



Bilan de la qualité de l'air Année 2019

SURVEILLANCE ET INFORMATION EN ÎLE-DE-FRANCE



SURVEILLANCE ET INFORMATION SUR LA QUALITÉ DE L'AIR EN ÎLE-DE-FRANCE BILAN ANNÉE 2019

Conformément à [l'arrêté du 19 avril 2017 relatif au dispositif de surveillance de la qualité de l'air ambiant](#), le présent rapport décrit et commente les données de qualité de l'air de l'année 2019 en Île-de-France pour l'ensemble des polluants réglementés et les tendances observées sur le moyen et long terme. Les données sont comparées aux normes et recommandations de qualité de l'air en vigueur.

Les données statistiques relatives aux mesures de polluants, les cartes annuelles de pollution sont rendues publiques sous licence OdbL et librement accessibles depuis le site internet d'Airparif, son portail open-data et le site [data.gouv.fr](#). Airparif ne peut en aucune façon être tenue pour responsable des interprétations, travaux intellectuels ou de toute publication utilisant ses données et ses rapports, pour lesquels Airparif n'aurait pas donné son accord préalable.

Toutes les données et informations météorologiques intégrées au présent rapport ont été fournies par la Direction Interrégionale Île-de-France Centre (DIRIC) de Météo-France ou sont disponibles sur le site [www.meteofrance.com](#).

Photo de couverture : cartographie de la concentration annuelle en NO₂ – 2019 (Données Airparif – Images Google Earth et Landsat)

Pour nous contacter

AIRPARIF - Observatoire 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](#)

SOMMAIRE

I. POLLUTION CHRONIQUE : LA QUALITÉ DE L'AIR PAR POLLUANT EN 20199

SITUATION DE L'ÎLE-DE-FRANCE PAR RAPPORT AUX NORMES ET RECOMMANDATIONS DE QUALITÉ DE L'AIR POUR LES DIFFÉRENTS POLLUANTS RÉGLEMENTÉS.....	10
---	----

POLLUANTS DÉPASSANT LES NORMES ET RECOMMANDATIONS DE QUALITÉ DE L'AIR DE FAÇON RÉCURRENTÉ 11

PARTICULES PM ₁₀	12
SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	12
ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE.....	17
RECORDS HISTORIQUES.....	19

PARTICULES PM _{2.5}	20
SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	20
ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE.....	22
RECORDS HISTORIQUES.....	23

MESURE DU CARBONE SUIE.....	24
LA MESURE HISTORIQUE : LA MÉTHODE DES FUMÉES NOIRES	24
MESURE DU CARBONE SUIE PAR AETHALOMÈTRE	25

VERS UNE CONNAISSANCE APPROFONDIE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES PARTICULES EN TEMPS RÉEL27

DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂).....	30
SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	30
ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE.....	34
RECORDS HISTORIQUES.....	36

OZONE (O ₃).....	38
SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	38
ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME POUR LA PROTECTION DE LA SANTÉ	42
RECORDS HISTORIQUES.....	45

BENZÈNE (C ₆ H ₆).....	47
SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	47
ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE.....	49

AUTRES HYDROCARBURES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES (HAM).....	51
---	----

POLLUANTS NE DÉPASSANT PAS LES NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR52

BENZO(A)PYRÈNE.....	52
SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	52
ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME	53

AUTRES HAP.....	55
-----------------	----

MÉTAUX : PLOMB, ARSENIC, CADMIUM ET NICKEL.....	57
SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION ET ÉVOLUTION SUR LE LONG TERME	57

MONOXYDE DE CARBONE.....	60
SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	60
ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME	61
RECORDS HISTORIQUES.....	61

DIOXYDE DE SOUFRE.....	62
SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	62
ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME	63
RECORDS HISTORIQUES.....	63

LES ALDÉHYDES.....	64
--------------------	----

AUTRES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS PRÉCURSEURS DE L'OZONE.....	65
---	----

II. ÉPISODES DE POLLUTION.....	66
PROCEDURE D'INFORMATION ET D'ALERTE REGIONALE	66
RETOUR SUR LES EPISODES DE POLLUTION AUX PM ₁₀ DE FEVRIER 2019.....	69
RETOUR SUR LES EPISODES DE POLLUTION A L'OZONE (O ₃) DE JUILLET 2019	71
INDICE DE QUALITE DE L'AIR REGLEMENTAIRE ATMO.....	72
INDICES DE QUALITE DE L'AIR EUROPEENS CITEAIR	74
III. BILAN MÉTÉOROLOGIQUE 2019 EN ÎLE-DE-FRANCE.....	75
ANNEXES	78
ANNEXE 1 : LEGISLATION RELATIVE A LA QUALITE DE L'AIR AMBIANT APPLICABLE EN 2019	78
ANNEXE 2 : LA PROCEDURE D'INFORMATION ET D'ALERTE EN REGION ÎLE-DE-FRANCE.....	82
ANNEXE 3 : ÉVOLUTIONS METHODOLOGIQUES APPORTEES AUX CARTES ANNUELLES DE POLLUTION	83
ANNEXE 4 : SUPERFICIE ET KILOMETRAGES CUMULES DE VOIES ROUTIERES CONCERNES PAR UN DEPASSEMENT DES SEUILS REGLEMENTAIRES EN ÎLE-DE-FRANCE ENTRE 2007 ET 2019	87
PARTICULES PM ₁₀	87
DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	88
ANNEXE 5 : DEFINITION DE LA ZONE SENSIBLE (ZAS) EN ÎLE-DE-FRANCE	89
RÉFÉRENCES.....	93
TABLE DES FIGURES	95

2019 : UNE QUALITÉ DE L'AIR QUI S'AMÉLIORE

À l'exception de l'ozone, la baisse tendancielle des niveaux de pollution chronique pour le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules (PM₁₀, PM_{2.5}) se poursuit et l'intensité de dépassement des normes se réduit d'année en année. Une baisse notable de la population exposée à des dépassements de la valeur limite pour le NO₂ est observée, des axes routiers majeurs étant passés sous ce seuil. Les concentrations de particules PM₁₀ et de dioxyde d'azote en Île-de-France restent encore problématiques, avec des dépassements récurrents des valeurs limites réglementaires.

La diminution des niveaux de dioxyde d'azote (NO₂) dans l'agglomération parisienne se poursuit en 2019. Ceci est cohérent avec la baisse des émissions franciliennes d'oxydes d'azote (trafic routier, industries, chauffage). À proximité du trafic routier, si sur les axes les plus chargés (Boulevard Périphérique, Autoroute A1, ...) les niveaux moyens en NO₂ sont toujours près de deux fois supérieurs à la valeur limite annuelle (fixée à 40 µg/m³), **des axes routiers passent pour la première fois sous ce seuil. En 2019, environ 500 000 franciliens sont potentiellement exposés au dépassement de la valeur limite annuelle en NO₂, dont 10 % des parisiens.**

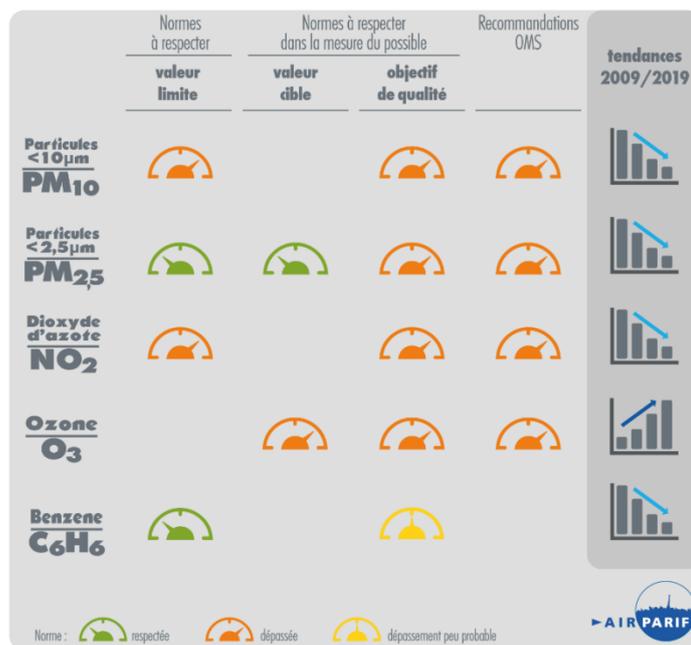
Malgré une tendance à l'amélioration ces dernières années, les valeurs limites journalières et annuelles pour les particules PM₁₀ sont toujours dépassées à proximité du trafic routier, sur certains axes de circulation majeurs. En 2019, **moins de 1 % des habitants situés dans l'agglomération parisienne et résidant au voisinage des grands axes de circulation sont potentiellement concernés par un dépassement de la valeur limite journalière pour les particules PM₁₀** (35 jours maximum supérieurs à 50 µg/m³). En revanche, **plus des ¾ des Franciliens sont exposés à un dépassement des recommandations de l'OMS** (3 jours maximum supérieurs à 50 µg/m³).

Pour les particules fines PM_{2.5}, la valeur limite et la valeur cible sont respectées. En revanche, **les niveaux moyens annuels sont toujours largement supérieurs aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). En 2019, la quasi-totalité des Franciliens sont concernés par un dépassement des recommandations de l'OMS** (3 jours maximum supérieurs à 25 µg/m³).

Pour l'ozone (O₃), l'objectif de qualité relatif à la protection de la santé (seuil de 120 µg/m³ sur une période de 8 heures, à ne pas dépasser dans l'année) **est dépassé en tout point de la région en 2019. C'est également le cas du seuil recommandé par l'OMS** (100 µg/m³ à ne pas dépasser sur une période de 8 heures). L'intensité de ces dépassements est très dépendante des conditions météorologiques estivales, notamment de la température et de l'ensoleillement. L'ozone est le seul polluant pour lequel les tendances annuelles ne présentent pas d'amélioration.

Après une longue période de forte baisse amorcée à la fin des années 1990, les niveaux de benzène continuent de diminuer lentement et tendent à se stabiliser sur l'ensemble de la région (tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier). La valeur limite annuelle (fixée à 5 µg/m³) est respectée en tout point de l'Île-de-France. Toutefois, il peut exister un risque faible et ponctuel de dépassement de l'objectif annuel de qualité (2 µg/m³). **Moins de 1 % des Franciliens, situés dans l'agglomération parisienne et habitant au voisinage du trafic routier, pourraient potentiellement être concernés par le dépassement de ce seuil.**

La Figure ci-dessous résume les tendances et la situation de l'année 2019 vis-à-vis des normes réglementaires et des recommandations de l'OMS.



Le nombre d'épisodes de pollution est en légère hausse par rapport à l'année 2018. Les premiers mois de l'année 2019 sont 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 sont enregistrés sur cette période**, dont 6 en février. **La période estivale a enregistré huit journées de dépassement du seuil d'information en ozone (O₃)** (dont 1 également en PM₁₀), **liées aux conditions caniculaires d'une intensité exceptionnelle survenues entre juin et août 2019.** L'année 2019 s'est clôturée par deux dépassements du seuil d'information pour les particules PM₁₀ en décembre, en raison d'une situation anticyclonique ayant induit une accumulation progressive des polluants émis par les sources locales (trafic routier, chauffage au bois).



I. POLLUTION CHRONIQUE :

LA QUALITÉ DE L'AIR PAR POLLUANT EN 2019

La qualité de l'air dépend majoritairement de l'intensité des émissions polluantes, ainsi que de la météorologie qui conditionne notamment la dispersion ou l'accumulation des polluants dans l'atmosphère.

Vent et pluie favorisent la dispersion, le brassage et le lessivage des polluants. En revanche, les situations anticycloniques persistantes, accompagnées d'une absence de vent au sol et de situations d'inversion de température entraînent une accumulation progressive des polluants émis en Île-de-France.

Le contexte météorologique peut également influencer les émissions, notamment celles liées au chauffage. En effet, les températures basses entraînent un recours plus important au chauffage, et engendrent par conséquent des émissions plus importantes. À l'inverse, un hiver doux réduira les émissions de polluants.

Les conditions météorologiques peuvent également placer l'Île-de-France sous l'influence d'une pollution en provenance des pays et des régions limitrophes. Les vents amènent alors des masses d'air chargées en particules et en précurseurs.

Les régimes continentaux sont fréquemment associés à des conditions météorologiques favorables à la formation de particules secondaires (en particulier le nitrate d'ammonium) sur de larges zones géographiques. Dans ces conditions, la contribution des émissions franciliennes à la pollution est variable et l'Île-de-France contribue alors également aux concentrations observées dans les régions limitrophes.

Les variations météorologiques interannuelles induisent donc une variation des teneurs des polluants.

Les tendances sur plusieurs années reflètent en revanche davantage l'évolution des émissions et l'effet des politiques publiques. Dans la plupart des cas, des tendances basées sur des moyennes glissantes sur 3 années permettent de réduire l'impact des variations météorologiques d'une année sur l'autre et de dégager des tendances en lien avec les émissions.

Selon les références françaises et européennes, une distinction est faite entre **les situations de fond (exposition minimale de la population¹**, loin des sources directes et représentant le niveau de pollution général d'un secteur géographique) **et les situations de proximité (exposition maximale de la population**, notamment près du trafic routier ou de sources d'émissions ponctuelles comme les industries).

¹ À l'exception de l'exposition à l'ozone

SITUATION DE L'ÎLE-DE-FRANCE PAR RAPPORT AUX NORMES ET RECOMMANDATIONS DE QUALITÉ DE L'AIR POUR LES DIFFÉRENTS POLLUANTS RÉGLEMENTÉS

La Figure 1 indique si, en 2019, les normes et recommandations de qualité de l'air (valeur limite, valeur cible et objectif de qualité) sont respectées ou dépassées en Île-de-France pour les différents polluants réglementés. Les détails sont présentés pour chaque polluant dans les paragraphes suivants.

	Normes à respecter		Normes à respecter dans la mesure du possible		Recommandations OMS
	valeur limite	valeur cible	objectif de qualité		
Particules < 10µm PM₁₀					
Particules < 2,5µm PM_{2,5}					
Dioxyde d'azote NO₂					
Ozone O₃					
Benzène C₆H₆					
Monoxyde de carbone CO					
Dioxyde de soufre SO₂					
Oxydes d'azote NO_x <small>(végétation)</small>					
Plomb Pb					
Arsenic					
autres Métaux <small>(Cadmium, Nickel)</small>					
Benzo(a)pyrene					

Norme : respectée dépassée dépassement peu probable

AIR PARIS

Figure 1 : situation des différents polluants réglementés par rapport aux normes et recommandations de qualité de l'air en Île-de-France en 2019

Les définitions des seuils réglementaires (valeur limite, valeur cible, objectif de qualité) et des recommandations OMS, ainsi que le détail de l'ensemble des normes de qualité de l'air européennes et françaises applicables en 2019 sont présentés dans l'Annexe 1.

POLLUANTS DÉPASSANT LES NORMES ET RECOMMANDATIONS DE QUALITÉ DE L'AIR DE FAÇON RÉCURRENTÉ

Particules

PM₁₀
PM_{2,5}

Les particules sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et de différentes tailles. Une distinction est faite entre les particules PM₁₀ (de diamètre inférieur à 10 µm) et les PM_{2,5} (de diamètre inférieur à 2,5 µm). Les particules PM₁₀ sont majoritairement formées de particules PM_{2,5} : en moyenne annuelle, les PM_{2,5} représentent environ 60 à 70 % des PM₁₀. Les sources de particules sont multiples. Il existe, d'une part, des rejets directs dans l'atmosphère. Les sources majoritaires de particules primaires sont le secteur résidentiel et tertiaire (notamment le chauffage au bois), le trafic routier, les chantiers et l'agriculture. Elles peuvent également être d'origine naturelle (feu de forêt, sables...). Les sources de particules sont, d'autre part, indirectes : transformations chimiques de polluants gazeux qui réagissent entre eux pour former des particules secondaires, transport à travers l'Europe, ou encore remise en suspension des poussières déposées au sol.



SANTÉ

Aux concentrations auxquelles sont exposées la plupart des populations urbaines et rurales des pays développés et en développement, les particules ont des effets nuisibles sur la santé. L'exposition chronique contribue à augmenter le risque de contracter des **maladies cardiovasculaires et respiratoires**, ainsi que des **cancers pulmonaires**.

Voir rapport de l'Anses - Particules de l'air ambiant extérieur - Effets sanitaires des particules de l'air ambiant extérieur selon les composés, les sources et la granulométrie.



ENVIRONNEMENT

Les effets de **salissure** et de dégradation des monuments et bâtiments constituent les atteintes à l'environnement les plus visibles.



TENDANCES 2009/2019



NORMES FRANÇAISES ET RECOMMANDATIONS OMS

PM ₁₀			
Valeur limite annuelle	Valeur limite journalière	Objectif de qualité	Recommandations OMS
40 µg/m ³ en moyenne annuelle	50 µg/m ³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 fois par an	30 µg/m ³ en moyenne annuelle	50 µg/m ³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an 20 µg/m ³ en moyenne annuelle
Dépassée	Dépassée	Dépassé	Dépassées

PM _{2,5}			
Valeur limite annuelle	Valeur cible	Objectif de qualité	Recommandations OMS
25 µg/m ³ en moyenne annuelle	20 µg/m ³ en moyenne annuelle	10 µg/m ³ en moyenne annuelle	25 µg/m ³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an 10 µg/m ³ en moyenne annuelle
Respectée	Respectée	Dépassé	Dépassées

Au-delà de l'évolution des émissions, l'impact des conditions météorologiques d'une année à l'autre est très marqué sur les niveaux de particules (PM₁₀ et PM_{2.5}) en raison de l'importance de la chimie atmosphérique et des phénomènes de transferts inter-régionaux pour ces polluants. En s'affranchissant des fluctuations météorologiques interannuelles, les teneurs en particules montrent une tendance à la baisse en Île-de-France entre 1999 et 2019. Après une période de stabilité, les niveaux de 2019 confirment la baisse enregistrée depuis 2012.

En moyenne, les niveaux sur l'année sont inférieurs à ceux mesurés en 2018. En revanche, le nombre de jours de dépassement du seuil de 50 µg/m³ pour les PM₁₀ y est sensiblement plus important, tant en situation de fond qu'à proximité du trafic, notamment en raison de conditions anticycloniques peu dispersives en début d'année. L'année 2019 a néanmoins connu des conditions météorologiques globalement favorables à une bonne qualité de l'air.

PARTICULES PM₁₀

SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÈGLEMENTATION

Valeur limite journalière (35 jours supérieurs à 50 µg/m³ autorisés)

La Figure 2 représente la carte du nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ en Île-de-France, avec un zoom sur l'agglomération parisienne pour l'année 2019. Ces cartographies ont été réalisées à partir du système de cartes en temps réel d'Airparif. Pour plus d'informations, le lecteur est invité à se référer à l'[Annexe 3](#) de ce bilan.

