m et le scénario de référence est peu significative en situation de fond, elle est plus importante à proximité du trafic routier. **Une baisse est observée à proximité immédiate des principaux axes routiers, où elle atteint moins de 1 µg/m³ pour les PM₁₀ et PM_{2.5}.**

²⁸ Origine des particules en Ile-de-France, Airparif septembre 2011

http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/rapport-particules-110914.pdf



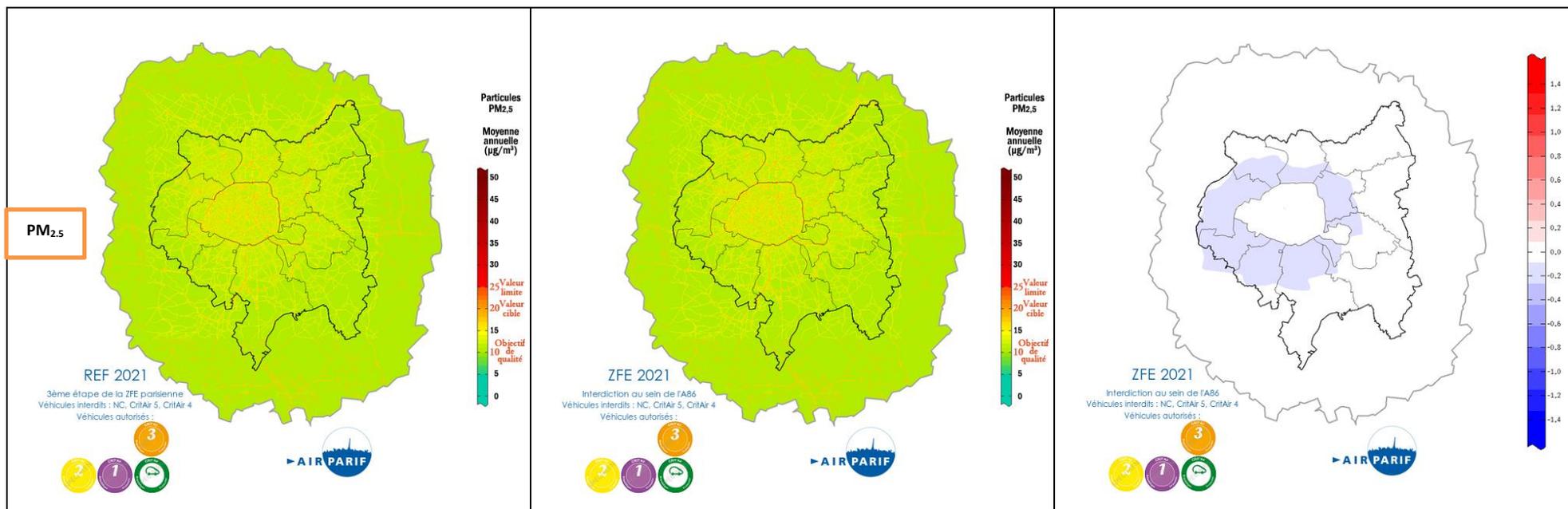


Figure 34 : Cartographies des niveaux moyens annuels de NO₂ (en haut), de PM₁₀ (au milieu) et de PM_{2.5} (en bas) en µg/m³, dans le périmètre de la Francilienne, pour la situation de référence (à gauche), la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine (au milieu) et différences de concentrations entre le scénario de ZFE-m et la situation de référence (à droite).

La restriction de circulation des véhicules « non classés », « Crit’Air 5 » et « Crit’Air 4 » au sein du périmètre à l’intérieur de l’autoroute A86 entraîne un renouvellement du parc technologique. Celui-ci induit une diminution des niveaux de NO₂ au sein de la ZFE-m par rapport au scénario de référence : 1 µg/m³ en moyenne et jusqu’à 4 µg/m³ en proximité du trafic routier. En dehors du périmètre intra A86, c’est surtout le long des axes routiers que la baisse de concentration est observée, du fait du renouvellement des véhicules en lien avec la ZFE-m (i.e. avec une origine et/ou une destination dans la ZFE-m, ou encore en transit par la ZFE-m).

5.2. Indicateurs d'exposition

5.2.1. Exposition de la population au-delà des valeurs réglementaires

Afin d'évaluer l'impact de la mise en œuvre de la ZFE-m sur la population exposée au regard des valeurs réglementaires, une estimation de la population exposée aux différentes concentrations de polluants atmosphériques a été réalisée. Cette estimation est réalisée en croisant les cartographies des concentrations avec les données de population spatialisées à haute résolution²⁹, pour le scénario de référence et le scénario de ZFE-m. La comparaison du nombre de personnes exposées entre les deux scénarios permet de définir le gain, en termes de population exposée, apporté par la mise en œuvre de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine.

La restriction de circulation des véhicules « non classés », « Crit'Air 5 » et « Crit'Air 4 » au sein de l'A86 induit une baisse de 50 000 Métropolitains exposés à des niveaux dépassant la valeur limite de NO₂ (40 µg/m³) (Figure 35).



Figure 35 : Gain de population résidant dans la Métropole du Grand Paris exposée à des dépassements de la valeur limite annuelle de NO₂ (40 µg/m³)

Le gain en population exposée est quasi-nul dans Paris intra-muros, du fait de la préexistence de la ZFE-m parisienne de niveau « Crit'Air 4 » ; de ce fait, ce sont plus précisément **50 000 personnes en moins exposées dans la Métropole du Grand Paris hors Paris intra-muros**. U

Malgré cette diminution du nombre de personnes exposées, une partie de la population reste soumise à des dépassements de la valeur limite, notamment à proximité des axes routiers les plus importants.

Concernant **les particules PM₁₀**, il est estimé à l'horizon 2021 que la quasi-totalité de la population francilienne est exposée à des concentrations moyennes annuelles inférieures à la valeur limite annuelle (40 µg/m³) et à l'objectif de qualité (30 µg/m³). Ainsi, le seuil choisi pour évaluer les gains

²⁹ Les données de population résidente sont produites par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (IAU).

d'exposition aux particules PM₁₀ est celui préconisé par l'OMS³⁰ (20 µg/m³ en moyenne annuelle). De même **pour les PM_{2.5}**, la valeur limite annuelle (25 µg/m³) et la valeur cible (20 µg/m³) sont respectées pour l'ensemble de la population francilienne. La valeur retenue pour estimer les gains est l'objectif de qualité de (10 µg/m³) correspondant à la préconisation émise par l'OMS.

La mise en œuvre de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine permet de réduire d'environ 10 000 habitants le nombre de Métropolitains hors Paris exposés à des niveaux de particules PM₁₀ et PM_{2.5} supérieurs aux recommandations de l'OMS.

Quel que soit le polluant, la 2^{ème} étape de ZFE-m induit des gains en termes d'exposition des populations. Les gains les plus importants sont observés en NO₂, polluant fortement lié au trafic routier, au sein de la Métropole du Grand Paris.

5.2.2. Qualité de l'air au droit des axes routiers

L'évolution du parc technologique, du fait de l'instauration de la 2^{ème} étape de la ZFE-m métropolitaine, engendre **une diminution des concentrations en situation de fond et plus encore à proximité du trafic routier**. Les teneurs de **dioxyde d'azote** modélisées à proximité immédiate du réseau routier permettent de mettre en relief **l'influence de la mise en œuvre de la ZFE-m au plus près des émissions du trafic routier**, en bordure de voirie.



Figure 36 : Gain à proximité immédiate du trafic routier au sein l'intra A86, au regard de la valeur limite annuelle de NO₂ (40 µg/m³)

À l'échelle régionale, la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine permet de réduire de près de 80 le nombre de kilomètres de voirie exposée à des concentrations de NO₂ supérieures à la valeur limite.

³⁰ L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) recommande des niveaux d'exposition (concentrations et durées) au-dessous desquels il n'a pas été observé d'effets nuisibles sur la santé humaine ou sur la végétation.

Plus précisément, **le gain concerne 65 km kilomètres de voirie situés au sein de la Métropole du Grand Paris**, dont un peu plus de **50 km localisés dans le périmètre intra A86** (Figure 36).

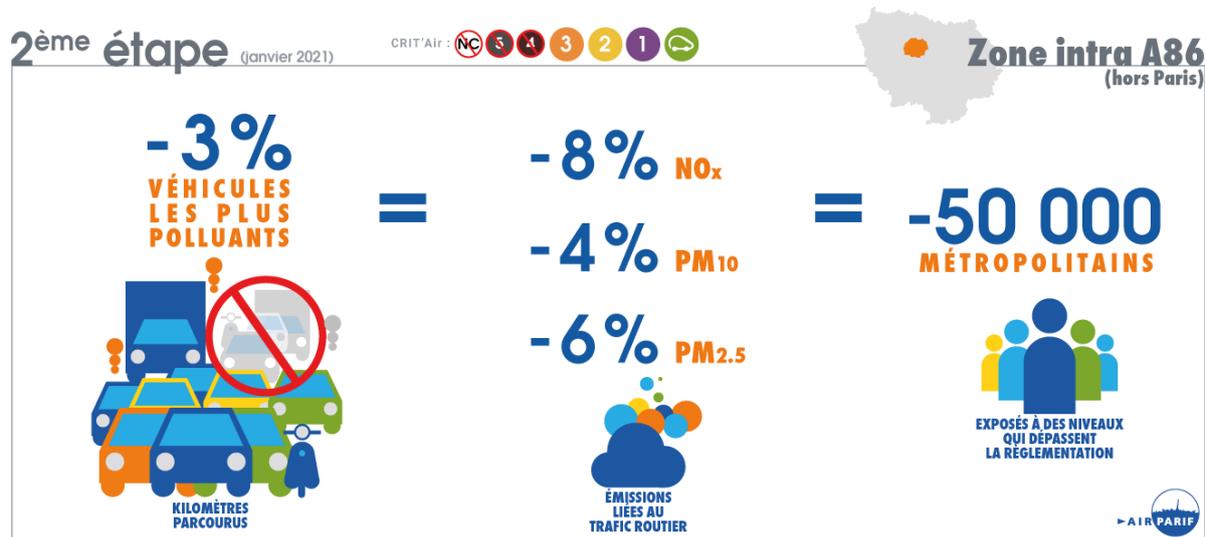
Concernant les **particules PM₁₀ et PM_{2.5}**, l'évaluation est faite au regard des recommandations de l'OMS (respectivement de 20 µg/m³ et 10 µg/m³). Pour les particules, **la situation en proximité immédiate du trafic évolue peu au regard de ces valeurs contraignantes**. L'instauration de cette nouvelle étape de ZFE-m métropolitaine permet de réduire de près de 10 km le réseau francilien en dépassement de la recommandation OMS en PM₁₀; le gain est non significatif pour les PM_{2.5}.

La mise en œuvre de la ZFE-m permet de réduire la part du réseau routier dépassant la valeur limite en NO₂, principalement au sein de la Métropole du Grand Paris, mais également au-delà. Les effets estimés pour l'exposition aux particules PM₁₀ et PM_{2.5} sont modérés.

6. CONCLUSION

L'étude menée par Airparif s'inscrit dans le cadre du projet d'instauration progressive d'une ZFE-m métropolitaine, porté par la Métropole du Grand Paris et la Ville de Paris. Elle fournit les gains estimés en émissions et en concentrations de polluants atmosphériques, ainsi qu'en termes d'exposition de la population à des niveaux supérieurs aux valeurs réglementaires.

La figure suivante présente, de façon synthétique, les gains induits par l'instauration de la 2^{ème} étape de la ZFE-m métropolitaine, au sein de l'A86 hors Paris.



Les gains apportés par la mise en œuvre de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine sur les différents indicateurs sont plus conséquents pour le NO₂³¹ que pour les particules PM_{2.5} et PM₁₀. Cela provient essentiellement du fait que la contribution du trafic routier aux émissions régionales de NO_x est plus importante que pour les particules. Ainsi, les actions prises pour réduire les émissions de NO_x issues

³¹ Oxydes d'azote dans le cas des émissions.

du trafic routier ont proportionnellement plus d'impact sur les niveaux de dioxyde d'azote que sur ceux des particules.

Les effets estimés pour la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine sont positifs. Les gains en émissions de NO_x sont estimés à 8 % dans l'intra A86 hors Paris, et à 3 % sur le boulevard périphérique. L'impact de cette mesure sur les concentrations de polluants atmosphériques est principalement visible en proximité du trafic, au sein de la ZFE-m ; un léger gain est également estimé en dehors de ce périmètre.

Concernant l'exposition de la population à des niveaux supérieurs à la valeur limite en NO₂, **il est estimé que 50 000 Métropolitains de moins seront exposés à des dépassements avec le renforcement de la ZFE-m métropolitaine aux véhicules « Crit'Air 4 »**. Les gains sont concentrés dans la Métropole du Grand Paris, la majorité des personnes exposées résidant dans cette zone.

La mise en œuvre **de la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine, positive pour la qualité de l'air, permet d'accélérer le renouvellement du parc technologique**. C'est aussi une mesure visant à initier **un changement de comportement des Franciliens quant à leur(s) mode(s) de déplacements**. Elle **s'inscrit dans un dispositif plus global visant à limiter la dépendance à la voiture individuelle** afin de réduire les émissions de polluants associées au trafic routier (responsable de plus de 50 % des émissions métropolitaine de NO_x, et d'environ 25 % de celles des particules PM₁₀ et PM_{2,5}).