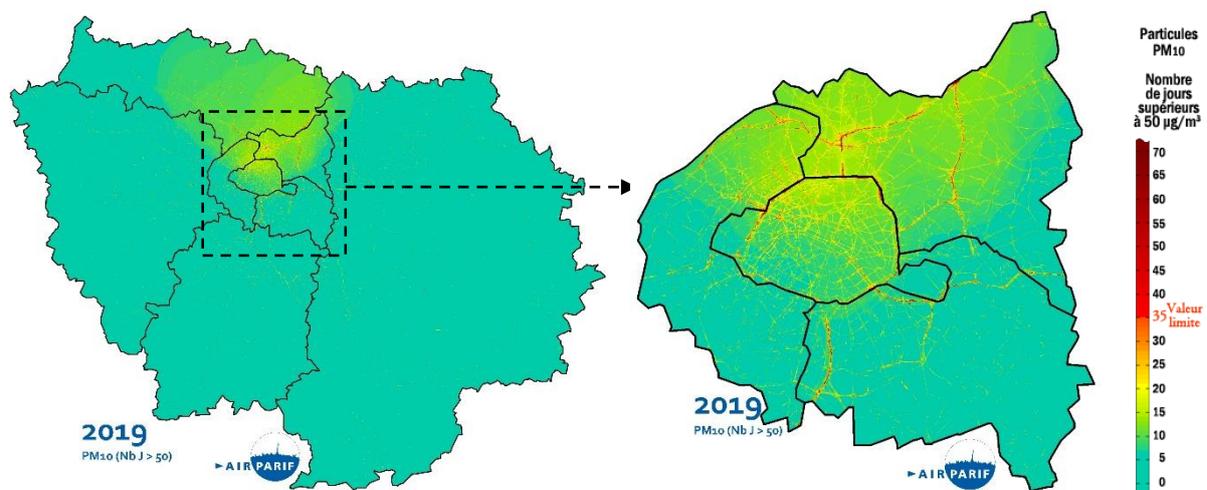


Figure 2 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ en particules PM₁₀ en Île-de-France, avec un zoom sur Paris et la petite couronne parisienne pour l'année 2019

Le nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ pour les PM₁₀ est beaucoup plus important qu'en 2018 : il est de 1 à 10 jours de dépassement sur les stations urbaines et périurbaines de fond (Figure 3), contre 1 à 2 jours en 2018. La majeure partie de ces dépassements a été observée durant le mois de février. Bien que les conditions météorologiques aient été globalement favorables à une bonne qualité de l'air sur l'ensemble de l'année, Février 2019 a enregistré l'un des plus importants nombres de jours où l'indice de qualité de l'air était médiocre, mauvais ou très mauvais (Figure 68). Ceci est essentiellement dû aux conditions météorologiques qui ont été propices d'une part, à l'augmentation des émissions locales de pollution (début de mois) et d'autre part, à la formation de particules secondaires (temps plus printanier à compter du milieu du mois de février).

En 2019, **le nombre de jour de dépassement a également augmenté sur presque l'ensemble des stations trafic** au regard de la situation en 2018. Néanmoins, ce nombre reste inférieur à la limite journalière sur la majorité des sites de mesure (Figure 3).

Au même titre que les années précédentes, **la valeur limite journalière** est largement respectée en situation de fond en 2019. **Elle est en revanche toujours dépassée à proximité du trafic routier. Ce dépassement est constaté en 2019 sur environ 2 % des axes routiers franciliens**, soit environ 180 km de voirie (Cf. Annexe 4).

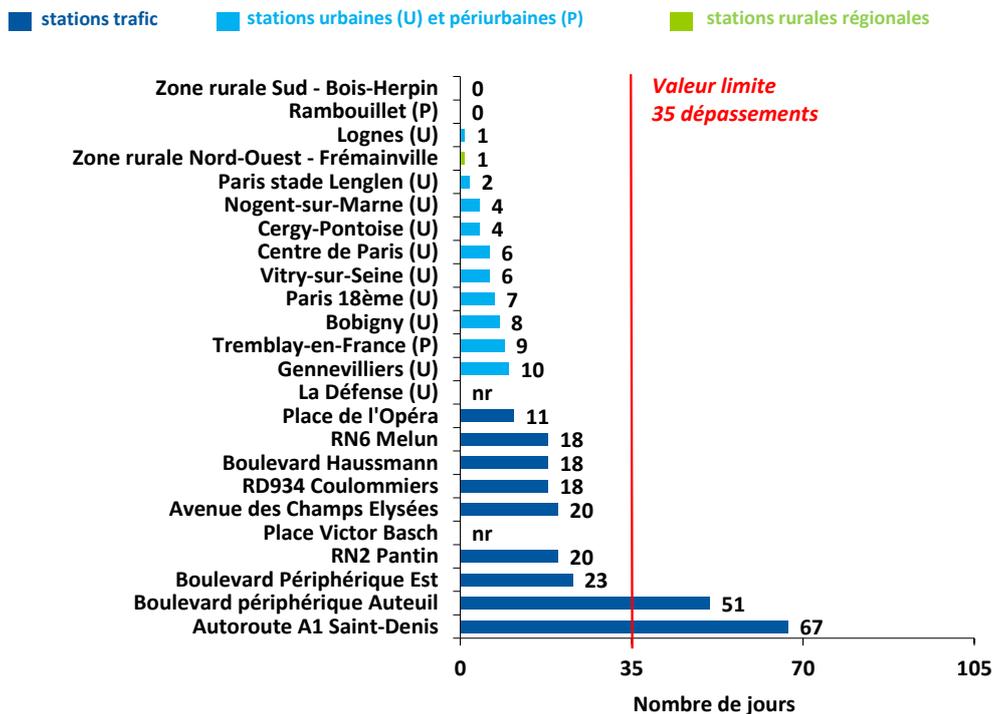


Figure 3 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ en particules PM₁₀ en Île-de-France en 2019
nr : non représentatif

Les cartographies permettent d'estimer le nombre d'habitants exposés suivant les différentes classes de concentrations mesurées en Île-de-France. Ces estimations sont réalisées sur la période 2007 à 2019. **Les variations interannuelles, parfois importantes, s'expliquent principalement par l'évolution des niveaux de fond, très dépendants du contexte météorologique, et des émissions de polluants.**

En 2019, moins de 1 % de la population francilienne est potentiellement exposée à un dépassement de la valeur limite journalière, contre plus de 40 % en 2007 (Figure 4).

Le nombre d'habitants potentiellement exposés à un dépassement de la valeur limite journalière (35 jours supérieurs à 50 µg/m³ autorisés) est l'un des plus faibles de tout l'historique 2007-2019; 2007 étant l'année où l'exposition des Franciliens a été la plus importante.

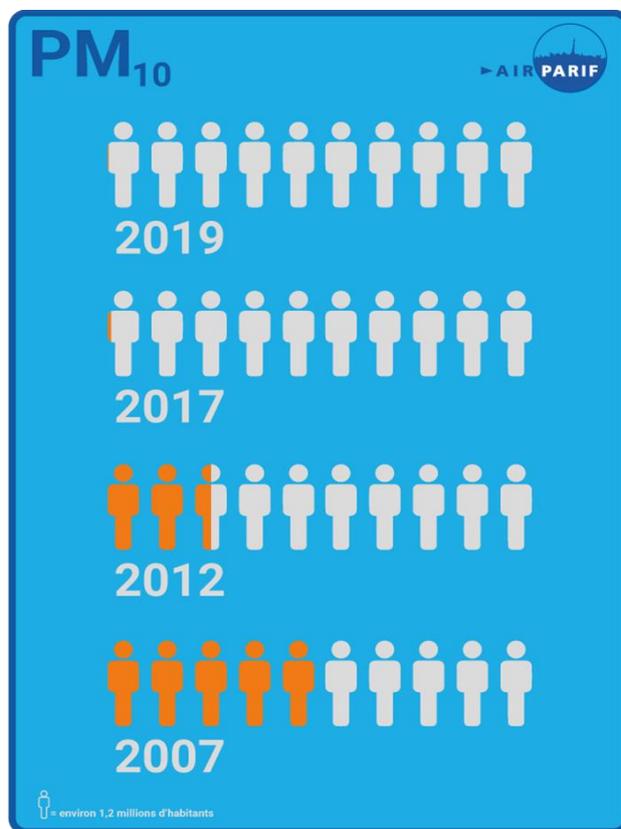


Figure 4 : évolution du nombre de franciliens concernés par le dépassement de la valeur limite journalière pour les particules PM₁₀

Plus des trois quarts des Franciliens sont exposés à un air qui ne respecte pas les recommandations OMS (50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an) en 2019.

La superficie et le nombre de kilomètres de voies exposées à un dépassement des valeurs réglementaires et des recommandations de l'OMS sont présentés en Annexe 4.

Valeur limite annuelle (40 µg/m³ en moyenne)

Les cartes de la Figure 5 illustrent les concentrations moyennes annuelles en particules PM₁₀ en 2019 en Île-de-France, ainsi qu'un zoom sur la petite couronne parisienne. Ces cartographies ont été réalisées à partir du système de cartes en temps réel d'Airparif. Pour plus d'informations, le lecteur est invité à se référer à l'[Annexe 3](#) de ce bilan.

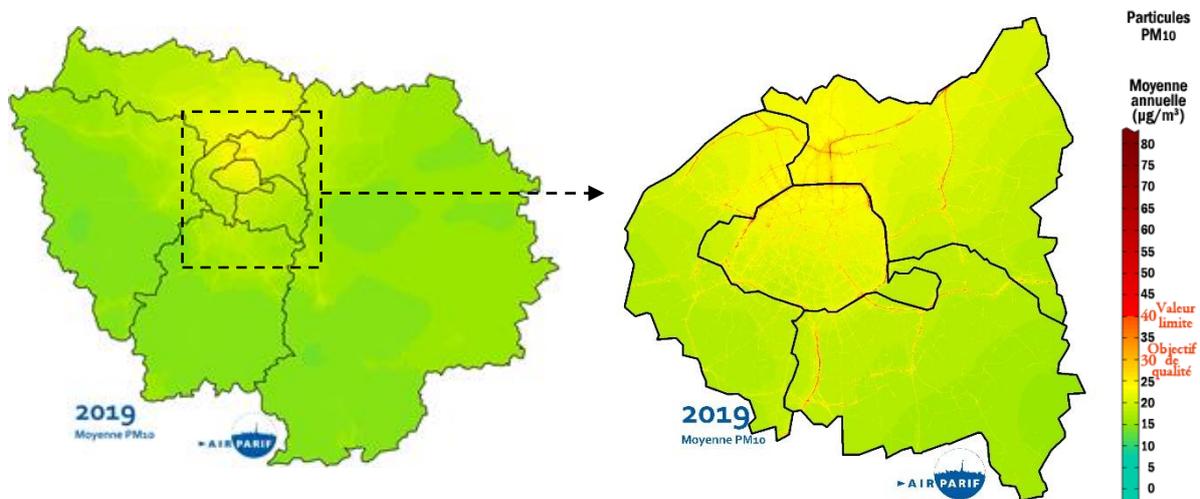


Figure 5 : concentrations moyennes annuelles de particules PM₁₀ en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne en 2019

À l'image des quatre dernières années, **les niveaux de fond moyens en PM₁₀ enregistrés au sein de la zone sensible francilienne restent globalement homogènes en 2019** (entre 16 et 20 µg/m³). Une **légère décroissance** entre le cœur dense de l'agglomération (les plus fortes concentrations y étant relevées dans le nord) et la périphérie de l'Île-de-France est observée. Les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ mesurées en zone rurale sont comprises entre 13 et 15 µg/m³. D'une manière générale, **les niveaux moyens annuels en fond enregistrés en 2019 sont légèrement inférieurs à ceux mesurés en 2018.**

La Figure 6 présente la concentration moyenne annuelle de particules PM₁₀ relevée sur l'ensemble des stations de mesure réparties en Île-de-France en 2019. **Les valeurs réglementaires pour les PM₁₀ (valeur limite annuelle et objectif de qualité) sont largement respectées en situation de fond urbain et rural.**

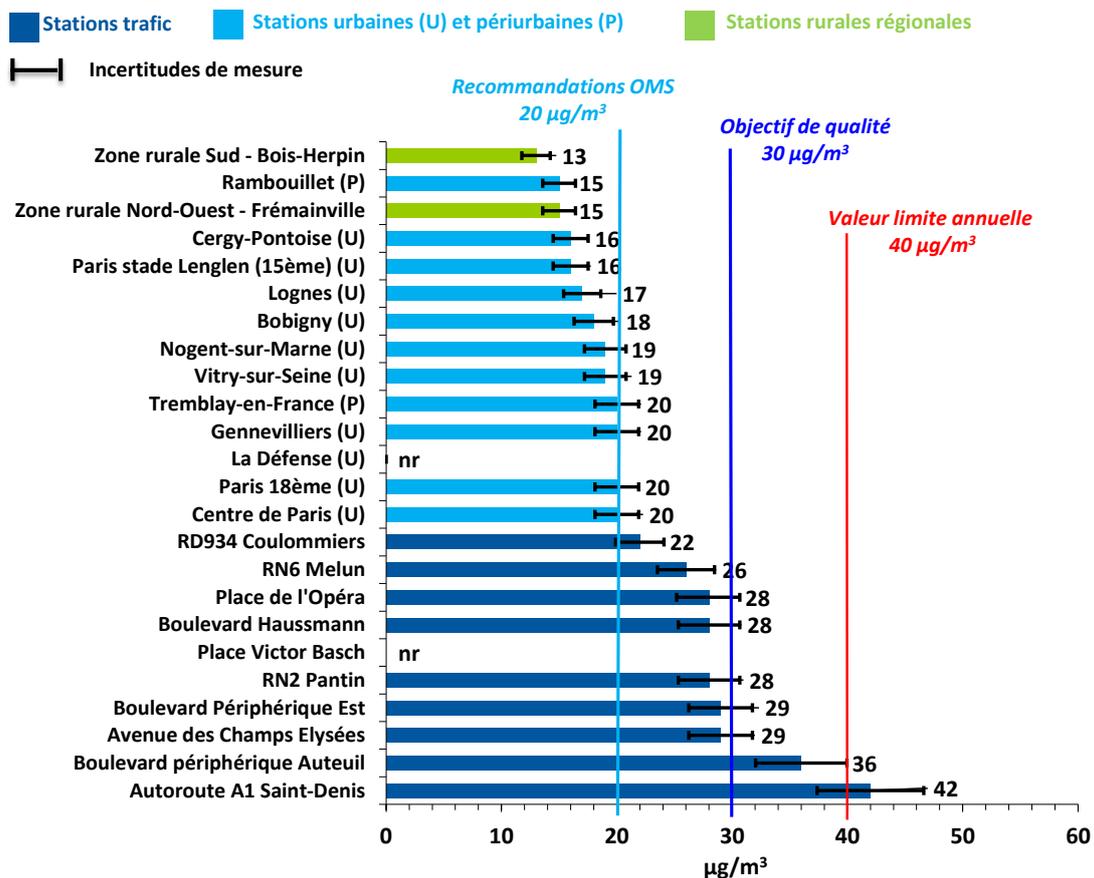


Figure 6 : concentrations moyennes annuelles de particules PM₁₀ en Île-de-France en 2019
 Les incertitudes de mesures sont évaluées sur les concentrations moyennes annuelles
 et non sur le nombre de jours de dépassement du seuil de 50 µg/m³
 nr : non représentatif

Comme chaque année, les concentrations moyennes les plus élevées sont relevées au voisinage des principaux axes routiers régionaux et des axes parisiens. Les niveaux moyens peuvent y être jusqu'à deux fois supérieurs à ceux relevés en situation de fond (de 22 à 42 µg/m³). Les niveaux de PM₁₀ en situation de proximité au trafic ont globalement connu une légère baisse entre 2018 et 2019.

Depuis 2015, une seule station dépasse encore la valeur limite annuelle (40 µg/m³) : la station trafic Autoroute A1 Saint-Denis, avec une concentration moyenne annuelle de 42 µg/m³ en 2019 (Figure 6).

En 2019, l'objectif de qualité est dépassé sur deux sites trafic du réseau permanent d'Airparif (Boulevard Périphérique Auteuil et Autoroute A1 Saint-Denis).

Toutes les stations trafic du réseau permanent d'Airparif mesurent des concentrations moyennes annuelles en particules PM₁₀ supérieures à 20 µg/m³ (correspondant à la valeur recommandée par l'OMS).

Les études sanitaires se basant sur les concentrations massiques indiquent clairement qu'il n'y a pas de seuil en dessous duquel les particules ne sont pas nocives. Toute baisse de concentration représentent donc un enjeu important en termes de santé publique.

Le nombre d'habitants potentiellement concernés par un **dépassement de la valeur limite annuelle en PM₁₀ (fixée à 40 µg/m³) est très faible** pour l'année 2019.

Moins d'1 % de la population francilienne, est potentiellement exposée² à un air excédant l'objectif de qualité annuel pour les particules PM₁₀. Cette valeur est inférieure à celle de 2018. En 2007, près de 30 % de la population francilienne était concernée par ce dépassement de l'objectif de qualité français.

En 2019, plus d'un tiers des Franciliens sont concernés par le dépassement de la recommandation OMS. En 2007, la totalité des Franciliens était concernée par le dépassement des 20 µg/m³ en moyenne annuelle (Figure 7).

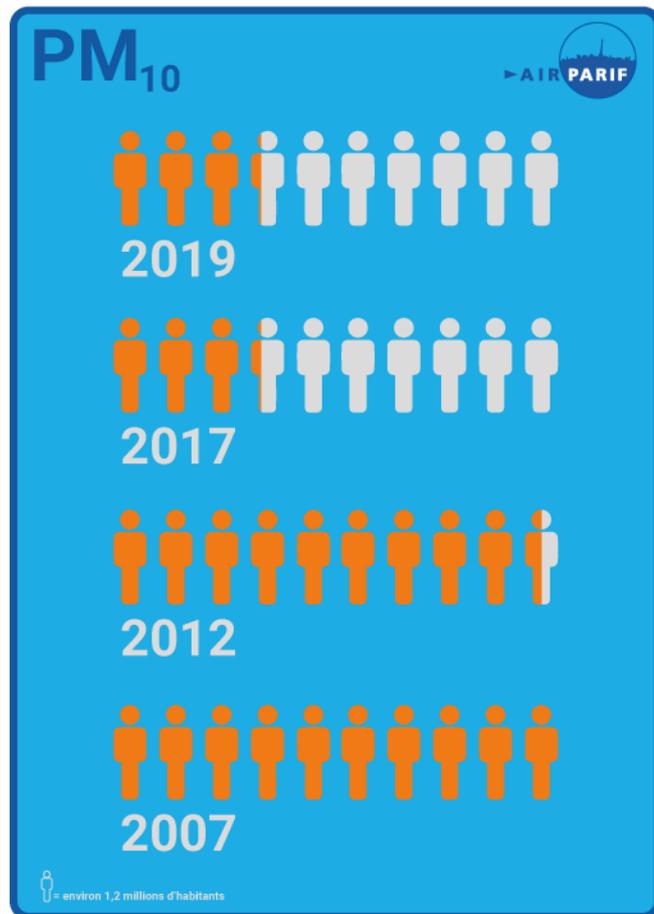


Figure 7 : évolution du nombre de Franciliens concernés par le dépassement de la recommandation OMS (20 µg/m³ en moyenne annuelle) pour les particules PM₁₀

² Exposition calculée, conformément à l'article 18 de [l'arrêté du 19 avril 2017](#), en air extérieur au droit des logements, pour comparer les expositions dans les différents pays.

ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE

Au-delà de la quantité de polluants émis dans l'atmosphère, les teneurs journalières en particules PM₁₀ d'une année sur l'autre sont très impactées par le contexte météorologique, comme le reflètent les cartes du nombre de jours de dépassement du seuil de 50 µg/m³ (Figure 8). À titre d'exemple, l'année 2008 a connu une météorologie globalement favorable à une bonne qualité de l'air, n'ayant ainsi pas entraîné d'épisodes intenses de particules. À l'inverse, en 2007 et 2012, des situations particulièrement défavorables, couplées à des émissions accrues de particules (notamment dues au chauffage au bois pendant les épisodes hivernaux) ont conduit à de forts niveaux en hiver et au printemps. Comme les 5 années précédentes, **l'année 2019 a connu des conditions météorologiques globalement favorables à une bonne qualité de l'air.**

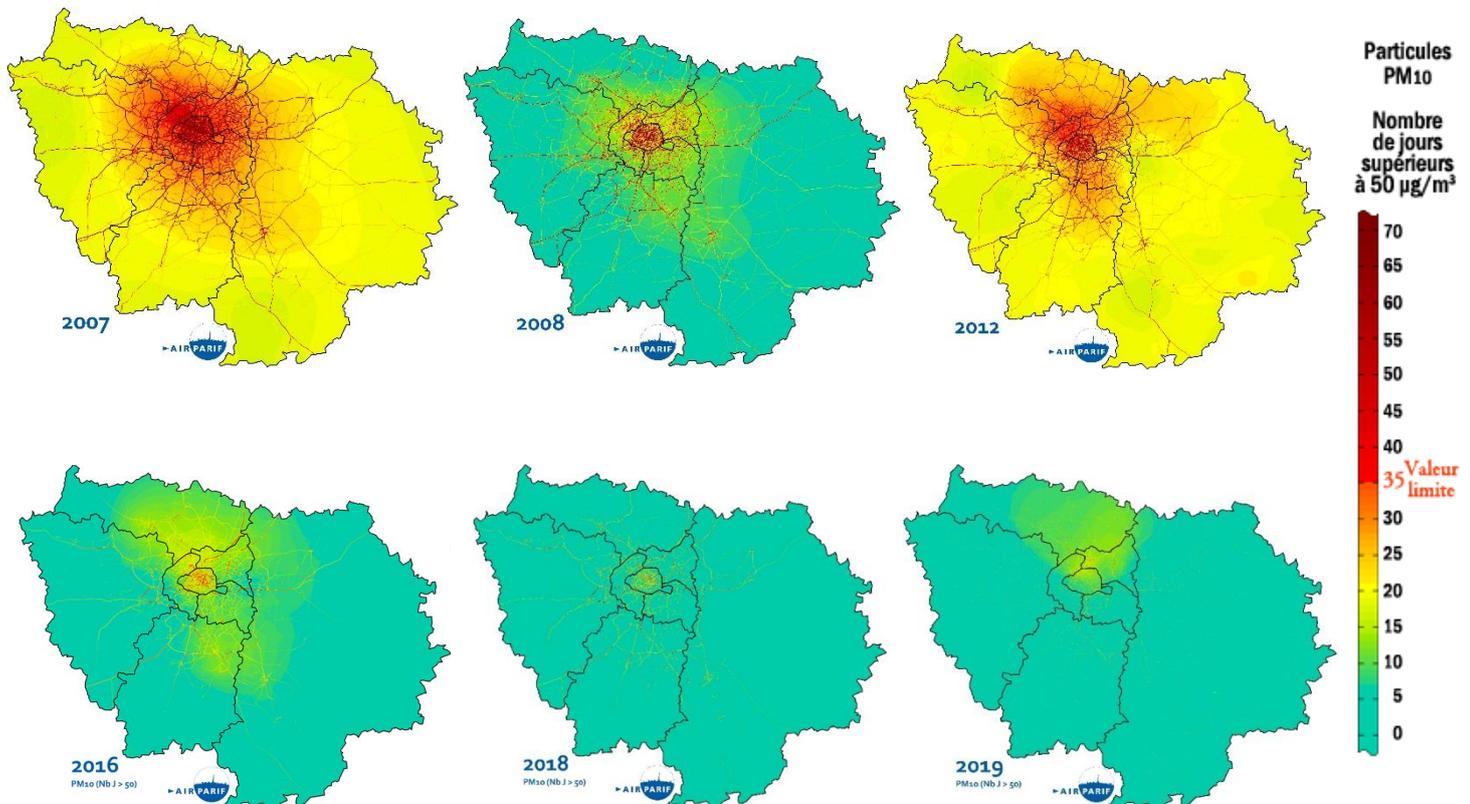
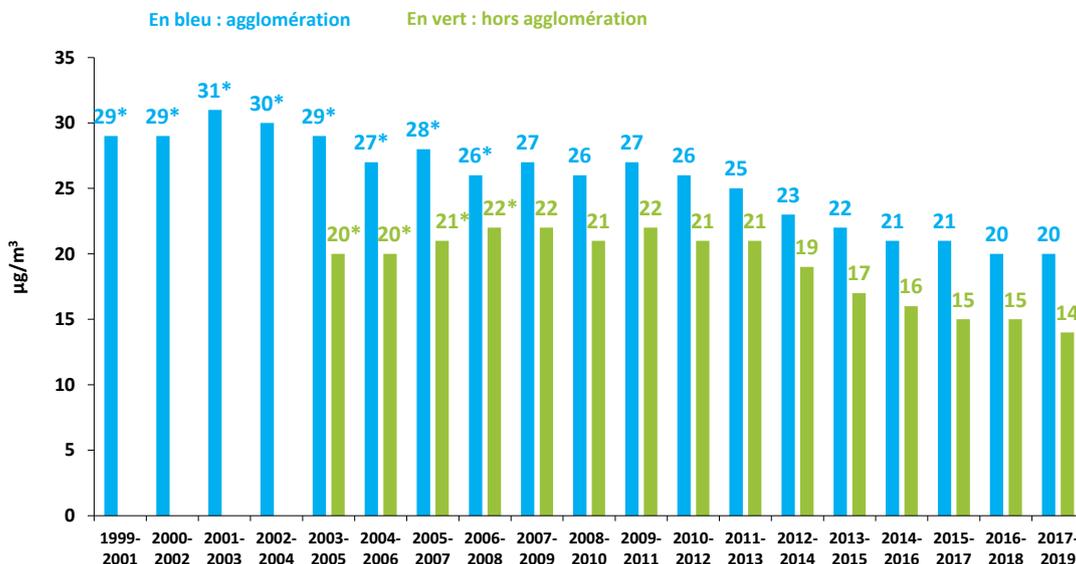


Figure 8 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ en particules PM₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2019

Au-delà de ces évolutions saisonnières, **le nombre de jours de dépassement du seuil de 50 µg/m³ est en forte diminution depuis 2007, tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier.**

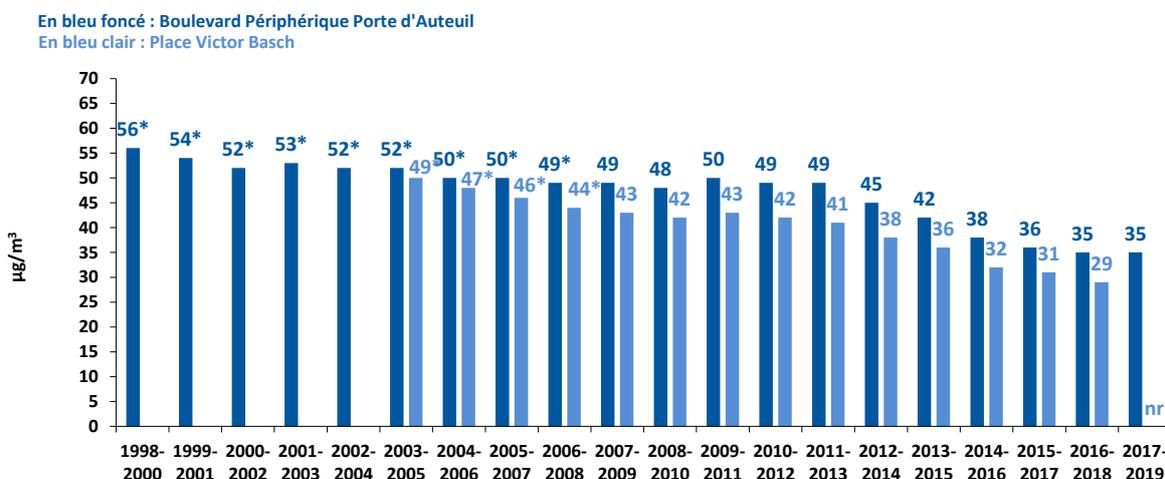
En s'affranchissant des fluctuations météorologiques interannuelles et des évolutions météorologiques, les teneurs moyennes de PM₁₀ en agglomération montrent **une tendance à la baisse** (Figure 9). **Entre 1999 et 2019, ces niveaux ont ainsi baissé d'environ 35 %**. Cette décroissance des niveaux en zone urbaine est à mettre en relation avec la baisse des émissions franciliennes de particules primaires, de près **de 30 % entre 2005 et 2015** (Airparif, 2018). **En situation de fond, cette baisse est plus marquée sur les dernières années. Ce constat s'observe également en zone hors agglomération.**



* Moyennes recalculées pour intégrer la fraction volatile et permettre une comparaison avec les mesures postérieures à 2006

Figure 9 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, des concentrations moyennes sur 3 ans en particules PM₁₀ de 1999-2001 à 2017-2019 dans l'agglomération parisienne (en bleu) et hors agglomération (en vert)

La station trafic du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil dispose de mesures de PM₁₀ depuis 1998 et Place Victor Basch depuis 2003. La Figure 10 montre une baisse des niveaux de PM₁₀ sur ces deux stations de proximité au trafic routier, de l'ordre de 40 % à la Porte d'Auteuil entre 1998 et 2019. Cette tendance peut s'expliquer par une diminution plus importante des émissions de particules primaires issues du trafic routier (environ -30 % entre 2005 et 2015), notamment liée à **l'introduction progressive des filtres à particules sur les véhicules diesel**.



* Moyennes recalculées pour intégrer la fraction volatile et permettre une comparaison avec les mesures postérieures à 2006

Figure 10 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM₁₀ sur 2 stations trafic à Paris de 1998-2000 à 2017-2019
nr : non représentatif

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 11 indique les plus fortes concentrations en particules PM₁₀ référencées dans l'historique de mesures depuis 2007.

Historique 2007-2019	Fond		Proximité trafic	
	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	30	Paris 1 ^{er} Les Halles, Paris 18 ^{ème} , Gennevilliers, La Défense, 2007 ; Bobigny, 2009	62	Boulevard Périphérique Auteuil, 1997
Concentration horaire maximale	287*	Zone rurale Sud - Bois Herpin, le 27 septembre 2013 à 17h légales	660**	Boulevard Périphérique Auteuil, le 7 septembre 2013 à 24h légales
Concentration journalière la plus forte	157	Nogent-sur-Marne, le 23 décembre 2007 ; Cergy-Pontoise, le 11 janvier 2009	191	Boulevard Périphérique Auteuil, le 11 janvier 2007
	Valeur (jours)	Où et quand ?	Valeur (jours)	Où et quand ?
Nombre de jours de dépassement de 50 µg/m ³ le plus fort	39	La Défense, 2007	236	Autoroute A1 Saint-Denis, 2009

* impact d'un incendie près de la station rurale de Bois-Herpin

** impact du tir du feu d'artifice de Saint-Cloud

Figure 11 : records annuels pour les particules PM₁₀ en Île-de-France sur l'historique 2007-2019

PARTICULES PM_{2.5}

SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÈGLEMENTATION

Les cartes de la Figure 12 illustrent les concentrations moyennes annuelles en particules fines PM_{2.5} en 2019 en Île-de-France, ainsi qu'un zoom sur la petite couronne. Ces cartographies ont été réalisées à partir du système de cartes en temps réel d'Airparif. Pour plus d'informations, le lecteur est invité à se référer à l'[Annexe 3](#) de ce bilan.

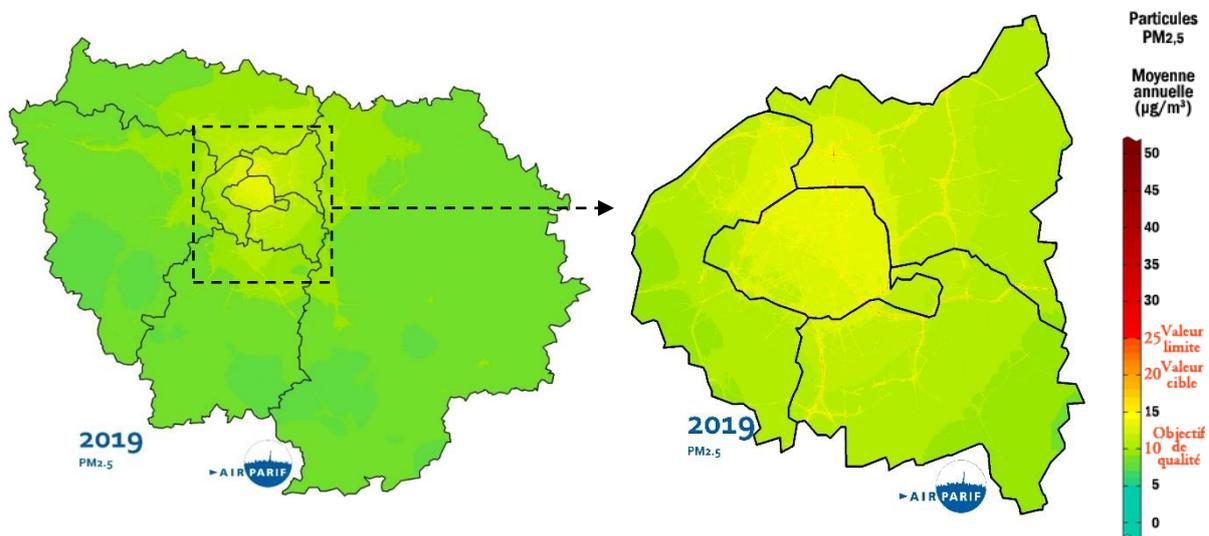


Figure 12 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM_{2.5} en 2019 en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne

À l'image des quatre dernières années, **une faible différence des teneurs en particules PM_{2.5} apparaît entre l'agglomération parisienne et la zone rurale en 2019**. En effet, les concentrations moyennes annuelles de particules fines sont comprises entre 7 et 9 µg/m³ en milieu rural et entre 10 et 13 µg/m³ sur les sites urbains de fond du cœur de l'agglomération (Figure 13).

Les concentrations les plus élevées sont relevées dans le cœur dense de l'agglomération, au voisinage des grands axes routiers parisiens et franciliens. En situation de proximité au trafic routier, les concentrations en PM_{2.5} mesurées sont comprises entre 14 et 16 µg/m³ (en moyenne annuelle).

Tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier, les concentrations moyennes annuelles en particules PM_{2.5} relevées en 2019 sont en légère baisse par rapport à celles mesurées en 2018.

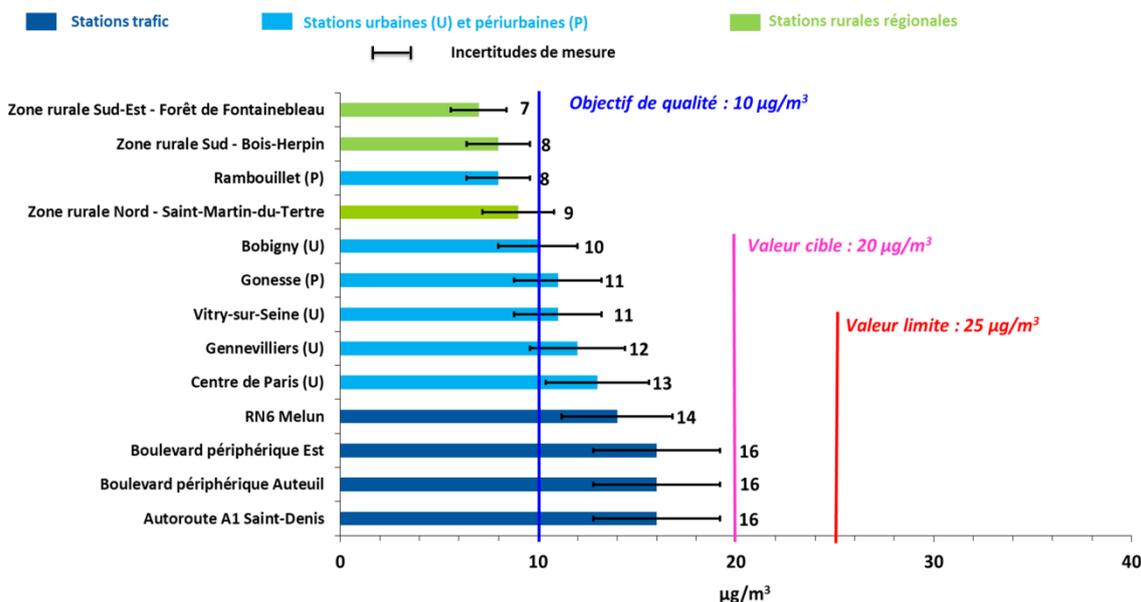


Figure 13 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM_{2.5} en Île-de-France en 2019

Pour la sixième année consécutive, la **valeur limite annuelle en PM_{2,5}** (25 µg/m³ en moyenne annuelle) **est respectée en Île-de-France en 2019, tout comme la valeur cible** (fixée à 20 µg/m³).

En 2019, l'objectif de qualité français (10 µg/m³), qui correspond également à la valeur recommandée par l'OMS au niveau annuel, **est dépassé exclusivement dans la zone sensible francilienne³ et le long de certaines voies de circulation majeures. Il concerne environ 6,5 millions d'habitants (soit plus d'1 Francilien sur 2)**. Le nombre de Franciliens exposés au dépassement de ce seuil réglementaire est en forte baisse par rapport aux deux dernières années. En 2007 et 2012, la totalité des Franciliens était concernée par la recommandation de l'OMS (Figure 14).

La recommandation de l'OMS au niveau journalier (25 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an) **est dépassée sur la quasi-totalité de la région Île-de-France en 2019**.

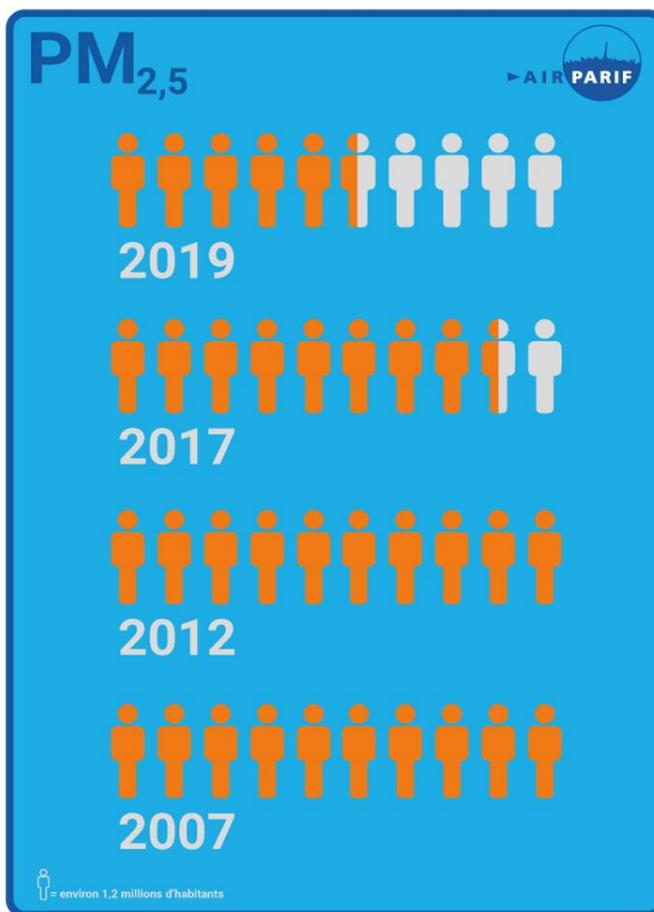


Figure 14 : évolution du nombre de Franciliens concernés par le dépassement de la recommandation OMS (10 µg/m³ en moyenne annuelle) pour les particules PM_{2,5}

Les études sanitaires se basant sur les concentrations massiques indiquent clairement qu'**il n'y a pas de seuil en dessous duquel les particules ne sont pas nocives**. Toute baisse de concentration représentent donc **un enjeu important en termes de santé publique**.

³ La zone sensible francilienne correspond à la zone administrative de surveillance déclarée au niveau européen comprenant l'agglomération parisienne et l'agglomération de Meaux. Pour plus de détails, se référer à l'[Annexe 5](#).

ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE

Comme pour les PM₁₀, **les particules fines PM_{2,5} montrent une tendance globale à la baisse entre 2007 et 2019**, comme l'illustrent les cartes de la Figure 15.

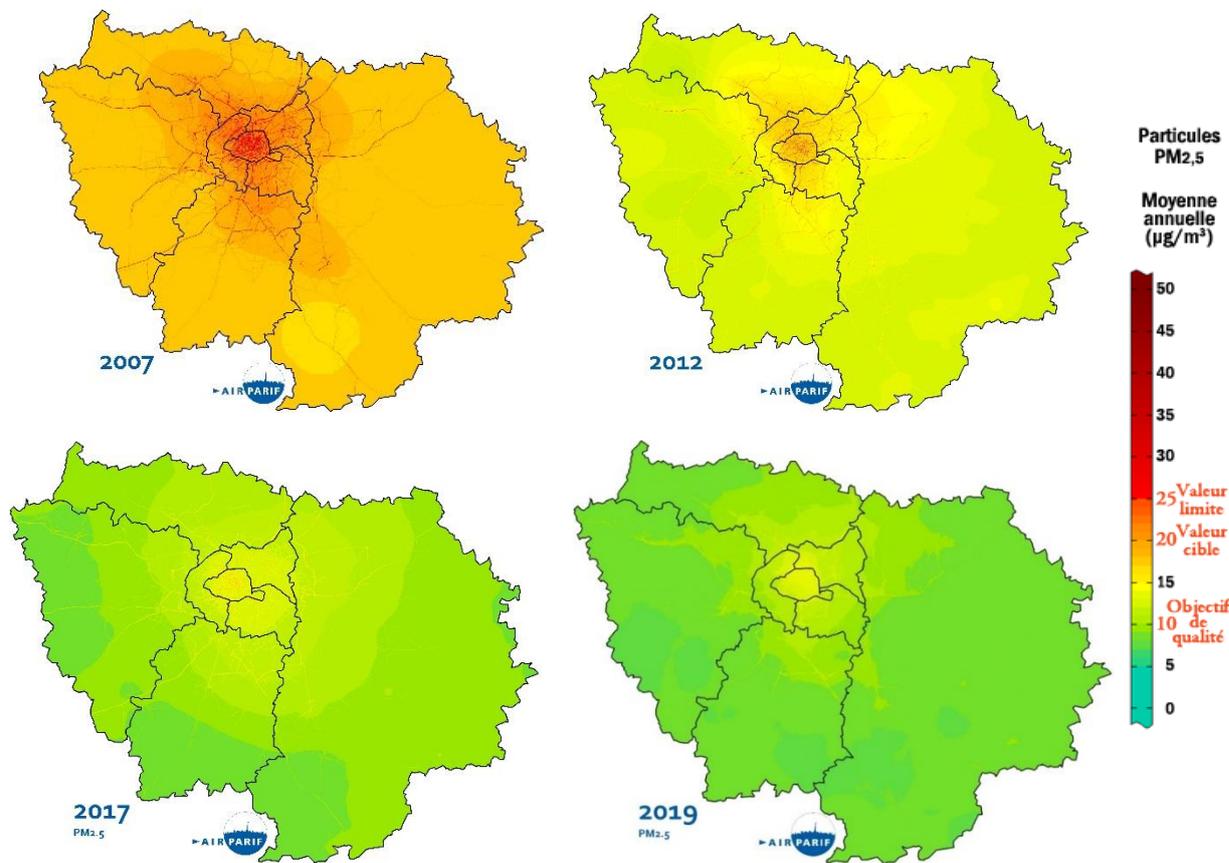
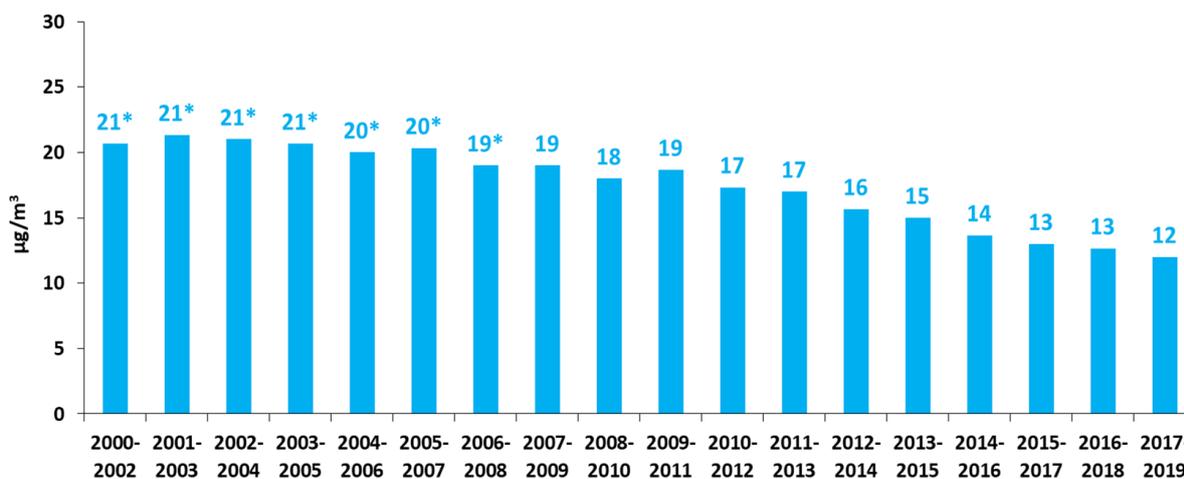


Figure 15 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM_{2,5} de 2007 à 2019 en Île-de-France

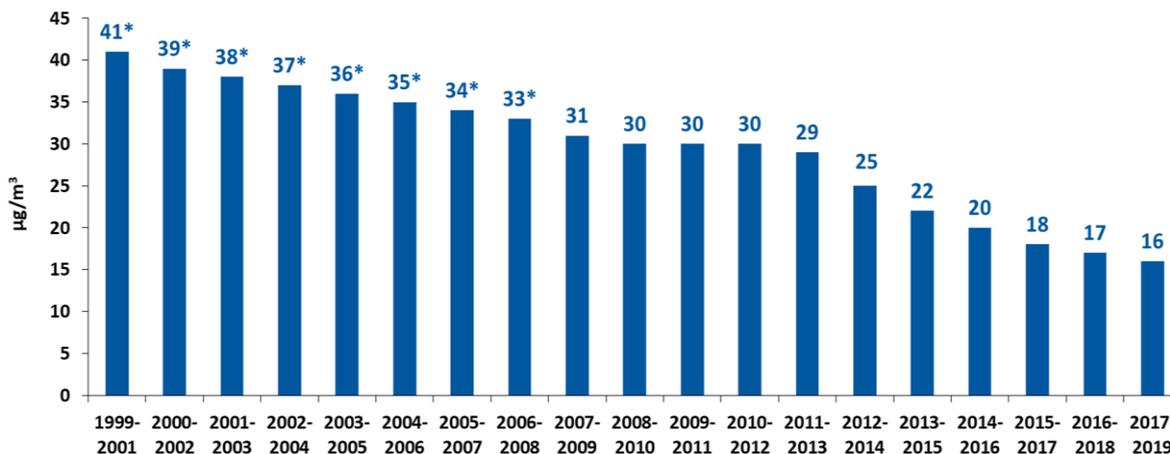
Entre 2000 et 2019, les niveaux de particules PM_{2,5} montrent **une baisse de l'ordre de 45 %** en situation de fond (Figure 16).



* Moyennes recalculées pour intégrer la fraction volatile et permettre une comparaison avec les mesures postérieures à 2006

Figure 16 : évolution, sur un échantillon évolutif de stations urbaines de fond, des concentrations moyennes sur 3 ans en particules PM_{2,5} dans l'agglomération parisienne de 2000-2002 à 2017-2019

La baisse des concentrations en PM_{2,5} est plus marquée sur la station trafic du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil (Figure 17). Une baisse de l'ordre de 60 % est ainsi relevée entre 1999 et 2019. Comme pour les PM₁₀, cette décroissance s'explique par la **diminution des particules primaires émises à l'échappement des véhicules diesel** (environ -35 % entre 2005 et 2015), en lien avec la mise en œuvre des filtres à particules et la baisse progressive du trafic routier dans Paris Intra-muros. **La baisse est plus importante pour les PM_{2,5} que pour les PM₁₀, car la majorité des PM_{2,5} sont émises à l'échappement des véhicules.** 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.



* Moyennes recalculées pour intégrer la fraction volatile et permettre une comparaison avec les mesures postérieures à 2006

Figure 17 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM_{2,5} sur la station du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil de 1999-2001 à 2017-2019

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 18 indique les plus fortes concentrations en particules fines PM_{2,5} enregistrées dans l'historique de mesures depuis 2007.

Historique 2007-2019	Fond		Proximité trafic	
	Valeur (µg/m³)	Où et quand ?	Valeur (µg/m³)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	22	Bobigny, 2007	33	Boulevard Périphérique Auteuil, 2007 ; Autoroute A1 Saint-Denis, 2011
Concentration horaire maximale	245*	Zone rurale Sud - Bois-Herpin le 27 septembre 2013 à 17h légales	503**	Boulevard Périphérique Auteuil, le 7 septembre 2013 à 24h légales
Concentration journalière la plus forte	135	Bobigny, le 23 décembre 2007	134	Boulevard Périphérique Auteuil, le 23 décembre 2007

* impact d'un incendie près de la station rurale de Bois-Herpin

** impact du tir du feu d'artifice de Saint-Cloud

Figure 18 : records annuels pour les particules PM_{2,5} en Île-de-France sur l'historique 2007-2019

MESURE DU CARBONE SUIE

LA MESURE HISTORIQUE : LA MÉTHODE DES FUMÉES NOIRES

Les **fumées noires** sont mesurées depuis la fin des années 1950 dans l'agglomération parisienne. Leur prélèvement s'opère sans coupure granulométrique précise (contrairement à celui des PM₁₀ ou PM_{2.5} qui limite la taille des particules mesurées). Le principe d'analyse ne retient que les particules noires et carbonées, en particulier les suies issues des processus de combustion (chauffage, industries, trafic routier diesel) et s'apparente au principe de mesure utilisé pour le carbone suie (autrement nommé, *Black Carbon*).

Longtemps normée, la méthode des fumées noires n'est plus une technique de référence pour la surveillance des particules. Elle n'est plus réglementée par l'Union Européenne depuis 2005. Airparif a toutefois poursuivi, en 2019, la mesure des fumées noires sur quatre sites en Île-de-France afin de continuer la série historique. C'est un indicateur souvent utilisé pour les études épidémiologiques, même si aujourd'hui la plupart s'intéresse aux PM₁₀ ou aux PM_{2.5}.

Entre la fin des années 1950 et le milieu des années 1990, les niveaux moyens de fumées noires ont quasiment été divisés par 20 à Paris (Figure 19). Cette très forte diminution est due à la **baïsse importante des émissions des suies issues de la combustion du charbon** (combustible alors largement utilisé en Île-de-France pour la production d'électricité et le chauffage) **et à l'amélioration des procédés de combustion et de traitement des échappements automobiles** (mise en place de pots catalytiques dès 1993). Les teneurs de 2009 à 2019 sont les plus faibles de l'historique.

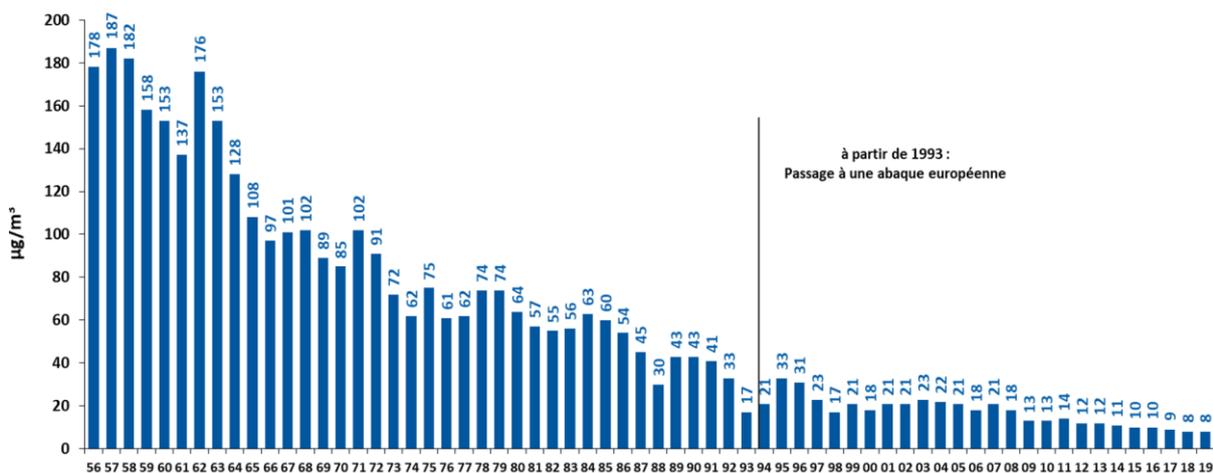


Figure 19 : évolution des concentrations hivernales de fumées noires dans l'agglomération parisienne de 1956-1957 à 2018-2019

MESURE DU CARBONE SUIE PAR AETHALOMÈTRE

Depuis 2015, la mesure du carbone suie (ou *Black Carbon*, BC) est réalisée à l'aide d'appareils de type « aéthalomètre » sur 5 sites de mesure : trois sites trafic (Autoroute A1 Saint-Denis, Boulevard Périphérique Est et Boulevard Haussmann) et deux sites urbains de fond (Paris 13^{ème}, Gennevilliers).

Il existe un **gradient très important** entre les concentrations moyennes annuelles de carbone suie mesurées en site de fond urbain et en site trafic (Figure 20). De l'ordre de 1 à 2 µg/m³ en zone urbaine de fond, elles peuvent atteindre jusqu'à 11 µg/m³ sur le site trafic le plus chargé en particules (Autoroute A1 Saint-Denis). **Par rapport à l'année 2018, les niveaux de carbone suie enregistrés en 2019 sont stables sur l'ensemble des stations de mesure.**

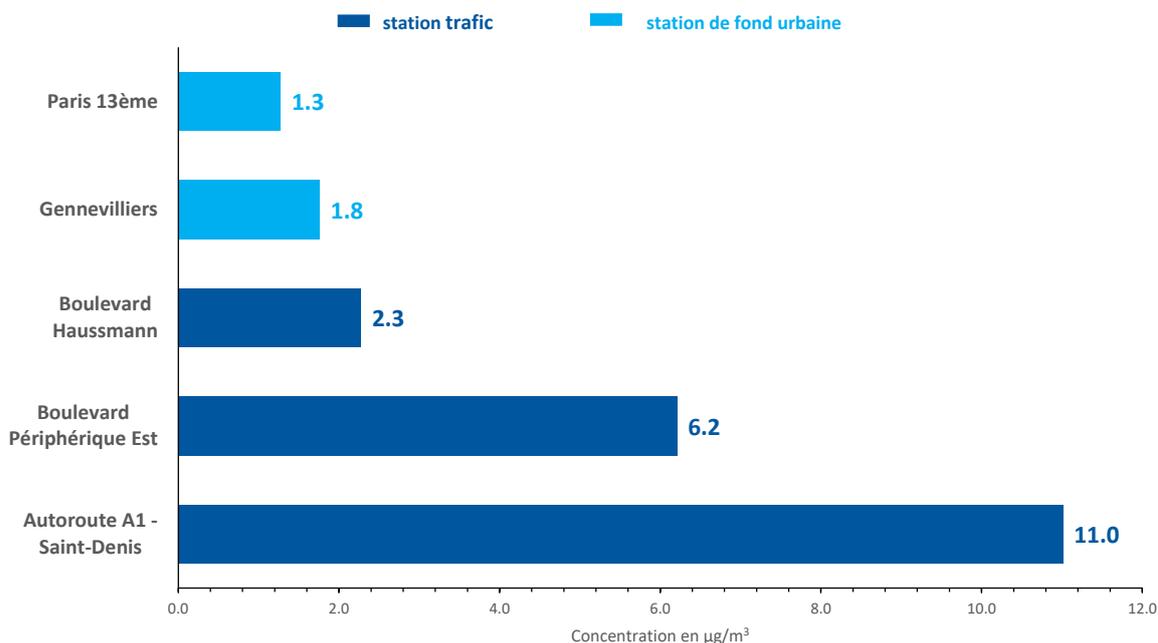


Figure 20 : concentrations moyennes annuelles en carbone suie en Île-de-France en 2019

En complément de la surveillance réglementaire, **le suivi de ce composé permet d'améliorer la connaissance de la composition chimique des particules et la compréhension de leurs sources, notamment en cas d'épisode de pollution.** En effet, les aéthalomètres permettent de distinguer le carbone suie émis par la combustion des dérivés pétroliers (principalement par le trafic routier, eBC_{tr}) et celui émis par la combustion de la biomasse (principalement par le chauffage au bois en Île-de-France, eBC_{wb}). **Il s'avère être également un très bon traceur de la part locale des particules.** Ainsi, le suivi de cet indicateur permet de suivre et d'évaluer l'efficacité des mesures de réduction des sources locales de combustion, telles que le trafic routier ou le chauffage au bois.

En situation de fond, **la contribution moyenne annuelle de carbone suie issu de la combustion des hydrocarbures fossiles est de l'ordre de 90 %, les 10 % restants étant attribuables à la combustion de la biomasse** (Figure 21). La contribution moyenne de la combustion de biomasse aux concentrations en carbone suie (essentiellement liée au chauffage au bois en Île-de-France) est variable suivant les saisons. En effet, en situation de fond, elle est trois fois et demi plus importante au cours de la période hivernale (jusqu'à 14 %). Cette contribution est non nulle en période estivale (4 %), pouvant être due entre autres au brûlage de déchets verts.

Ces pourcentages ne reflètent pas directement la contribution du chauffage au bois et du trafic routier dans les particules PM₁₀ ou PM_{2.5} ; la proportion de matière organique étant également à prendre en compte. La proportion de matière organique produite par ces deux sources de combustion est sensiblement différente. Elle est près de 5 fois plus importante pour la combustion de la biomasse que pour le trafic routier.

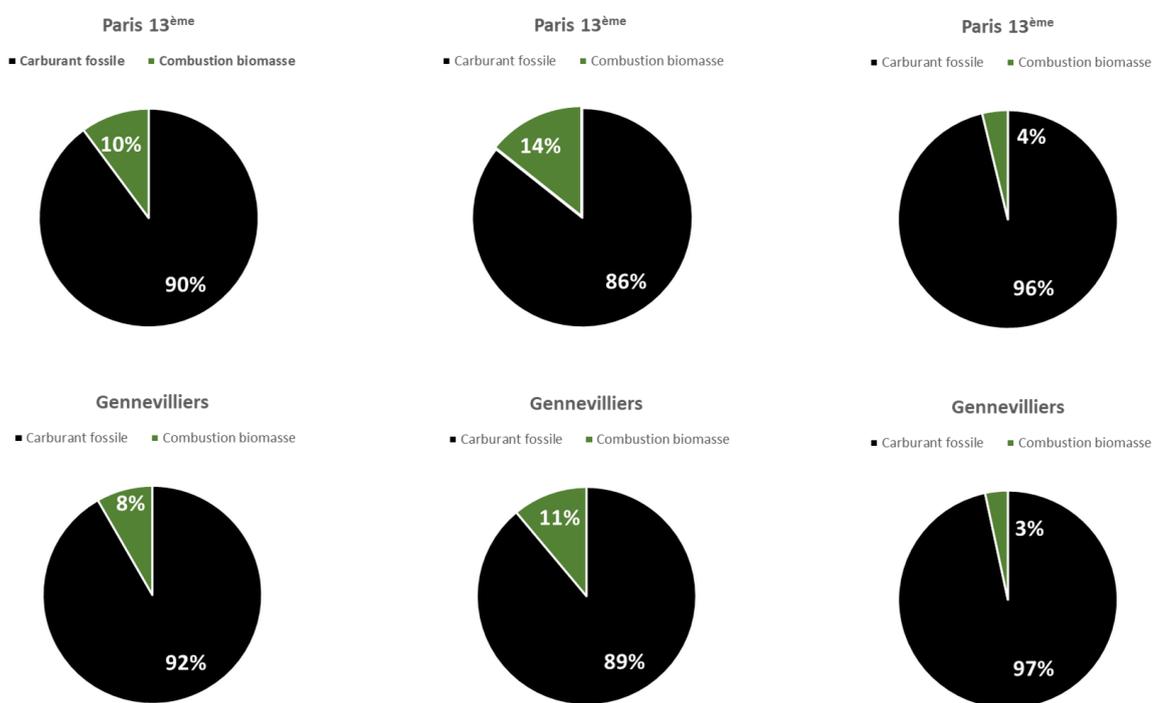


Figure 21 : pourcentages de carbone suie issu de la combustion d'hydrocarbures fossiles et de biomasse en situation de fond en Île-de-France sur l'année 2019, avec une distinction hiver/été.