La ZFE-m est reconnue pour être une des actions les plus efficaces pour réduire les émissions de NO_x. Cependant, cette mesure ne permet pas à elle seule de passer sous les seuils réglementaires de qualité de l'air et des franciliens sont toujours exposés à des dépassements de la valeur limite de NO₂ avec cette nouvelle étape de ZFE-m métropolitaine. De plus, l'impact de la ZFE-m sur la réduction des émissions de particules PM₁₀ et PM_{2,5} est limité. Par conséquent, **des actions complémentaires sont nécessaires, y compris sur d'autres secteurs émetteurs que le trafic routier, pour faire baisser les niveaux de NO₂ et de particules** afin de respecter les seuils réglementaires et les recommandations de l'OMS.

ANNEXES

Annexe 1

Classification des véhicules selon la nomenclature Crit'Air

Classe	2 ROUES, TRICYCLES ET QUADRICYCLES À MOTEUR	VOITURES	VÉHICULES UTILITAIRES LÉGERS	POIDS LOURDS, AUTOBUS ET AUTOCAR
Électrique	Véhicules électriques et hydrogène			
1	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	Diesel	Essence
1	EURO 4 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
2	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
3	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 III et IV du 1 ^{er} octobre 2001 au 30 septembre 2009
4	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	-
5	-	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	-
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

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

Annexe 2

Éléments méthodologiques relatifs à la modélisation de l'impact de la ZFE-m sur le trafic routier (source DRIEA)

L'étude de trafic réalisée par la DRIEA comporte trois objectifs :

- Fournir des résultats en termes de trafic exploitables par Airparif pour estimer les impacts des scénarios sur la qualité de l'air ;
- Estimer l'impact des scénarios sur les volumes de reports modaux de la route vers les transports en commun ;
- Analyser l'impact des scénarios sur les volumes et les conditions de trafic afin de mettre en avant d'éventuels risques de recharge du réseau à l'extérieur des périmètres (report de trafic).

Modèle de déplacements utilisé

La modélisation des déplacements est faite à l'aide du modèle régional MODUS de déplacements de la DRIEA. Ce modèle représente une moyenne horaire des déplacements en heure de pointe. Il repose sur des hypothèses de répartition de la population et des emplois dans la région, qui sont, dans le cadre de cette étude, des hypothèses aux horizons 2015 et 2020 transmises par le STIF en 2015.

Le modèle de déplacements de la DRIEA représente cartographiquement les charges présentes et futures des arcs routiers et des lignes de transports en commun de la région (plusieurs dizaines de milliers au total). Il peut faire ces projections à différents horizons temporels, prenant en compte les évolutions du réseau routier, les projets de transports en commun (métro, tramways, trains, RER, bus) et les développements de logements et de zones d'activités sur environ 1300 zones géographiques couvrant toute la région.

Pour l'étude de la zone à basses émissions, le modèle a été affiné en décrivant le parc automobile parisien et le parc automobile régional hors Paris, et en distinguant les déplacements concernés par les restrictions de circulation dans Paris.

Réseaux routier et de transports en commun

L'étude d'impact de la zone à basses émissions prend en compte la description du réseau de transport en commun ainsi que son évolution de 2015 à 2020.

Le réseau routier considéré correspond à une description mise à jour entre 2007 et 2013 pour la région francilienne, à l'exception du réseau routier parisien dont la description est plus moderne et correspond à sa situation en 2015.

Les projets affectant le réseau routier entre 2015 et 2020 (dont notamment la piétonisation de la voie sur berge rive droite, et les différents projets routiers à Paris) ne sont pas pris en compte dans l'étude.

Les scénarios de Zone à faibles émissions

Une hypothèse majeure concernant le taux de renouvellement du parc automobile a été prise en compte dans cette étude pour chaque scénario de ZFE-m. Après concertation avec les différents partenaires, celui-ci a été fixé à 70 %, uniquement pour les flux de véhicules concernés par la ZFE- m

et ayant leur origine et/ou leur destination dans la ZFE-m. Les véhicules en transit dans la ZFE-m (qui n'ont ni leur origine de déplacement ni leur destination dans la ZFE-m) ne sont pas renouvelés du fait de l'instauration de la mesure ; on suppose qu'un itinéraire ou un mode de déplacement alternatif est choisi pour les déplacements concernés.

Annexe 3

Description du modèle développé pour la reconstitution des concentrations en proximité du trafic

Il s'agit d'un modèle statistique construit à partir des résultats des modèles ADMS³² (modèle de dispersion atmosphérique) et HEAVEN (modèle de calcul des émissions du trafic routier) calculés dans le cadre de l'étude ZBE de la Mairie de Paris³³. Ce jeu de données a servi d'entraînement au modèle pour reconstituer les gains en concentrations attendus lors de la mise en place de la ZFE- m métropolitaine.

Les concentrations sont reconstituées par régressions linéaires, en chaque maille du domaine. Le modèle permet de reconstituer les concentrations :

- pour les mailles directement influencées par le trafic (i.e. lorsque qu'un brin de route traverse la maille)
- pour les mailles influencées par le trafic (i.e. lorsqu'une route se situe à moins de 300 m).

Pour les premières, la régression linéaire est faite directement entre des différences en émissions et des différences en concentrations. Les différences, en émissions comme en concentrations, sont le résultat d'un scénario ZFE-m auquel est soustrait le scénario fil de l'eau. Elles permettent de reconstituer les gains en concentrations attendus par la mise en place de la ZFE-m, pour chaque scénario étudié, par rapport au scénario de référence. Le calcul de l'écart type permet de reconstituer les concentrations en y associant un intervalle de confiance (Figure 37).

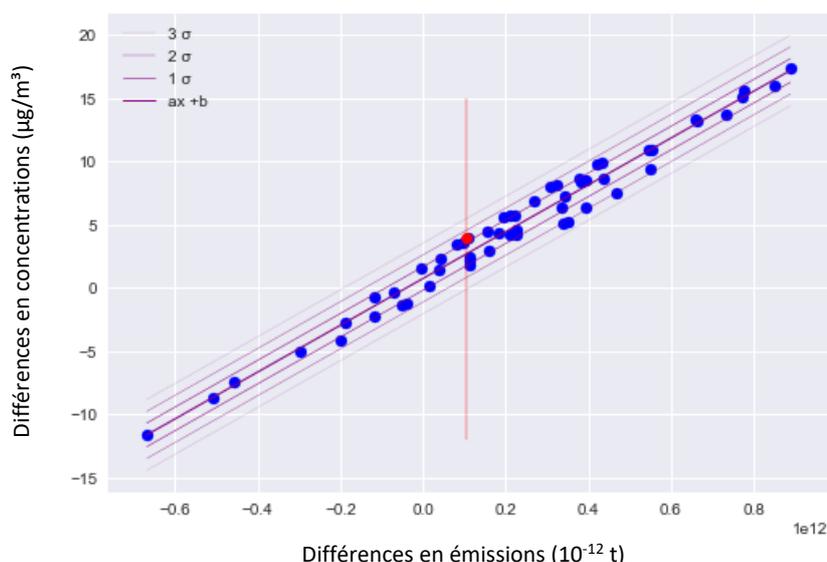


Figure 37 : Exemple de régression linéaire montrant la relation entre les différences en émissions (axe X, en 10⁻¹² t) et les différences en concentrations (axe Y, en µg/m³). Les points bleus sont les scénarios ayant servi à l'entraînement du modèle. Les différentes lignes violettes parallèles à la régression linéaire représentent les intervalles de confiance associés à la prédiction du modèle pour la maille considérée. La ligne rouge est la différence en concentration que le modèle cherche à reconstituer à partir de la différence en émissions connue (ligne rouge).