VERS UNE CONNAISSANCE APPROFONDIE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES PARTICULES EN TEMPS RÉEL

Grâce à la mesure du carbone suie (à l'aide d'un Aéthalomètre AE33, évoqué précédemment) et des autres espèces chimiques majeures qui composent les particules atmosphériques (à l'aide d'un analyseur ACSM - *Aerosol Chemical Speciation Monitor*), Airparif peut identifier les principales sources de particules fines (PM₁₀, PM_{2.5}) en Île-de-France.

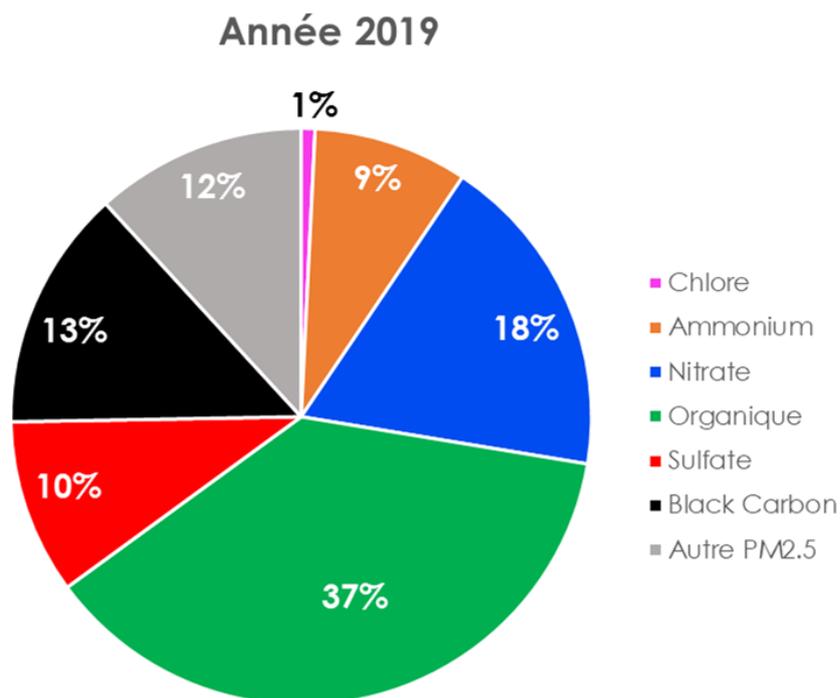


Figure 22 : composition chimique détaillée des particules de fraction PM_{2.5} mesurées à la station de fond urbain de Gennevilliers sur l'année 2019

Les proportions des différentes espèces chimiques composant les particules permettent de déterminer leur origine. Les niveaux moyens de particules observés durant l'année 2019 sont caractérisés par des **particules d'origine carbonée** (Organique, *Black Carbon* – composés caractéristiques des sources de combustion de combustibles fossiles et de biomasse, émises localement) et **des particules secondaires** (nitrate, sulfate et ammonium) issues à la fois de sources locales, de phénomènes de transformation et d'import (Figure 22).

Les proportions de ces différentes espèces chimiques peuvent être très variables d'une journée à l'autre. En période d'épisode de pollution, cette répartition diffère suivant la nature de l'épisode (type combustion hivernale, multi-sources). Cette information est importante, puisqu'elle permet de cibler au mieux les leviers d'actions à mettre en œuvre pour réduire ou limiter les concentrations dans l'air.

Pour plus d'informations sur les épisodes de pollution survenus en 2019 en Île-de-France, le lecteur est invité à se référer au chapitre II de ce bilan.

En complément, Airparif mesure l'ammoniac (NH₃). Les premières mesures de NH₃ (janvier 2016 – septembre 2017) ont été réalisées dans le cadre d'un projet de recherche CORTEA, piloté par l'INRA. Ce programme visait à caractériser les niveaux d'ammoniac (à l'aide de capteurs passifs) sur la région Île-de-France.

À la suite de ces mesures, Airparif a mis en œuvre dès 2018 un suivi en routine du NH₃ afin d'améliorer la compréhension de la formation des particules secondaires. Il vise notamment à étudier la corrélation entre les cycles d'épandage et les niveaux de particules, afin de mieux expliquer les épisodes particuliers liés au nitrate d'ammonium.

Dans l'atmosphère, l'ammoniac (NH₃) est un gaz historiquement étudié pour son **rôle dans l'acidification et l'eutrophisation des milieux naturels**, résultant de la pollution de l'air par des transferts pouvant être de longue distance. Depuis quelques années, il est essentiellement étudié pour sa **participation dans le cycle de formation de particules atmosphériques**. En effet, ce gaz est un **précurseur d'ammonium**, qui réagit avec des espèces acides pour former des particules de nitrate et sulfate d'ammonium. Ces particules secondaires peuvent représenter **une part importante de la composition chimique des particules lors d'épisodes de pollution**. Leur formation reste à ce jour difficile à prévoir.

En 2019, des mesures d'ammoniac ont été réalisées au moyen de tubes passifs sur un site urbain de fond (Gennevilliers) et un site trafic (implanté en bordure du Boulevard Périphérique).

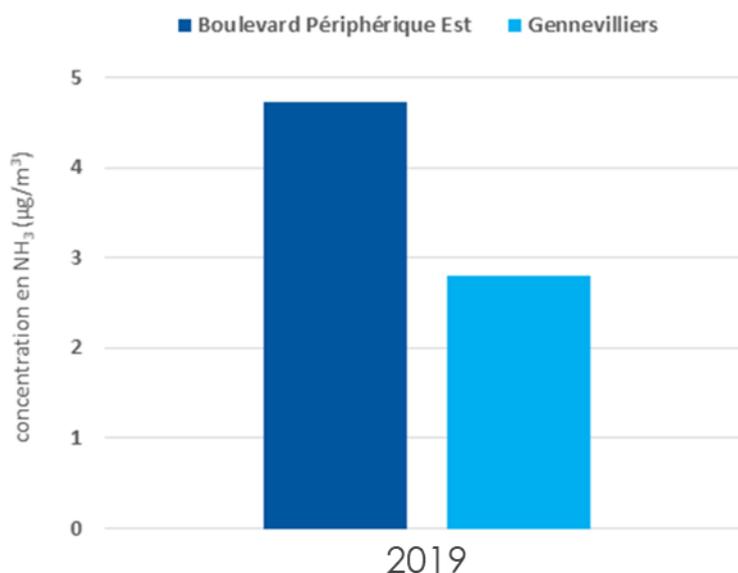


Figure 23 : concentrations moyennes d'ammoniac mesurées en situation de fond urbain et à proximité du trafic routier en 2019

Les concentrations de NH₃ mesurées sur les sites Gennevilliers et Boulevard Périphérique Est sont de l'ordre de **3** et **5 µg/m³**, respectivement. La teneur maximale moyenne est relevée à proximité du trafic routier (Figure 23). En 2019, les niveaux d'ammoniac sont légèrement plus faibles que ceux mesurés en 2018.

En 2020, deux sites trafic ainsi qu'un site de fond seront instrumentés.

En résumé pour les particules

Des dépassements récurrents et importants des valeurs limites pour les PM₁₀ à proximité du trafic

Moins d'1 % des Franciliens sont toujours potentiellement exposés
à un dépassement de la valeur limite journalière en PM₁₀.

Le dépassement de l'objectif de qualité en PM₁₀ concerne moins de 1 % de la population francilienne.
Plus des trois quarts des Franciliens sont concernés par le dépassement des recommandations de l'OMS.

Pour les PM_{2,5}, la valeur limite (25 µg/m³) et la valeur cible (20 µg/m³) sont respectées en Île-de-France
Néanmoins, les niveaux moyens annuels en PM_{2,5} sont toujours
largement supérieurs à l'objectif de qualité français (10 µg/m³)
Plus d'un Francilien sur deux est concerné par un dépassement de ce seuil.
En revanche, la quasi-totalité des Franciliens reste exposée à un air qui ne respecte pas les
recommandations de l'OMS.

Enfin, une tendance à la baisse des niveaux de particules est observée,
tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier

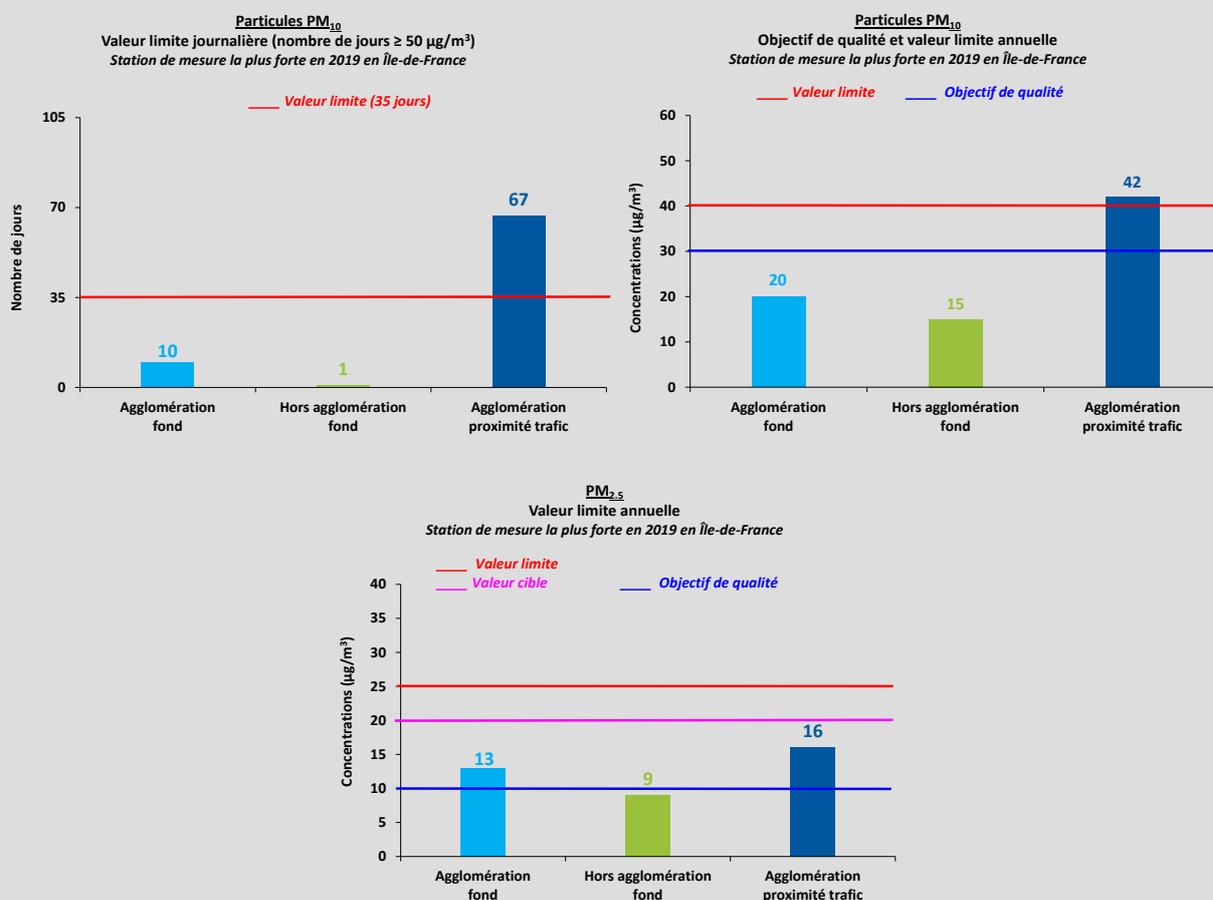


Figure 24 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en particules PM₁₀ et PM_{2,5} en Île-de-France en 2019

Dioxyde d'azote NO₂

Le dioxyde d'azote est un **polluant indicateur des activités de combustion, notamment le trafic routier**. Les émissions directes ou « primaires » d'oxydes d'azote (NOx) sont dues en **grande majorité au trafic routier et au secteur résidentiel et tertiaire**.

Il est également produit dans l'atmosphère à partir des émissions de monoxyde d'azote (NO), sous l'effet de leur transformation chimique en NO₂ (polluant « secondaire »). Les processus de formation du NO₂ sont étroitement liés à la présence d'ozone et d'autres oxydants dans l'air.



Les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique augmentent avec une exposition de longue durée au NO₂. Une diminution de la fonction pulmonaire est également associée aux concentrations actuellement mesurées dans les villes d'Europe et d'Amérique du Nord. À des concentrations dépassant 200 µg/m³, sur de courtes durées, c'est **un gaz toxique entraînant une inflammation importante des voies respiratoires**.



ENVIRONNEMENT

Ce gaz participe au phénomène des pluies acides, qui appauvrissent les milieux naturels et contribue à la formation de l'ozone troposphérique. Les NOx sont des précurseurs de l'ozone et participent à la chimie des particules.



TENDANCES 2009/2019



NORMES FRANÇAISES ET RECOMMANDATIONS OMS

Valeur limite horaire	Valeur limite annuelle	Objectif de qualité	Recommandation OMS
200 µg/m ³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 fois par an	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	40 µg/m ³ en moyenne annuelle
Respectée	Dépassée	Dépassé	Dépassée

Une situation toujours préoccupante en 2019, avec encore un fort contraste selon les endroits en Île-de-France. En comparaison à l'année précédente, les niveaux moyens annuels en NO₂ ont à nouveau baissé, tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier. Pour la première fois, certains sites trafic parisiens et régionaux enregistrent des concentrations moyennes annuelles inférieures aux seuils réglementaires, entraînant ainsi une baisse notable du nombre de Franciliens potentiellement exposés à ces dépassements.

DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)

SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

La Figure 25 illustre les teneurs moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France en 2019, avec un zoom pour Paris et la petite couronne. Ces cartographies ont été réalisées à partir du système de cartes en temps réel d'Airparif. Pour plus d'informations, le lecteur est invité à se référer à l'[Annexe 3](#) de ce bilan.

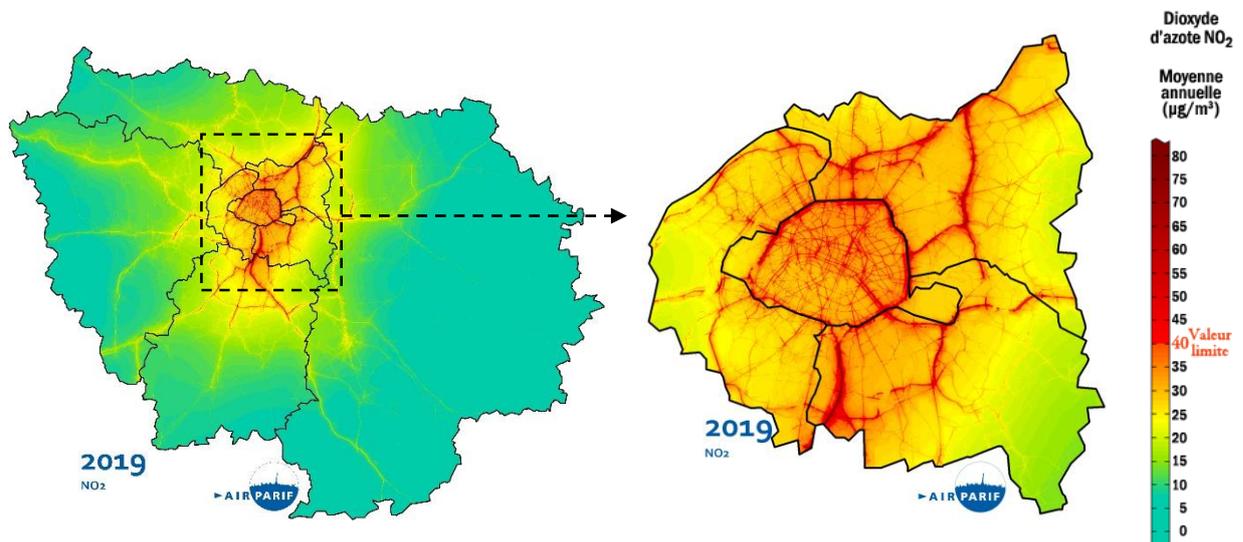


Figure 25 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) en 2019 en Île-de-France, avec un zoom sur Paris et la petite couronne parisienne

En situation de fond, il existe **un gradient important** entre le centre de l'agglomération parisienne et les zones rurales franciliennes. Alors que les niveaux moyens annuels dans l'agglomération peuvent atteindre 34 µg/m³ (station de fond urbain Paris 18^{ème}) (Figure 26), le niveau de fond régional moyen est plutôt compris entre 5 et 10 µg/m³ en 2019.

Depuis 2015, la valeur limite annuelle (40 µg/m³ en moyenne) est respectée en situation de fond.

En 2019, les concentrations moyennes en NO₂ sont plus faibles que celles enregistrées les années précédentes.

Les concentrations en NO₂ les plus importantes sont relevées dans l'agglomération parisienne et au voisinage des grands axes de circulation (autoroutes, routes nationales et importantes voies départementales). Dans Paris, les arrondissements au nord de la Seine sont globalement plus pollués qu'au sud ; le réseau routier y étant plus dense et constitué d'axes de plus grande importance.

Au voisinage de certains axes routiers, les niveaux de NO₂ peuvent être plus de deux fois supérieurs à ceux relevés hors influence directe de ces voies (en situation de fond) **et toujours près de deux fois plus élevés que le seuil de la valeur limite annuelle.** En 2019, ce seuil est ainsi dépassé sur environ 1 330 km de voirie (Cf. Annexe 4), soit environ 12 % du réseau francilien modélisé par Airparif (environ 11 000 kilomètres, comprenant notamment les principaux axes régionaux). **Ces axes sont principalement situés dans l'agglomération parisienne.**

Entre 2018 et 2019, une baisse des niveaux en NO₂ est observée, tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier. Cette décroissance s'explique par **le renouvellement du parc roulant** (en partie accéléré par la mise en place des Zones à Faibles Emissions (ZFE)), **la poursuite de la baisse du trafic routier sur certains axes parisiens** et **des conditions météorologiques favorables** ayant permis la dispersion des polluants dans les différents environnements.

Les stations de proximité au trafic routier (illustrées en bleu foncé sur la Figure 26) ont des moyennes annuelles très variables d'un site à un autre. En effet, elles reflètent un large éventail de concentrations rencontrées en bordure des principaux axes routiers. Ces résultats illustrent les **différences de conditions de circulation** (flux de véhicules, vitesse, composition du parc roulant) **et de topographie** qui conditionnent la capacité à disperser plus ou moins facilement les polluants émis, mais aussi des **différences de niveaux de fond.**

Pour les sites où le trafic (dont celui des poids lourds) est très important (comme les autoroutes, les roades et le Boulevard Périphérique parisien), le nombre élevé de véhicules et la vitesse de circulation engendrent de fortes émissions d'oxydes d'azote (NO_x). C'est également le cas des sites localisés dans Paris Intra-muros, où à la fois la circulation est dense et les conditions locales de dispersion sont moins favorables du fait de l'encaissement des rues (Rue de Rivoli, par exemple).

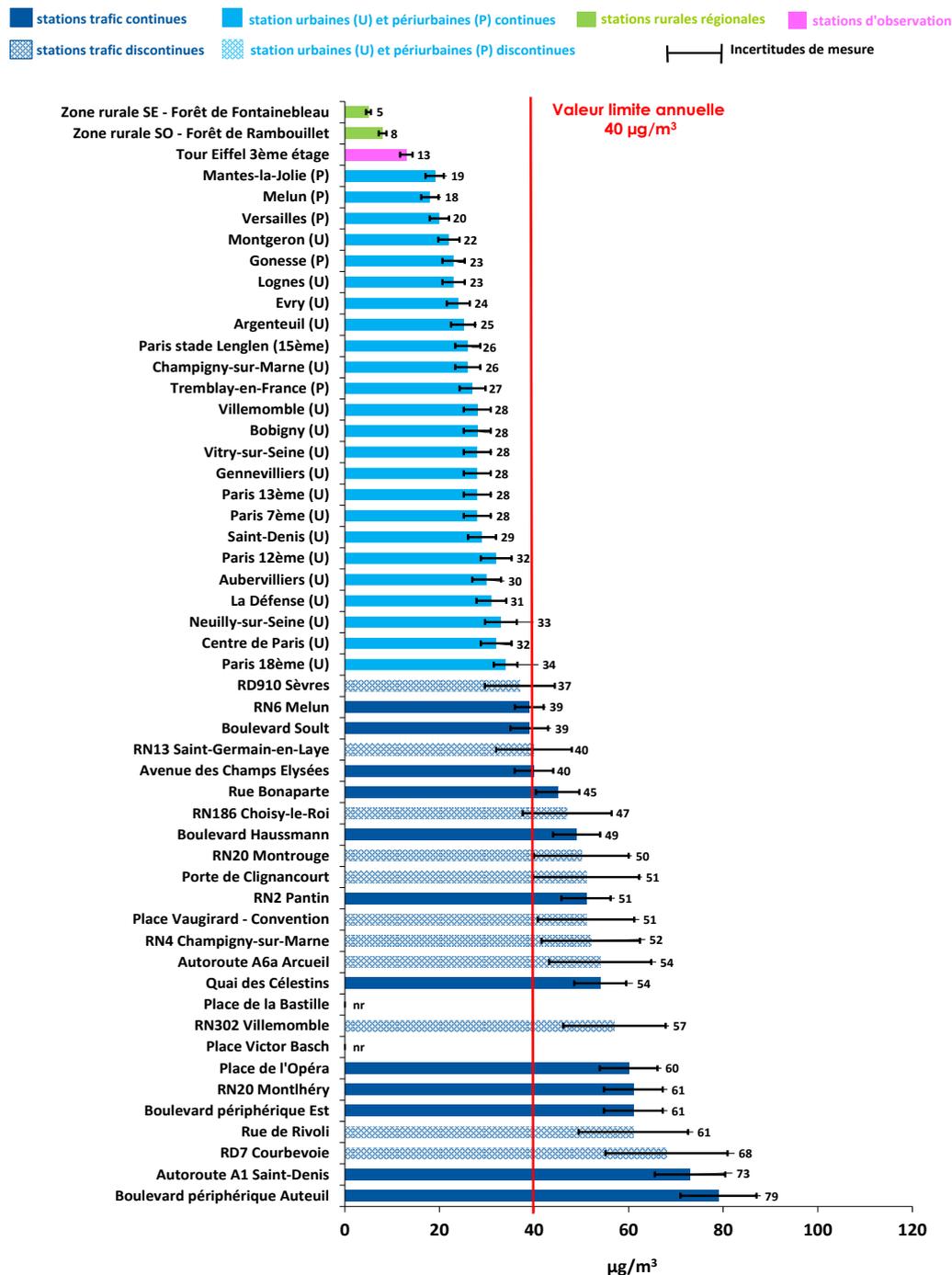
La station de mesure implantée en bordure du Boulevard Périphérique intérieur (BP Est), entre la Porte de Saint-Mandé et la Porte Dorée, est sensiblement plus faible que la station de la Porte d'Auteuil (61 µg/m³ contre 79 µg/m³ en moyenne annuelle), du fait d'un éloignement plus important par rapport à la voie de circulation et d'une configuration plus favorable à la dispersion des polluants.

Pour les axes de plus faible débit de circulation, ou ceux présentant des conditions de dispersion plus favorables (comme le Quai des Célestins ou encore l'Avenue des Champs-Élysées), les niveaux moyens annuels restent 1,5 fois supérieurs au fond environnant. **L'année 2019 est la première année au cours de laquelle certains sites trafic parisiens (tels que Boulevard Soult et Avenue des Champs Élysées) et régionaux enregistrent des concentrations moyennes annuelles inférieures aux seuils réglementaires.**

Dioxyde d'azote (NO₂)

Le site du Boulevard Soult est le site parisien le plus faible, avec 39 µg/m³ en moyenne annuelle. Cette observation s'explique par le fait que la station est implantée en façade d'immeuble et non pas en bordure immédiate du trottoir comme les autres sites de trafic parisien, illustrant ainsi la décroissance très rapide des niveaux avec l'éloignement de l'axe routier. De plus, le Boulevard est séparé en deux par une voie de tram qui permet une dilution plus importante des émissions générées par l'ensemble de l'axe routier.

Des précisions sur les niveaux en NO₂ relevés aux abords des plateformes aéroportuaires franciliennes (Paris-Charles de Gaulle, Paris-Le Bourget et Paris-Orly) sont disponibles sur le site : <http://survol.airparif.fr>. Des cartographies et des bilans annuels y sont également mis à disposition.



En complément des mesures en continu toute l'année, AIRPARIF réalise des mesures discontinues de dioxyde d'azote (NO₂) depuis 2007. Les mesures sont effectuées au moyen de tubes à diffusion passive durant 12 semaines non continues réparties uniformément sur l'année. Pour ces sites, les résultats indiqués représentent la moyenne de ces douze semaines, représentatifs de la moyenne annuelle.

Figure 26 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂)
pour l'ensemble des stations de mesure en Île-de-France en 2019
nr : non représentatif

En 2019, environ 500 000 Franciliens sont potentiellement exposés⁴ à un air dépassant la valeur limite annuelle (Figure 27). Ils résident quasi-exclusivement dans la Métropole du Grand Paris et plus généralement dans l'agglomération parisienne, qui représente l'essentiel de la zone sensible francilienne (Cf. Annexe 5). Ce dépassement de la valeur limite annuelle touche environ 10 % des parisiens.

Le dépassement de ce seuil concerne 500 000 personnes de moins par rapport à l'année dernière. Cette baisse notable du nombre de Franciliens potentiellement exposés à ce dépassement s'explique par le fait que certains sites trafic parisiens et régionaux enregistrent des concentrations moyennes inférieures aux seuils réglementaires en 2019.

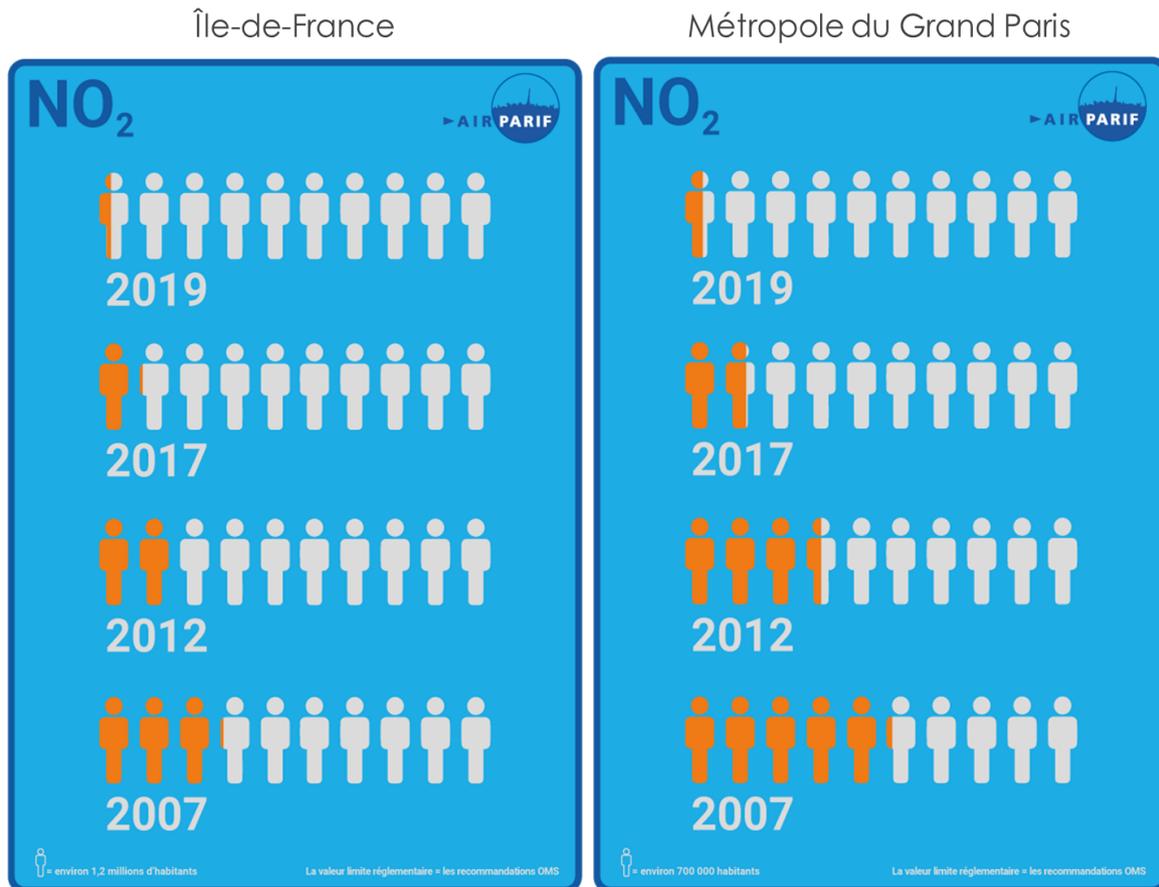


Figure 27 : évolution du nombre de Franciliens (gauche) et d'habitants de la Métropole du Grand Paris (droite) concernés par le dépassement de la réglementation pour le dioxyde d'azote

Compte-tenu de la densité du réseau routier en Île-de-France, les outils de modélisation ne permettent pas à l'heure actuelle d'estimer précisément le nombre d'heures dépassant le seuil horaire de 200 µg/m³ de NO₂ sur l'ensemble du réseau routier régional. Des développements sont en cours pour permettre d'estimer le kilométrage de voirie, la superficie et le nombre de Franciliens exposés à un dépassement de cette valeur limite horaire (concentration supérieure à 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois dans l'année).

⁴ Exposition calculée, conformément à l'article 18 de l'[arrêté du 19 avril 2017](#), en air extérieur au droit des logements, pour comparer les expositions dans les différents pays.

En 2019, ce seuil n'est dépassé sur aucune station du réseau de mesure fixe. Le site ayant enregistré le maximum d'heures de dépassement du 200 µg/m³ est la station trafic Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil (13 heures). Celle-ci ne permet pas, au regard des critères européens, d'évaluer le dépassement de la valeur limite, car le public n'y a pas accès. Elle permet néanmoins de caractériser l'impact maximal observé en bordure immédiate d'un axe majeur, représentatif notamment de l'exposition des usagers de cet axe.

ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE

La Figure 28 montre l'évolution des concentrations moyennes annuelles de 2007 à 2019.

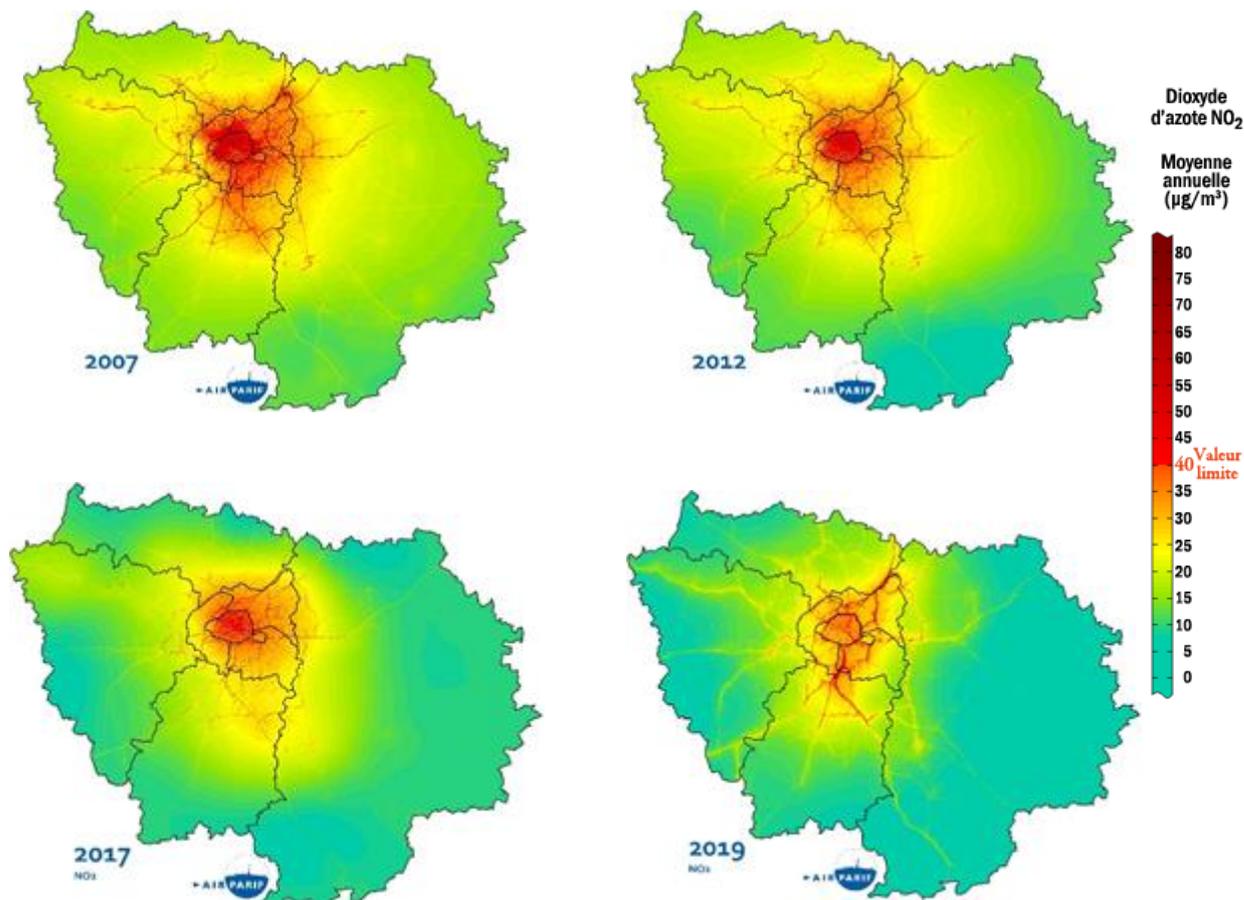


Figure 28 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) de 2007 à 2019 en Île-de-France.

La Figure 28 montre un motif de pollution assez similaire d'une année à l'autre, avec une tendance à la baisse à l'échelle de la région Île-de-France entre 2007 et 2019. Les évolutions méthodologiques apportées à la carte des concentrations moyennes annuelles de NO₂ pour l'année 2019 ont eu pour effet d'illustrer des niveaux en NO₂ à proximité de certains axes routiers régionaux plus importants qu'en 2017. 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, le lecteur est invité à se référer à l' [Annexe 3](#) de ce bilan.

En s'affranchissant des fluctuations météorologiques interannuelles, les teneurs en NO₂ moyennées sur 3 ans montrent **une tendance à la baisse depuis la fin des années 1990 en situation de fond** (Figure 29). Les améliorations technologiques sur les différentes sources d'émissions (trafic, chauffage, industries) expliquent cette baisse, en particulier **la généralisation progressive des pots catalytiques (essence et diesel) sur les véhicules**. De 1996-1998 à 1999-2001, les concentrations de

NO₂ en moyenne sur 3 ans sont globalement stables. De 2000 à 2006, la baisse annuelle moyenne est de -3 %. Depuis 2007, la baisse est beaucoup plus lente (soit -2 % par an en moyenne). Entre 1992 et 2019, les concentrations annuelles de fond en baissé de l'ordre de 40 %.

Le profil de l'évolution du dioxyde d'azote (NO₂) à proximité des axes routiers est très différent. **Entre 1998 et 2012, les niveaux de NO₂ en stations trafic sont globalement constants et une tendance à la diminution n'est observée qu'à partir de 2011-2013.** La moyenne 2017-2019 est la plus faible de l'historique. De 2011 à 2019, les concentrations annuelles en situation de proximité au trafic routier ont baissé de l'ordre de 30 %. Sur cette période, la baisse annuelle moyenne est de 3 %.

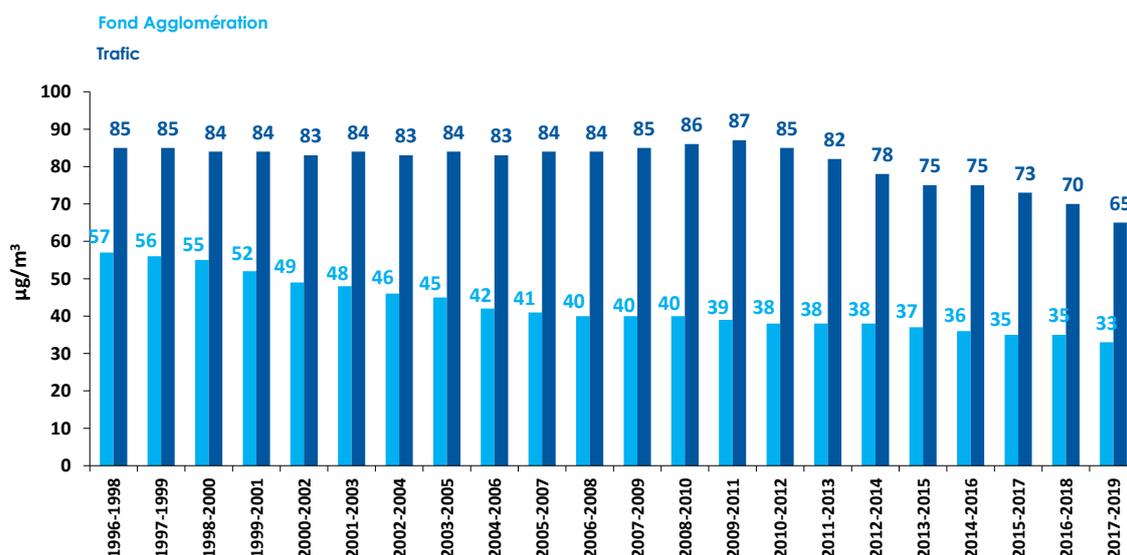


Figure 29 : évolution, à échantillon constant de six stations urbaines de fond (bleu clair) et cinq stations trafic (bleu foncé), de la concentration en moyenne sur 3 ans en dioxyde d'azote (NO₂) dans l'agglomération parisienne de 1996-1998 à 2017-2019

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un polluant complexe lié d'une part, aux émissions directes (secteur des transports, chauffage, industries) et d'autre part, aux équilibres chimiques avec d'autres polluants dans l'atmosphère, en particulier l'ozone (O₃).