³² Atmospheric Dispersion Modeling System (ADMS) est un modèle de calcul de la dispersion atmosphérique développé par Cambridge Environmental Research Consultant

³³ Rapport Airparif, « Zone à Basses Émissions dans l'agglomération parisienne », mars 2018
http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/Rapport_ZBE_2016-2019_070518.pdf

Concernant les mailles influencées, leurs émissions de trafic étant nulles, il n'est pas possible de faire un lien direct entre les données de concentration attendues et les données d'émissions de la maille. Un autre maillage, plus large, a été utilisé (Figure 38). Il permet d'avoir au moins un brin de route dans chaque maille, et donc une valeur en émissions.

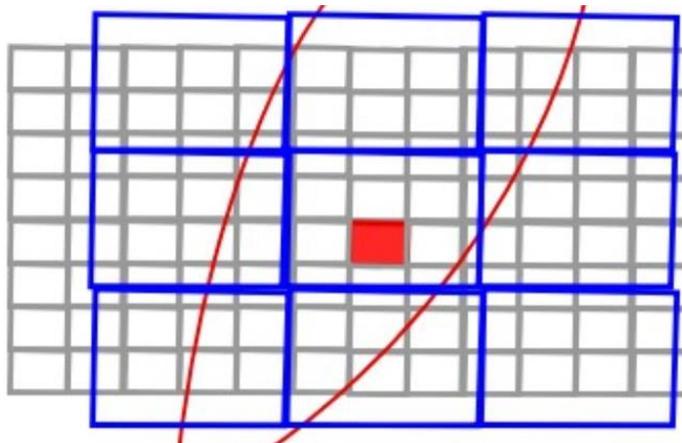
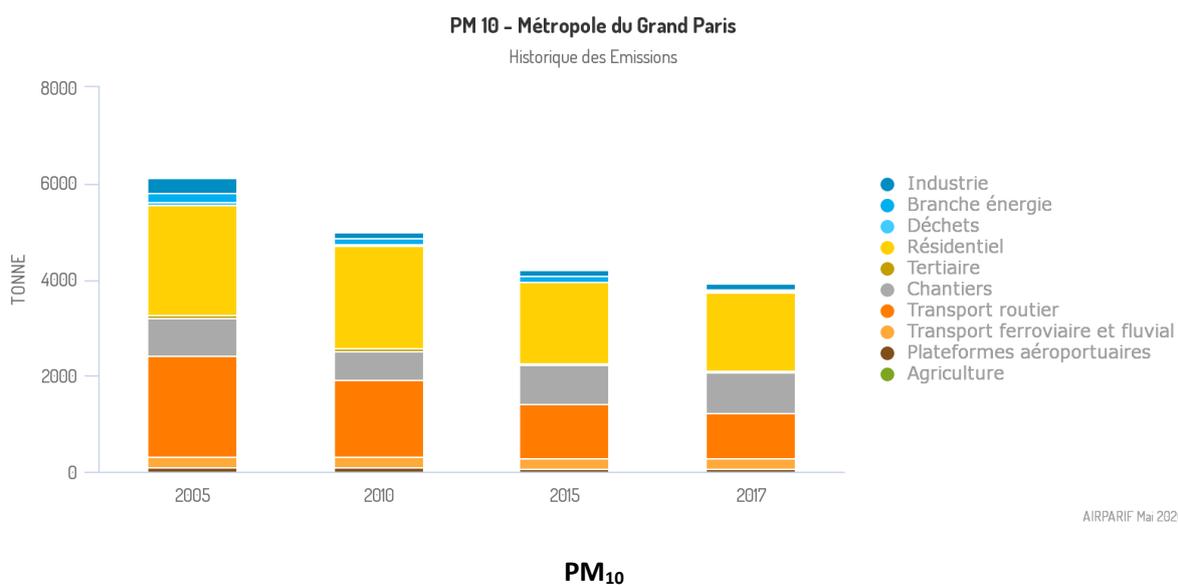
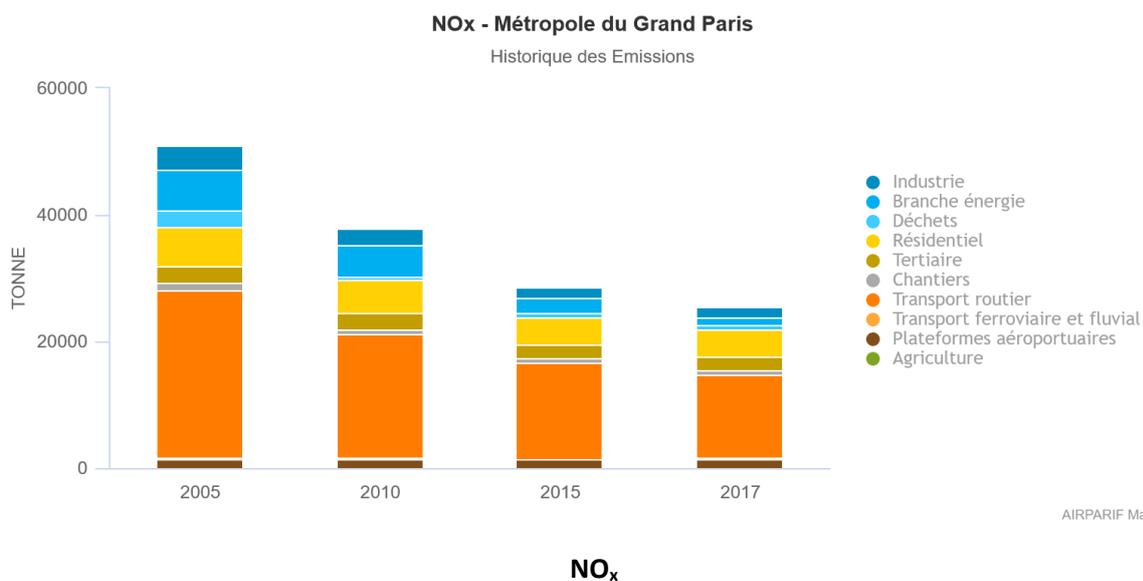


Figure 38 : Illustration du traitement des mailles influencées.

Dans l'exemple de la figure ci-dessus, pour déterminer les gains en concentrations, les émissions considérées sont celles de la maille bleue incluant la maille rouge. La régression linéaire est effectuée sur la maille bleue centrale et les huit mailles adjacentes. On obtient ainsi neuf facteurs à partir desquels est reconstitué le gain en concentrations de la maille rouge. Un intervalle de confiance est également déterminé par le calcul des écarts types.

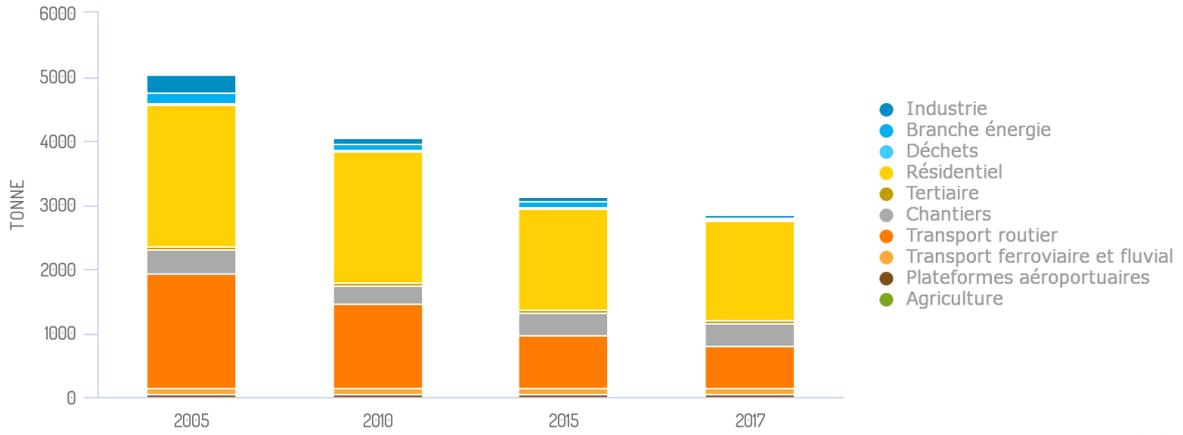
Annexe 4

Évolution des émissions de polluants et de GES entre 2005 et 2017



PM 2.5 - Métropole du Grand Paris

Historique des Emissions

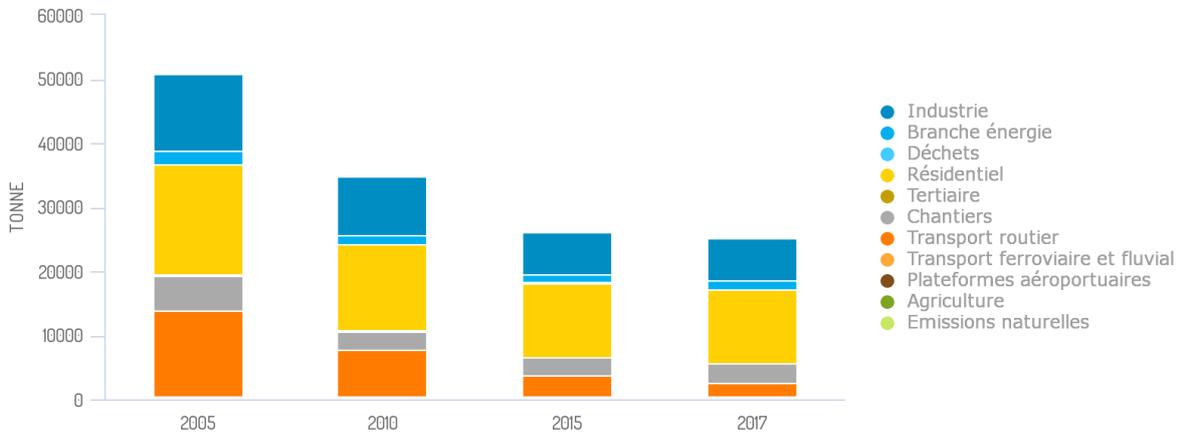


AIRPARIF Mai 2020

PM_{2.5}

COVNM - Métropole du Grand Paris

Historique des Emissions

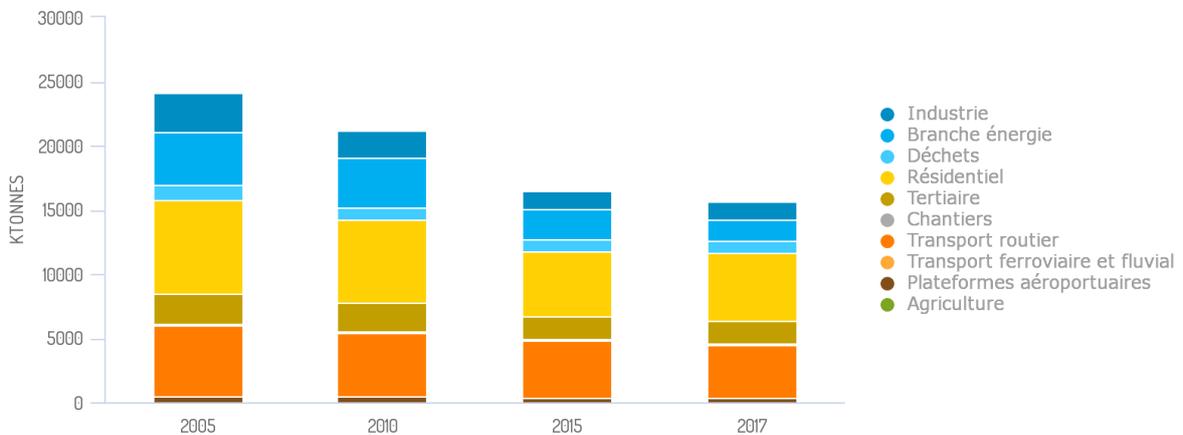


AIRPARIF Mai 2020

COVNM

GES - Métropole du Grand Paris

Historique des Emissions



AIRPARIF Mai 2020

GES

Annexe 5

Évolutions méthodologiques apportées aux cartes annuelles de pollution

Airparif a mené au cours de ces dernières années d'importants travaux de développement visant à faire évoluer la méthodologie des cartes de pollution annuelles, avec la préoccupation de maintenir ses missions réglementaires et d'améliorer ses outils pour répondre au mieux aux besoins des citoyens en leur délivrant une information sur la qualité de l'air la plus fine et précise possible en tout point de la région.

Depuis 2002, Airparif produit des cartes de concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO₂), en ozone (O₃), en particules (PM₁₀, PM_{2.5}) et en benzène (C₆H₆) à différentes échelles spatiales. Les cartographies résultantes présentent les niveaux annuels de pollution rencontrés en situation de fond (loin des sources directes d'émissions) et à proximité immédiate du trafic routier. Les zones d'influence directe des axes et la décroissance des concentrations en s'éloignant de ces derniers sont également prises en compte. La méthodologie de ces cartes repose sur l'exploitation conjointe des sorties de la plateforme inter-régionale de cartographie et de prévision de la qualité de l'air ESMEALDA et des observations aux stations de mesure d'Airparif, couplées à la modélisation des émissions du trafic routier menée par le système HEAVEN.

Une évolution de la méthodologie a été mise en œuvre pour 2019 afin de réaliser les cartographies à partir de la chaîne de calcul des Cartes Temps Réel³⁴.