Une étude portant sur l'impact spécifique des mesures sur le trafic visant à améliorer la qualité de l'air de Paris et de Londres a été menée par le King's College et Airparif (Font et al., 2019). Cette étude s'intéresse spécifiquement à la part de la pollution liée au trafic routier. Elle permet de mettre en évidence l'influence de l'évolution du parc routier, en lien avec la mise en place des normes euros ou celle de mesures locales visant à diminuer les émissions du trafic.

Sur la période 2005-2009, la stabilité globale des niveaux de NO₂ à proximité du trafic s'explique notamment par la diésélisation du parc routier. En effet, de nombreuses études montrent que le traitement réalisé pour réduire les émissions de particules a entraîné une hausse des émissions de NO₂ primaire depuis l'introduction des diesels Euro 3 (Grice et al., 2009; Weiss et al., 2012; Carslaw et al., 2016).

La diminution des niveaux de NO₂ à proximité du trafic routier est liée à l'introduction de la norme Euro 5, en particulier pour les véhicules lourds. Notons toutefois que la norme Euro 5 sur les véhicules légers diesel n'a pas permis de baisse significative des émissions réelles. En effet, les émissions de ce polluant en conditions réelles de circulation sont très largement supérieures aux standards correspondant à cette norme.

Cette étude a également confirmé les variations observées selon la typologie des stations, qui peuvent s'expliquer par une composition différente du parc routier, notamment concernant les deux-roues motorisés et les véhicules diesel. **Sur la dernière décennie, les axes où sont implantées les stations trafic parisiennes ont connu une diminution du trafic routier et une augmentation du pourcentage de deux-roues.** Elles sont donc moins concernées que le Boulevard Périphérique et les grands axes autoroutiers par l'essor du diesel.

Outre la baisse des émissions de NO_x, **une des raisons majeures des évolutions des niveaux de dioxyde d'azote, tant en situation de fond qu'en proximité au trafic routier, est liée au renouvellement du parc routier et à l'évolution des émissions primaires de NO₂ des véhicules diesel.**

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 30 donne les plus fortes concentrations relevées sur l'historique de mesures depuis 1991 pour le dioxyde d'azote (NO₂) et les oxydes d'azote (NO_x).

NO ₂ Historique 1991-2019	Fond		Proximité trafic	
	Valeur	Où et quand ?	Valeur	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte (µg/m ³)	69	Neuilly-sur-Seine, 1994	114	Boulevard périphérique Auteuil 2010
Concentration horaire maximale (µg/m ³)	483	Gennevilliers le 10 octobre 1995 à 12h légales	519	Avenue des Champs-Élysées le 11 avril 1991 à 21h légales
Nombre d'heures de dépassement de 200 µg/m ³ le plus fort	12	Paris 18ème, 2003	312	Boulevard périphérique Auteuil, 2009

NO _x Historique 1991-2019	Fond		Proximité trafic	
	Valeur (µg/m ³ équiv NO ₂)	Où et quand ?	Valeur (µg/m ³ équiv NO ₂)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	134	Neuilly-sur-Seine, 1994	673	Boulevard périphérique Auteuil 1994

Figure 30 : records annuels pour le dioxyde d'azote (NO₂) et les oxydes d'azote (NO_x) en Île-de-France sur l'historique 1991-2019

En résumé pour le dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote (NO₂), polluant majoritairement émis par le trafic routier, reste une problématique marquée en Île-de-France au regard de la réglementation en vigueur

Bien qu'une diminution des niveaux moyens annuels en NO₂ se confirme à nouveau tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier, les grands axes de circulation parisiens et régionaux enregistrent des concentrations toujours près de deux fois supérieures à la valeur limite annuelle (40 µg/m³)

Pour la première fois, certains axes trafic parisiens et régionaux enregistrent des concentrations moyennes annuelles inférieures aux seuils réglementaires, entraînant ainsi une baisse notable du nombre de Franciliens potentiellement exposés à ces dépassements.

En 2019, environ 500 000 personnes (soit 4 % des Franciliens) situées dans le cœur dense de l'agglomération sont potentiellement exposées à un dépassement de la valeur limite annuelle.

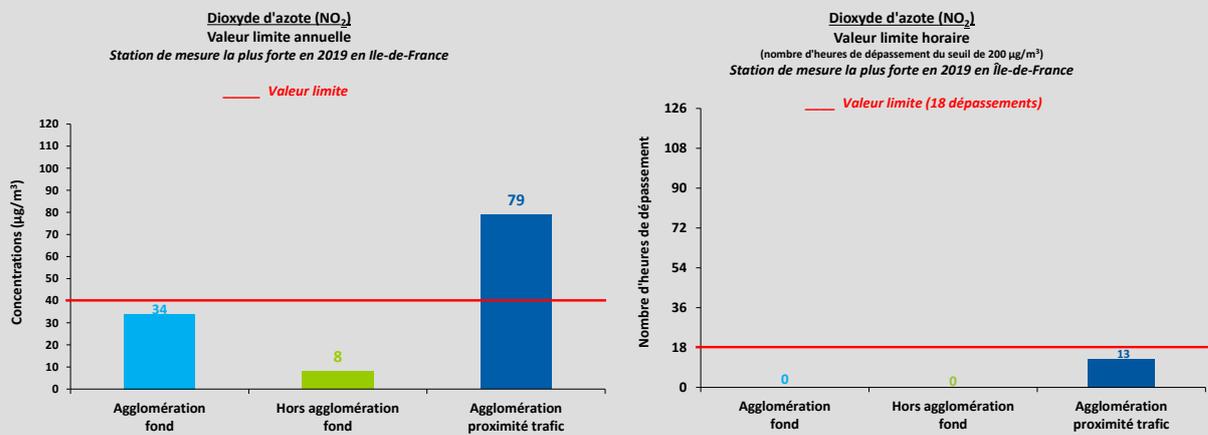


Figure 31 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air (annuelle et horaire) en dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France en 2019

Ozone
O₃

L'ozone n'est pas directement émis dans l'atmosphère. Il s'agit d'un **polluant secondaire**. Il est principalement **formé par réaction chimique entre des gaz « précurseurs »**, le dioxyde d'azote (NO₂) et les Composés Organiques Volatils (COV), sous l'effet du rayonnement solaire (UV).

SANTÉ

À des concentrations élevées, l'ozone provoque des problèmes respiratoires, déclenchement de crises d'asthme, diminution de la fonction pulmonaire et apparition de maladies respiratoires. Les derniers travaux montrent qu'à long terme, des liens sont observés avec la mortalité respiratoire et cardio-respiratoire, notamment pour des sujets prédisposés par des maladies chroniques (pulmonaires, cardiaques, diabète), avec l'asthme (incidence ou sévérité) et la croissance de la fonction pulmonaire chez les jeunes.

ENVIRONNEMENT

L'ozone a un effet néfaste sur la végétation, notamment la photosynthèse, qui conduit à une baisse de rendement des cultures. Il a une action **nécessaire** sur les feuilles et dégrade les matériaux de construction. Il contribue également à l'effet de serre.

TENDANCES 2009/2019

+25%
Loi du trafic

NORMES FRANÇAISES ET RECOMMANDATIONS OMS

Santé		Végétation		
Valeur cible	Objectif de qualité Objectif à long terme	Valeur cible AO _{T40} *	Objectif de qualité Objectif à long terme AO _{T40} *	Recommandation OMS
120 µg/m ³ en moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser + de 25 jours par an en moyenne sur 3 ans	120 µg/m ³ en moyenne sur 8 heures	= 18 000 µg/m ³ .h ⁻¹ en moyenne sur 5 ans	= 6 000 µg/m ³ .h ⁻¹ sur une année	100 µg/m ³ en moyenne sur 8 heures
Dépassée	Dépassé	Respectée	Dépassé	Dépassée

*pour « Accumulation Over Threshold », correspond à la somme des différences entre les mesures horaires d'ozone supérieures à 80 µg/m³ et la valeur de 80 µg/m³, relevées entre 9 et 21h légales, du 1^{er} mai au 31 juillet de l'année considérée.

En 2019, les objectifs de qualité, ainsi que la valeur cible relative à la protection de la santé sont dépassés en Île-de-France. Ce non-respect des normes est dû en partie aux conditions météorologiques très estivales survenues sur la région. Le nombre de jours de dépassement de ces seuils réglementaires aux stations est supérieur à ceux de 2017, mais inférieur à 2018, année durant laquelle une météo estivale encore plus chaude et ensoleillée avait été observée.

OZONE (O₃)

SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÈGLEMENTATION

L'ozone est un polluant secondaire dont les teneurs sont très influencées par les conditions météorologiques, notamment printanières et estivales. En effet, ces conditions sont propices à la formation de l'ozone par réactions chimiques, à partir des oxydes d'azote (émis essentiellement par le trafic routier) et les composés organiques volatils. L'année 2019 est encore une année chaude et ensoleillée. **Les conditions anticycloniques observées de juin à août 2019, couplées à plusieurs épisodes caniculaires et un très fort ensoleillement ont conduit à une élévation importante des concentrations en ozone.** Il en résulte ainsi **des teneurs en ozone très supérieures à celles enregistrées en 2017** (en particulier, les paramètres concernant les dépassements du seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures), **mais inférieures à celles de 2018**, où les conditions météorologiques estivales étaient encore plus intenses.

Protection de la santé

À l'image des années précédentes, **l'objectif de qualité relatif à la protection de la santé** (seuil de 120 µg/m³ sur une période de 8 heures, à ne pas dépasser dans l'année) **est dépassé en tout point de la région en 2019** (Figure 32). C'est également le cas du seuil recommandé par l'OMS (100 µg/m³ à ne pas dépasser sur une période de 8 heures).

Les zones périurbaines et rurales sont généralement plus touchées que le cœur de l'agglomération parisienne. Le dépassement est plus ou moins important selon les conditions météorologiques dominantes de l'année, en particulier les conditions estivales.

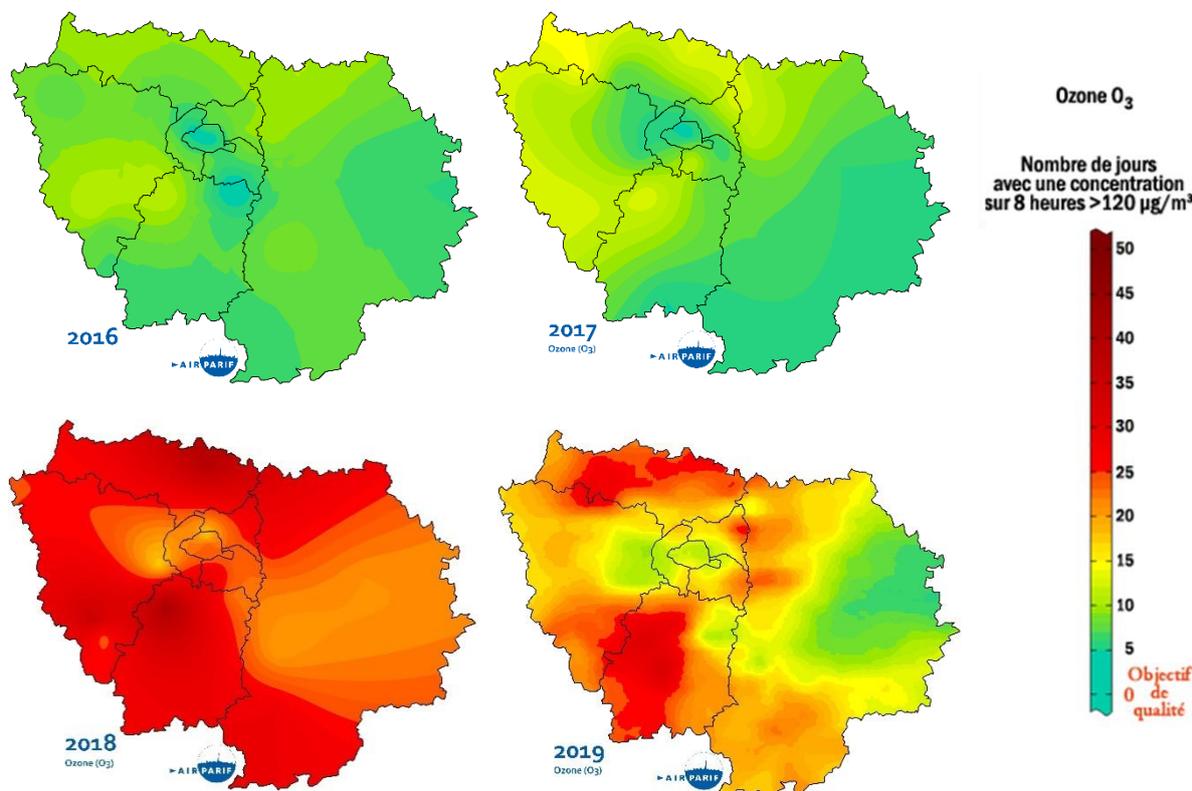


Figure 32 : nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité en ozone (O₃) (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures) en Île-de-France de 2016 à 2019

En 2019, les cartographies du nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité et de la valeur cible en ozone ont connu une évolution méthodologique. Les phénomènes de grande ampleur, qui caractérisent le processus de formation de l'ozone, sont particulièrement apparents sur les cartographies produites par la plateforme inter-régionale de la qualité de l'air ESMERALDA. Les cartographies présentées en Figure 32 et Figure 33 résultent des sorties brutes de cette plateforme, auxquelles des traitements statistiques ont été appliqués. Pour plus de détails, le lecteur est invité à se référer à l'[Annexe 3](#) de ce bilan.

En raison d'une insolation et de températures plus importantes entre juin et septembre, **l'année 2019 a enregistré un nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité très supérieur à celui de 2017** (+10 jours en moyenne pour les stations automatiques du réseau), **mais inférieur à celui de 2018** (-10 jours).

La **valeur cible relative à la protection de la santé**, établie en moyenne sur 3 ans, était dépassée jusqu'en 2007 dans les zones rurales du sud-ouest et du nord de la région. **Respectée depuis la période 2006-2008, cette valeur cible est de nouveau dépassée sur la région et plus spécifiquement dans certaines zones périurbaines et rurales de l'Essonne et du Val-d'Oise sur la période 2017-2019**, du fait des conditions estivales intenses en 2018 et 2019 (Figure 33).

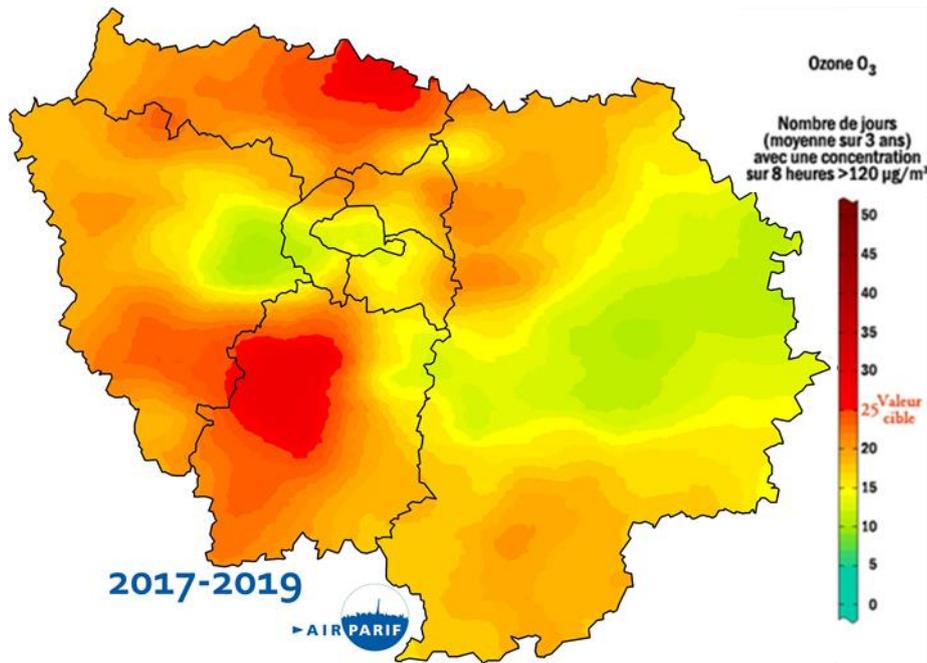


Figure 33 : situation de l'Île-de-France au regard de la valeur cible en ozone (O₃) pour la santé (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures) en Île-de-France – Période 2017-2019

La moyenne du nombre de jours de dépassement du seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures reste plus élevée dans les zones rurales et périurbaines que dans le cœur de l'agglomération parisienne (Figure 34). Ce constat est attribué à l'effet « puits d'ozone » caractéristique des grandes métropoles au centre desquelles se concentrent les sources d'oxydes d'azote (NO_x), telles que le trafic routier et le chauffage résidentiel qui, par réaction avec l'ozone, consomment celui-ci.

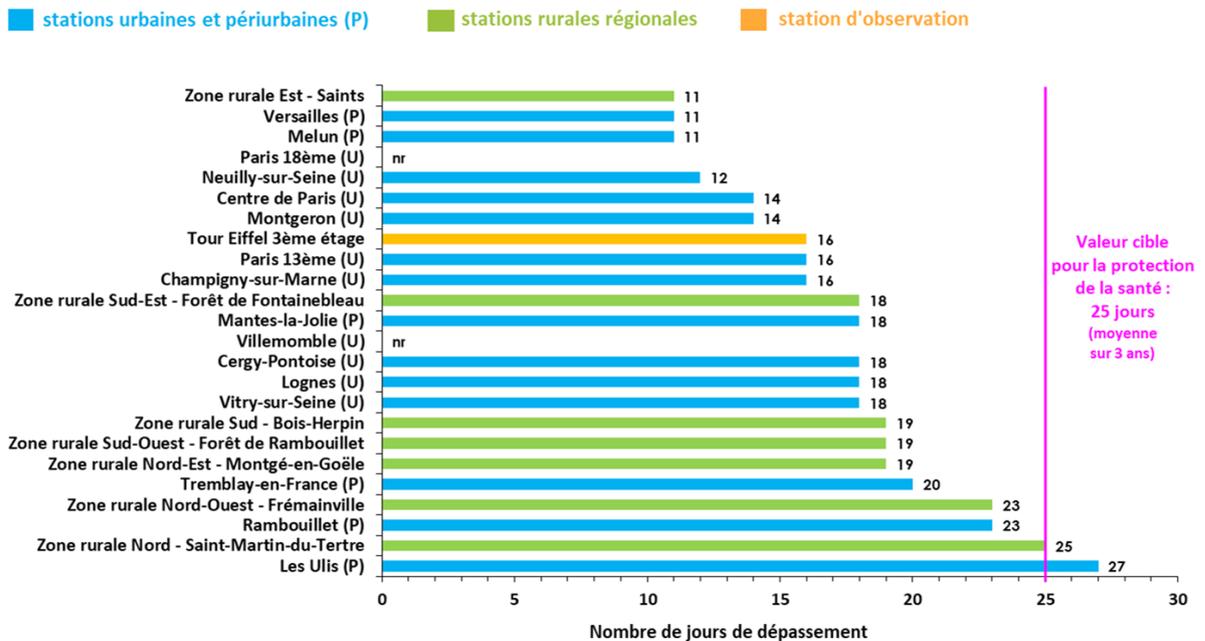


Figure 34 : nombre de jours de dépassement de la valeur cible en ozone (O₃) pour la protection de la santé (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures) en Île-de-France (moyenne 2017-2019)
 nr : non représentatif

Protection de la végétation

De nombreuses études scientifiques ont montré les effets néfastes de l'ozone sur la végétation, du fait de son fort pouvoir oxydant. Il peut s'agir de la végétation naturelle (en particulier, les forêts et zones d'intérêt écologique), mais également des cultures (notamment les céréales). Le blé a, par exemple, fait l'objet de nombreux travaux montrant des baisses de rendement associées à de forts niveaux d'ozone durant la période de croissance [Feng et al, 2008].