Développée en 2014, cette chaîne de calcul permet de délivrer aux Franciliens une information sur les niveaux de polluants (NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃) en temps réel en tout point de la région heure par heure. Les cartes sont fournies à une résolution d'environ 10 m sur Paris, 25 m sur la petite couronne et 50 m sur la grande couronne.

Cet outil cartographique permet les utilisations suivantes :

- Suivre l'évolution spatiale et temporelle des niveaux de pollution heure par heure sur l'ensemble de la région hors et durant les épisodes de pollution : 6 250 000 points de calcul sont utilisés pour cartographier la région ;
- Réaliser des cartes de pollution sur une ou plusieurs périodes spécifiques (jour, mois, saison, année, ...);
- Calculer les dépassements des seuils réglementaires et des recommandations de l'OMS à tous les pas de temps ;
- Produire des cartes de pollution prenant en compte des événements particuliers et de visualiser l'impact de mesures locales ;
- Alimenter l'application mobile « Itiner'Air », qui permet aux Franciliens de connaître leur exposition à la pollution lors d'un trajet spécifique et de la réduire. Cette application utilise le système de géolocalisation du téléphone portable pour afficher les niveaux des polluants issus de ces cartes Temps Réel haute résolution.

³⁴ La chaîne de calcul des Cartes Temps Réel est basée sur un couplage du modèle de chimie-transport CHIMÈRE (LMD) et du logiciel de dispersion atmosphérique ADMS-Urban (CERC, NumTech), qui a fait l'objet d'une optimisation importante des équipes techniques d'Airparif.

Pour de plus amples informations sur ce système de cartographie, le lecteur est invité à se référer à la page Cartes Temps Réel disponible sur le site internet d’Airparif à l’adresse suivante : <http://www.airparif.asso.fr/indices/horair>

Depuis 2014, de nombreuses modifications ont été apportées à ce système de cartographie tant sur la qualité et la précision des résultats (meilleure représentation des niveaux de polluants en situation de fond, à proximité du trafic routier et dans les zones d’influence des axes) que sur les temps de calcul (pour une représentation des concentrations heure par heure sur une année complète).

Les cartes de concentrations moyennes annuelles en NO₂ et en particules (PM₁₀, PM_{2.5}) résultent de la compilation des cartes horaires issues de ce système. Les cartographies résultantes ont été comparées à celles issues de l’ancienne chaîne de cartographie et validées à partir des niveaux de polluants mesurés par les 70 stations de mesure d’Airparif.

Par ailleurs, plusieurs campagnes de mesure complémentaires ont été menées avec l’objectif de :

- décrire plus finement les concentrations des polluants pour divers environnements ;
- affiner et valider la précision des cartographies des différents systèmes d’un point de vue spatial et temporel ;
- vérifier les évaluations des dépassements des valeurs réglementaires réalisées par les outils cartographiques.

À titre d’exemple, Airparif a mené en 2018 une importante campagne de mesure du dioxyde d’azote (NO₂) en petite et grande couronne francilienne en vue de valider finement la cartographie de ce polluant au droit et au voisinage des grands axes routiers parisiens et régionaux (Airparif, 2020). À l’issue de ces travaux, la chaîne de cartographie utilisée jusqu’à maintenant pour les cartes annuelles de pollution a montré une sous-estimation des concentrations moyennes en NO₂ au droit des axes, notamment en grande couronne, tout en évaluant correctement les dépassements des valeurs réglementaires sur la plupart des sites instrumentés. Afin d’améliorer les niveaux modélisés sur ces axes, une mise à jour du modèle permettant de mieux représenter la dispersion des émissions liées au trafic routier et la mise en œuvre d’outils de corrections statistiques, déjà intégrés dans le système des cartes temps réel d’Airparif, ont été réalisés. Ces évolutions permettent d’améliorer sensiblement la modélisation des niveaux sur les axes de grande couronne (Figure 39) et ont été intégrées aux outils opérationnels d’Airparif depuis septembre 2019.

Les cartes ci-dessous montrent les niveaux obtenus en NO₂ avec les deux systèmes de cartographies lors de la campagne estivale NO₂ (05/06/18 au 03/07/19).

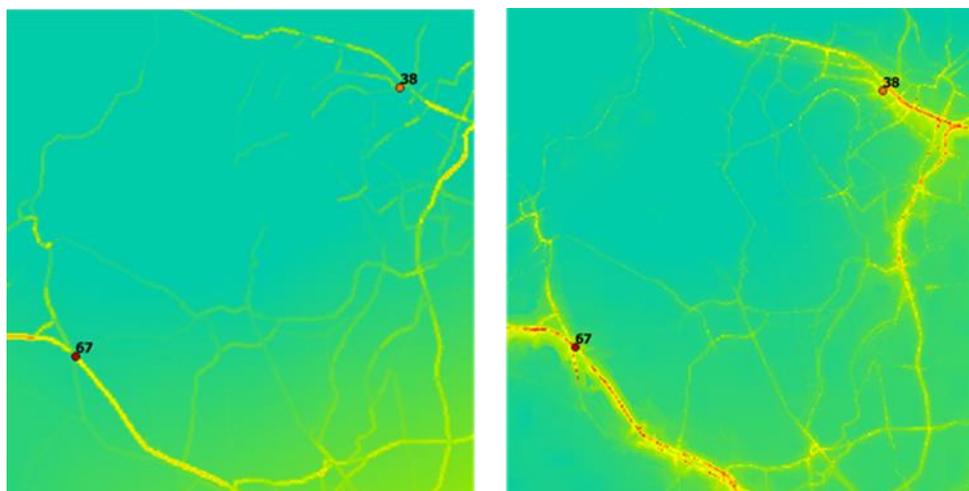


Figure 39 : Cartographies des concentrations moyennes en NO₂ sur la campagne estivale 2018 avant et après mise à jour des outils de cartographie dans la zone de Cergy et de Chapet (Val-d’Oise)

À gauche, le système utilisé pour les cartes annuelles jusqu'en 2018. À droite, le système Temps Réel utilisé pour la carte 2019. Les niveaux mesurés lors de la campagne estivale de 38 et 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites respectifs de Cergy et Chapet (Val-d'Oise) sont mieux évalués par le système Temps Réel.

Ces évolutions méthodologiques n'ont aucunement remis en cause les informations délivrées sur l'évaluation des dépassements des valeurs réglementaires, ainsi que les indicateurs de population et de superficie y étant associés. Elles ont néanmoins potentiellement pu induire une augmentation des kilomètres de voirie cumulés associés aux dépassements des normes réglementaires, en raison d'une meilleure estimation des niveaux au droit des axes routiers majeurs en grande couronne. La plupart de ces axes ont fait l'objet d'aménagements urbains afin de protéger la population en évitant leur passage au voisinage des habitations (contournements de villes, aménagements de merlons paysagers, de murs anti-bruits, ...). Ces axes présentant ainsi peu de population à proximité immédiate, le nombre de personnes exposées aux dépassements est par conséquent très peu affecté.

Annexe 6

Sources de données relatives au parc technologique

Le **CITEPA** produit chaque année un état du parc technologique de l'année N-2 au niveau national. Ce parc présente les contributions au trafic routier français de chaque type de véhicule pour 3 typologies d'axes (urbain, route et autoroute). Ce parc de référence est utilisé d'une part par le CITEPA pour le calcul des émissions du trafic routier à l'échelle française mais aussi par la plupart des AASQA pour la construction des inventaires des émissions régionaux. Par ailleurs, le CITEPA propose la déclinaison prospective de ce parc avec une méthodologie cohérente.

Cette source de données présente les avantages d'être mise à jour annuellement aussi bien pour les années passées que pour les projections et constitue l'une des références pour le calcul des émissions aux échelles nationale et régionale. Cependant les parcs locaux peuvent sensiblement différer des parcs nationaux que ce soit sur la répartition des véhicules (parc statique) que sur leur usage (parc roulant).

L'**IFSTTAR** produit également des parcs technologiques à l'échelle nationale avec un niveau de précision (types de véhicules et d'axes) comparables à ceux du CITEPA. Ces données constituent également une référence au niveau français et alimentent l'outil de calcul des émissions HBEFA. Ces parcs existent également pour des états prospectifs. De la même manière que les parcs CITEPA, ces données nationales nécessitent d'être adaptées pour la description d'un parc local tel que celui de Paris.

Par ailleurs, l'**IFSTTAR** a piloté le projet de recherche **ZAPARC** dont un but était d'améliorer la connaissance des parcs automobiles dans l'agglomération parisienne afin d'évaluer l'impact des scénarios de réduction de la pollution de l'air. Pour cela, des observations vidéos du trafic routier ont été réalisées en 2013 et ont permis d'échantillonner près de 560 000 véhicules sur 9 sites répartis à Paris, sur le boulevard périphérique, dans le département des Hauts-de-Seine ainsi que dans le département de la Seine-Saint-Denis sur des périodes d'observation allant de 2 à 10 jours. Les résultats de cette étude permettent donc de dresser directement des parcs aux échelles de Paris, du Boulevard périphérique et de la banlieue parisienne.

En novembre 2014 et 2016, la Mairie de Paris a fait réaliser des enquêtes plaques sur des points représentatifs de la circulation de Paris intra-muros et du Boulevard périphérique. Près de 35 000 relevés de plaques exploitables ont été effectués manuellement et les caractéristiques des véhicules ont été déterminées après un rapprochement avec la base de données des certificats d'immatriculations, communément appelés « cartes grises ». Lors du relevé des plaques, la silhouette du véhicule a également été notée afin d'être validée après le travail de comparaison avec les données « cartes grises ». Le mode opératoire de cette enquête consistait à relever les plaques d'immatriculation à l'arrière des véhicules afin de caractériser également les deux-roues motorisés. Cette méthodologie n'était cependant pas adaptée à la caractérisation des camions car les semi-remorques disposent d'une plaque spécifique à l'arrière de la remorque et d'une plaque spécifique à l'avant du tracteur. Par conséquent, le relevé de plaques à l'arrière ne permet pas de caractériser les puissances et normes euro associées au tracteur des semi-remorques. Par ailleurs, aucun transport en commun n'a été relevé lors de cette étude. En conclusion, cette « enquête plaques » permet de disposer d'une bonne photographie du parc technologique parisien pour les véhicules particuliers, les véhicules utilitaires et les deux-roues motorisés. La caractérisation des poids lourds et des bus dans Paris doit cependant faire appel à une autre source de données.

En octobre 2018, la Métropole du Grand Paris a fait réaliser une enquête plaques à l'aide de caméras. Cette enquête, menée durant deux semaines, a été déployée sur 12 points de mesures et a permis d'identifier 7.0 millions de véhicules, dont 1.6 million de plaques uniques. De même, le rapprochement avec

la base de données des certificats d'immatriculation est nécessaire pour déterminer les caractéristiques des véhicules.

Dans le cadre de cette étude, **Ile-de-France Mobilités** a fourni les répartitions moyennes par norme euro des flottes de bus RATP et OPTILE de 2004 à 2014. Des éléments prospectifs liés au programme de renouvellement des bus et aux objectifs internes d'hybridation, de passage au gaz naturel et d'électrification des lignes de bus ont également été étudiés.

Annexe 7

Gains en émissions et part des kilomètres parcourus par les véhicules concernés par la restriction de circulation associée à la 2^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine, dans la zone intra A86

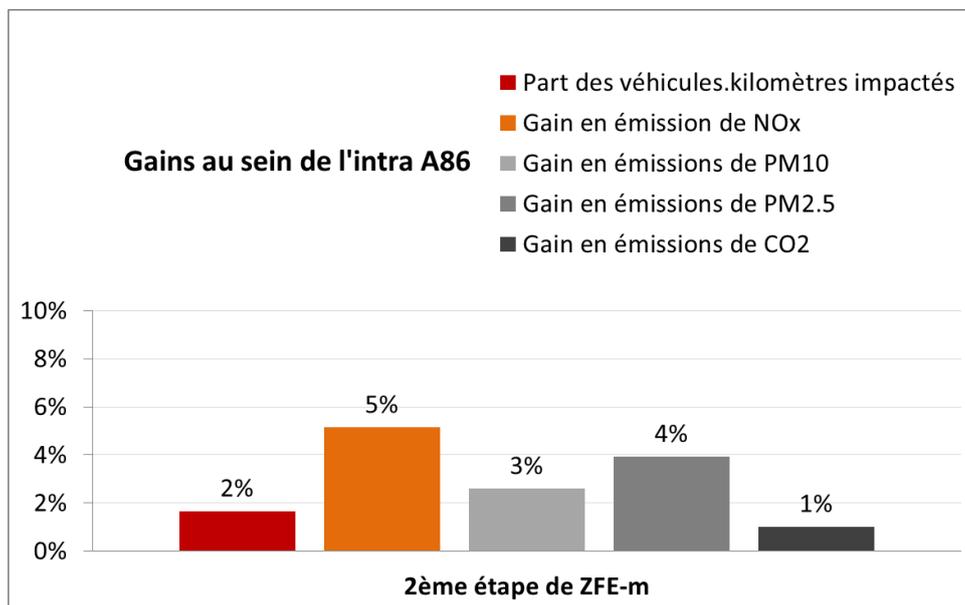


TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Axes routiers modélisés de la ZFE-m métropolitaine (en rouge) dans le périmètre délimité par l'autoroute urbaine A86.....	10
Figure 2 : Exemple du principe de modélisation des résultats de cartographie de la qualité de l'air (c) issus du croisement de la modélisation des niveaux de fond (a) et de l'impact issu du trafic routier (b).	12
Figure 3 : Contribution des secteurs d'activité aux émissions d'oxydes d'azote (NO _x en équivalent NO ₂) dans la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017.	17
Figure 4 : Contribution des différents véhicules aux émissions d'oxydes d'azote (a) et répartition des kilomètres parcourus selon les véhicules (b) au sein de la Métropole du Grand Paris en 2017.	18
Figure 5 : Contribution par secteur d'activité (a) et détail des contributions au sein du trafic routier (b) aux émissions primaires de particules (PM ₁₀) dans la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017.	19
Figure 6 : Contribution par secteur d'activité (a) et détail des contributions au sein du trafic routier (b) aux émissions primaires de particules (PM _{2,5}) dans la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017.	21
Figure 7 : Contribution par secteur d'activité (a) et détail des contributions au sein du trafic routier (b) aux émissions primaires de COVNM dans la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017.....	23
Figure 8 : Contribution par secteur d'activité (a) et détail des contributions au sein du trafic routier (b) aux émissions de CO ₂ dans la Métropole du Grand Paris pour l'année 2017.....	24
Figure 9 : Concentration moyenne annuelle de dioxyde d'azote (NO ₂) sur l'Île-de-France (à gauche) et zoom sur la Métropole du Grand Paris (à droite) pour l'année 2019.....	25
Figure 10 : Évolution de la concentration moyenne annuelle de NO ₂ entre 2015 et 2019 dans la Métropole du Grand Paris.....	26
Figure 11 : Évolution de la concentration moyenne 3 ans en NO ₂ des stations de trafic situées dans la Métropole du Grand Paris.....	27
Figure 12 : Évolution de la concentration moyenne 3 ans en NO ₂ des stations fond situées dans la Métropole du Grand Paris.....	28
Figure 13 : Nombre de jours de dépassement du seuil de 50 µg/m ³ en moyenne journalière pour les particules PM ₁₀ sur l'Île-de-France (à gauche) et zoom sur la Métropole du Grand Paris (à droite) pour l'année 2019.....	28
Figure 14 : Concentration moyenne annuelle de particules PM ₁₀ sur l'Île-de-France (à gauche) et zoom sur la Métropole du Grand Paris (à droite) pour l'année 2019.....	29
Figure 15 : Nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m ³ en PM ₁₀ de 2015 à 2019 dans la Métropole du Grand Paris.....	30
Figure 16 : Évolution de la concentration moyenne 3 ans en particules PM ₁₀ mesurée sur les stations trafic dans la Métropole du Grand Paris	31
Figure 17 : Concentration moyenne annuelle de particules PM _{2,5} sur l'Île-de-France (à gauche) et zoom sur la Métropole du Grand Paris (à droite) pour l'année 2019.....	31
Figure 18 : Évolution de la concentration moyenne annuelle de PM _{2,5} entre 2015 et 2019 dans la Métropole du Grand Paris.....	32

Figure 19 : Évolution de la concentration moyenne 3 ans en particules PM _{2.5} mesurée sur les stations trafic dans la Métropole du Grand Paris	33
Figure 20 : Concentration moyenne annuelle de benzène sur l'Île-de-France (à gauche) et zoom sur la Métropole du Grand Paris (à droite) pour l'année 2019.	33
Figure 21: Évolution de la concentration moyenne annuelle de benzène entre 2015 et 2019 dans la Métropole du Grand Paris.....	34
Figure 22 : Évolution de la concentration moyenne 3 ans de benzène mesurée sur les stations trafic dans la Métropole du Grand Paris.....	35
Figure 23 : Réseau routier pris en compte pour le calcul des émissions liées au trafic routier (Source : DRIEA – traitement et image Airparif).	36
Figure 24 : Profils mensuels (a) et hebdomadaires (b) du trafic routier, par zone (Paris intramuros, Bd Périphérique, Autoroutes et Routes).Source : Airparif d'après les données DRIEA, DIRIF et Ville de Paris.	37
Figure 25 : Parc roulant appliqué les jours ouvrés (JO) sur les axes urbains, selon les heures de la journée.	39
Figure 26 : Parcs technologiques par type de véhicule et catégorie Crit'Air. À gauche : parc parisien (2016) ; à droite : parc francilien hors Paris (2018).....	42
Figure 27 : Part des véhicules.kilomètres à Paris (1), zoom sur le Boulevard périphérique (BP) (2), dans l'intra A86 hors Paris (3), et en dans l'intra A86 entière (4), pour la situation de référence (à gauche) et le scénario de ZFE-m (à droite).	46
Figure 28 : Part des véhicules.kilomètres potentiellement touchés sur le boulevard périphérique (à gauche), au sein de l'A86 hors Paris (au milieu), et dans l'intégralité du périmètre intra A86 (à droite) par la mise en œuvre de la 2 ^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine.	48
Figure 29 : Gains en émissions et part des kilomètres parcourus par les véhicules concernés par la restriction de circulation de la 2 ^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine, au sein de l'A86 hors Paris.	49
Figure 30 : Gains en émissions et part des kilomètres parcourus par les véhicules concernés par la restriction de circulation, de la 2 ^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine, sur le boulevard périphérique.	50
Figure 31 : Ratio entre les gains en émissions attendus avec la mise en œuvre de la 2 ^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine et la part des kilomètres concernés par la restriction de circulation, au sein de l'intra A86	51
Figure 32 : Gains en émissions et part des kilomètres parcourus par les véhicules concernés par la restriction de circulation de la 2 ^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine, en dehors du périmètre de l'A86.	52
Figure 33 : Ratio entre les gains en émissions attendus avec la mise en œuvre de la 2 ^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine et la part des kilomètres concernés par la restriction de circulation, en dehors du périmètre de l' autoroute A86	53
Figure 34 : Cartographies des niveaux moyens annuels de NO ₂ (en haut), de PM ₁₀ (au milieu) et de PM _{2.5} (en bas) en µg/m ³ , dans le périmètre de la Francilienne, pour la situation de référence (à gauche), la 2 ^{ème} étape de ZFE-m métropolitaine (au milieu) et différences de concentrations entre le scénario de ZFE-m et la situation de référence (à droite).	57
Figure 35 : Gain de population résidant dans la Métropole du Grand Paris.....	58

Figure 36 : Gain à proximité immédiate du trafic routier au sein de l’Île-de-France,.....	59
Figure 37 : Exemple de régression linéaire sur une maille de proximité au trafic. Le point rouge est la différence en concentration que le modèle cherche à reconstituer à partir de la différence en émissions connue (ligne rouge). Les points bleus sont les scénarios ayant servi à l’entraînement du modèle. Les différentes lignes violettes parallèles à la régression linéaire représentent les intervalles de confiance associés à la prédiction du modèle pour la maille considérée.....	65
Figure 38 : Illustration du traitement des mailles influencées.....	66
Figure 39 : Cartographies des concentrations moyennes en NO2 sur la campagne estivale 2018 avant et après mise à jour des outils de cartographie dans la zone de Cergy et de Chapet (Val-d’Oise).....	70