De ce fait, la réglementation intègre **des objectifs de qualité et des valeurs cibles calés sur les périodes de pleine végétation et de culture situées au printemps et au début de l'été**. Ainsi, l'AOT 40 représente un cumul des concentrations dépassant un certain seuil (80 µg/m³) sur l'ensemble de la période végétative (mai-juillet). Il s'exprime en µg/m³.h⁻¹.

La situation de l'AOT par rapport au **seuil de la valeur cible** (fixé à 18 000 µg/m³.h⁻¹) se juge en moyenne sur une période de 5 ans. Par conséquent, la moyenne est moins fluctuante d'une année à l'autre. **En 2019, la valeur cible est encore respectée en tout point de l'Île-de-France**. La plus forte moyenne enregistrée par station sur la période 2015-2019 est de 15 403 µg/m³.h⁻¹ (+ 3 % par rapport à 2018).

A contrario, **l'objectif de qualité français pour la protection de la végétation** (fixé à 6 000 µg/m³.h⁻¹ de mai à juillet, équivalent à l'objectif à long terme européen) est **dépassé en Île-de-France tous les ans**. En 2019, toutes les stations du réseau d'Airparif enregistrent des teneurs supérieures à l'objectif de qualité pour la protection de la végétation, tout comme en 2018. Le constat de dépassement est généralement prononcé dans les zones rurales et périurbaines visées par ce seuil de protection, où **les teneurs sont jusqu'à environ 3 fois supérieures à la norme** (Figure 35).

En 2019, les teneurs en ozone constituant l'AOT40 ont été entre 1.1 et 2.3 fois inférieures à celles relevées en 2018. **Les conditions météorologiques estivales plus intenses en 2018 qu'en 2019 (fortes températures, ensoleillement excédentaire) expliquent ce constat**.

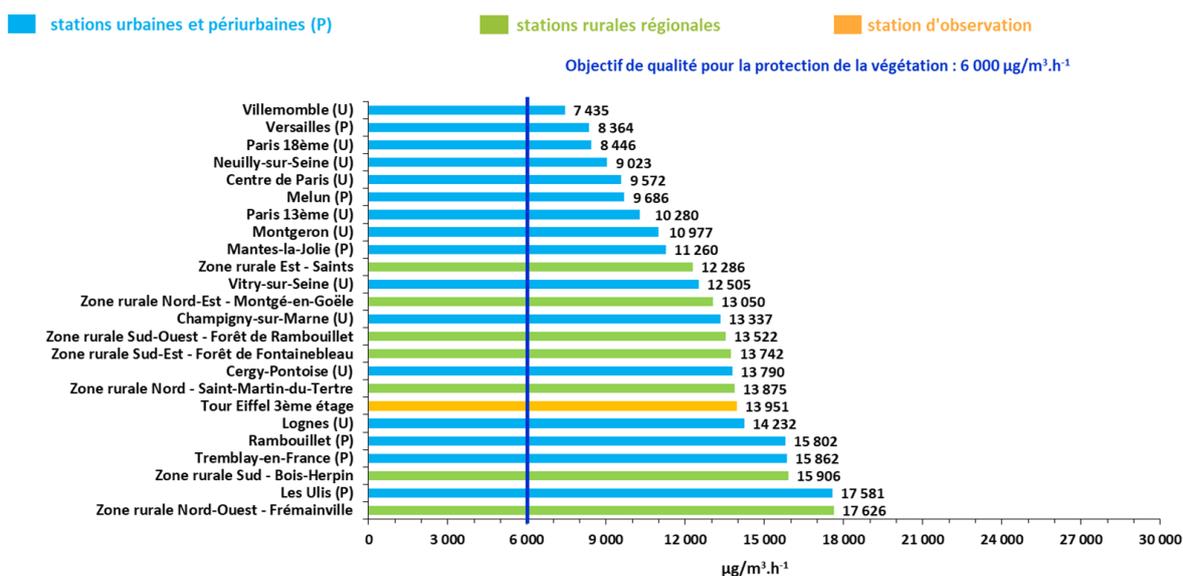


Figure 35 : situation par rapport à l'objectif de qualité en ozone (O₃) pour la protection de la végétation (AOT40, seuil de 6 000 µg/m³.h⁻¹) en Île-de-France en 2019

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME POUR LA PROTECTION DE LA SANTÉ

Compte-tenu des fortes fluctuations interannuelles liées aux conditions météorologiques, **le nombre moyen de jours de dépassement de l'objectif de qualité relatif à la protection de la santé** (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures) **peut considérablement varier dans le temps**. Il s'analyse donc au regard de la météorologie estivale, et notamment de la présence de périodes durablement chaudes et ensoleillées.

L'année 2019 se caractérise par une forte insolation et un nombre de jours de forte chaleur supérieur à la moyenne (17 en 2017, 22 en 2018, 20 en 2019). Les nombres de jours moyens de dépassement de l'objectif de qualité dans l'agglomération et en zone rurale en 2019 sont supérieurs à ceux des douze dernières années, à l'exception de l'année 2018 (Figure 36).

Ce nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité reste en dessous de l'année 2018, qui avait connu un épisode de canicule durable et très intense, et est très inférieur à l'année 2003.

Sur la période 1998-2019, **le nombre de jours de dépassement ne montre pas de tendance à la baisse. Il reste continuellement supérieur à l'objectif de qualité** (aucun dépassement autorisé).

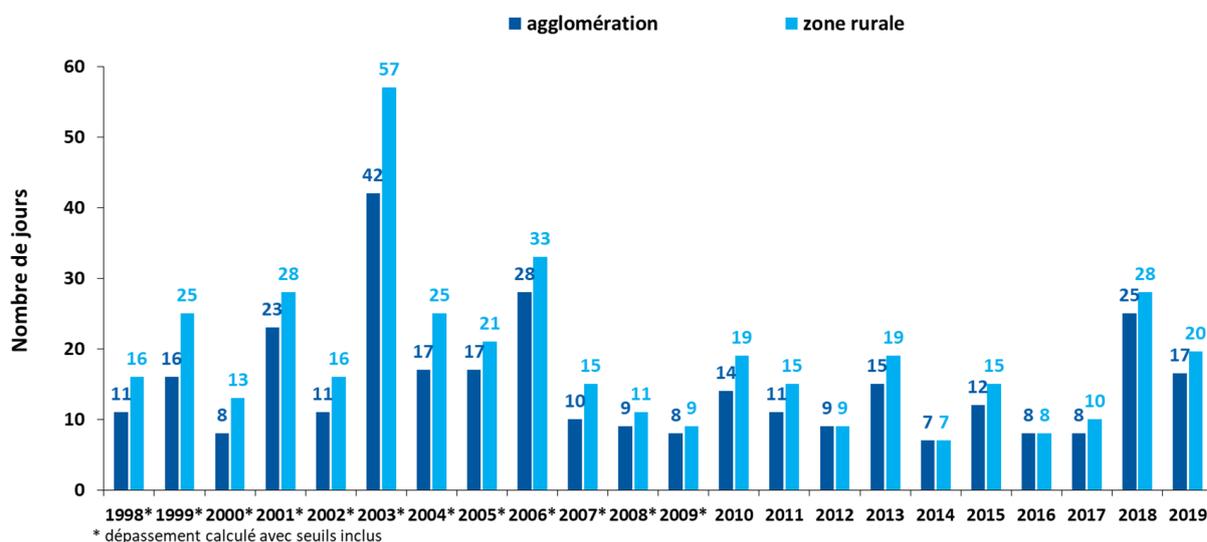


Figure 36 : nombre moyen de jours de dépassement de l'objectif de qualité en ozone (O₃) (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures) en Île-de-France de 1998 à 2019

Compte-tenu de cette forte dépendance aux conditions météorologiques, l'évolution du nombre de jours de dépassement du seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures ne peut s'évaluer de manière pertinente que sur le moyen terme. La Figure 37 illustre la situation en ozone par rapport à la valeur cible pour la protection de la santé, calculée en moyenne sur 3 ans.

Sur les périodes 2006-2008 à 2016-2018, la valeur cible pour la protection de la santé a été respectée en tout point de l'Île-de-France. La période allant de 2007-2009 à 2015-2017 enregistre le plus faible nombre de jours de dépassement sur tout l'historique.

Le nombre de jours de dépassement de la valeur cible sur les stations les plus fortes dans l'agglomération et en zone rurale est en augmentation depuis la période 2016-2018 (Figure 37). Cette hausse est due aux conditions météorologiques estivales exceptionnelles de 2018 et 2019, avec notamment de fortes températures et une insolation très excédentaire, qui ont engendré des concentrations élevées en ozone. **Le retour d'un dépassement de la valeur cible sur la période 2017-2019 empêche d'établir une tendance claire et d'estimer le risque de dépassement pour les années à venir.**

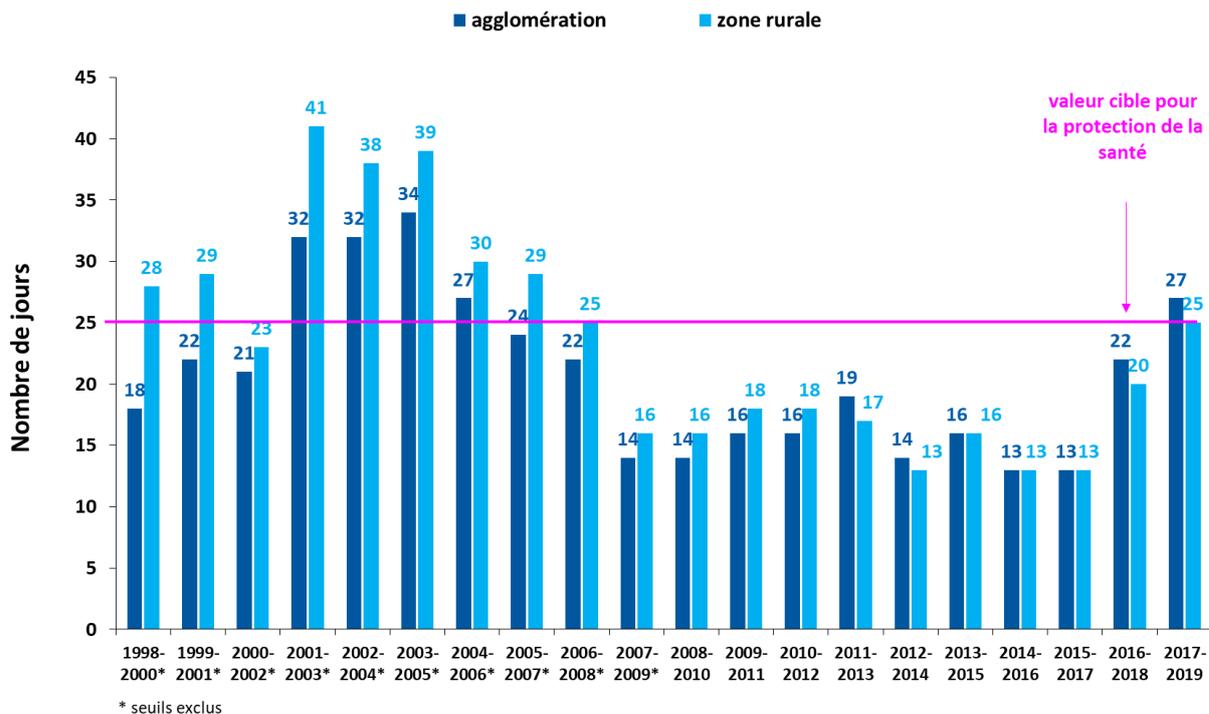


Figure 37 : nombre de jours de dépassement du seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures en ozone en moyenne sur 3 ans (valeur cible pour la protection de la santé) sur la station de mesure la plus forte en Île-de-France de 1998-2000 à 2017-2019

Entre 1994 et 2019, les niveaux moyens annuels d'ozone mesurés dans l'agglomération parisienne ont augmenté de 96 % (Figure 38). Cette hausse a été significative dans la première partie de l'historique. **Entre 1994 et 2003, le rythme moyen annuel de hausse était d'environ +7 % par an. Entre la période 2001-2003 et 2015-2017, les niveaux urbains de fond en ozone sont statistiquement stables. Depuis 2016-2018, les concentrations moyennes annuelles en ozone connaissent une nouvelle augmentation ; celles mesurées sur la période 2017-2019 étant les plus fortes de l'historique.**

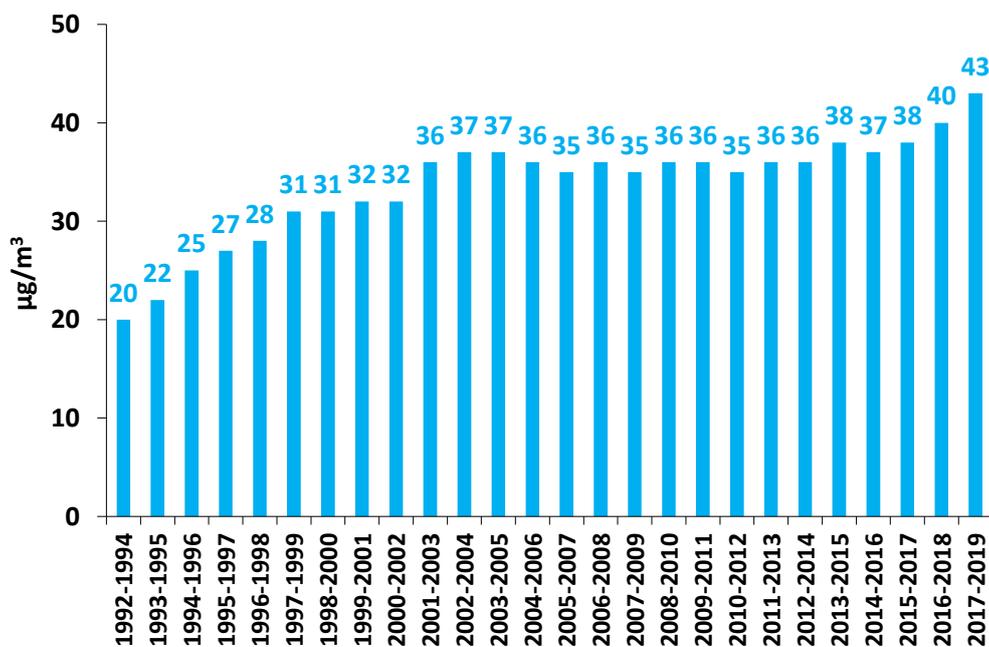


Figure 38 : évolution, à échantillon constant de trois stations urbaines de fond, de la concentration moyenne sur 3 ans en ozone (O₃) dans l'agglomération parisienne de 1992-1994 à 2017-2019

Cette hausse a été constatée en France, mais également dans toute l'Europe. Elle est principalement liée à deux phénomènes. Le premier tient paradoxalement à la diminution des niveaux d'oxydes d'azote (NO_x) dans les grandes agglomérations des pays les plus développés. En effet, la baisse régulière des niveaux de monoxyde d'azote (NO), qui localement dans les cœurs urbains détruit chimiquement l'ozone, induit une hausse des niveaux moyens d'ozone.

Le second s'observe dans l'ensemble de l'hémisphère nord : il tient à la hausse globale des émissions de précurseurs de l'ozone (multipliées par 5 en un siècle). **Les scientifiques s'accordent pour dire qu'il n'y aura pas de baisse des niveaux moyens d'ozone tant que les émissions de précurseurs à l'échelle globale ne diminueront pas de manière sensible** [Collette et al., 2011 ; Guerreiro et al., 2014 ; Weber et al., 2018]. L'augmentation du transport intercontinental de l'ozone et de ses précurseurs dans l'hémisphère nord est également à prendre en compte (EEA, 2010a, 2010b).

Une récente étude a également montré que le dérèglement climatique (qui multiplie les vagues de chaleur et de sécheresse) renforce le stress hydrique de la végétation. Ce phénomène limite fortement la capacité des plantes à capter l'ozone dans l'air et à l'éliminer efficacement. Par conséquent, l'absorption de l'ozone par une végétation en état de stress hydrique est fortement remise en cause et pourrait potentiellement expliquer l'augmentation des niveaux moyens annuels rencontrés en Europe (Lin et al., 2020).

Sur le moyen et long terme, l'ozone peut éventuellement rester en Île-de-France une problématique chronique récurrente. Les niveaux de pointe en ozone sont étroitement liés aux vagues de chaleur et de sécheresse, dont la fréquence et l'intensité tendent à augmenter en Europe (Lin et al., 2020). L'évolution éventuelle de la fréquence des épisodes caniculaires a un impact important sur ce paramètre, sans qu'il soit possible d'en évaluer précisément l'ampleur. Le changement climatique devrait affecter les futures concentrations d'ozone, en raison de l'évolution des conditions météorologiques, ainsi qu'en raison de l'augmentation des émissions de précurseurs spécifiques (notamment celles des COV biogéniques dues à la hausse des températures).

La quantification des futurs niveaux d'ozone reste néanmoins incertaine, compte-tenu de la complexité des processus de formation de ce composé. Les modélisations prévoient une augmentation des concentrations en ozone à moyen et long terme, au-delà de 2040 (ETC/ACM, 2015). Toutefois, cette tendance pourrait être très probablement compensée par les mesures envisagées de réduction des émissions de précurseurs d'ozone (Collette et al, 2013). Le changement climatique, combiné à cette réduction des émissions, pourrait influencer les futurs niveaux d'ozone (EEA,2015).

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 39 indique les concentrations d'ozone les plus fortes relevées depuis 1992.

Historique 1992-2019	Fond urbain et péri-urbain		Fond rural régional	
	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	61	Les Ulis, 2019	64	Zone rurale Nord-Ouest Frémenville, 2019
Concentration horaire maximale	340	Tremblay-en-France le 11 août 1998 à 18h légales	327 ⁽¹⁾	Zone rurale Sud-Est Forêt de Fontainebleau, le 31 juillet 1992 à 20h légales
Concentration sur 8 heures maximale	252	Les Ulis le 8 août 2003 de 13h à 21h légales	260	Zone rurale Sud-Ouest Forêt de Rambouillet, le 8 août 2003 de 13h à 21h légales
	Valeur (jours)	Où et quand ?	Valeur (jours)	Où et quand ?
Nombre de jours de dépassement de 120 µg/m ³ sur 8h le plus fort	56	Les Ulis, 2003	68	Zone rurale Sud-Ouest Forêt de Rambouillet, 2003
Nombre de jours de dépassement de 180 µg/m ³ sur 1h le plus fort	14	Cergy-Pontoise, 2003	18	Zone rurale Sud-Ouest Forêt de Rambouillet, 1995

(1) 357 µg/m³ à Frémenville le 12 juillet 1994 durant une campagne de mesure temporaire

Figure 39 : records annuels pour l'ozone (O₃) en Île-de-France sur l'historique 1992-2019

En résumé pour l'ozone

L'ozone (O₃), polluant secondaire et gaz à effet de serre, reste une problématique chronique récurrente en Île-de-France

Les objectifs de qualité relatifs à la protection de la santé et de la végétation sont dépassés en tout point de la région en 2019

L'intensité de ces dépassements est très dépendante des conditions météorologiques (notamment les paramètres température et ensoleillement).

La valeur cible relative à la protection de la santé est à nouveau dépassée en 2019, en particulier dans certaines zones périurbaines et rurales.

100 % des Franciliens sont concernés par le dépassement de la valeur recommandée par l'OMS (fixée à 100 µg/m³ sur 8 heures)

L'ozone est le seul polluant pour lequel les concentrations moyennes annuelles augmentent.

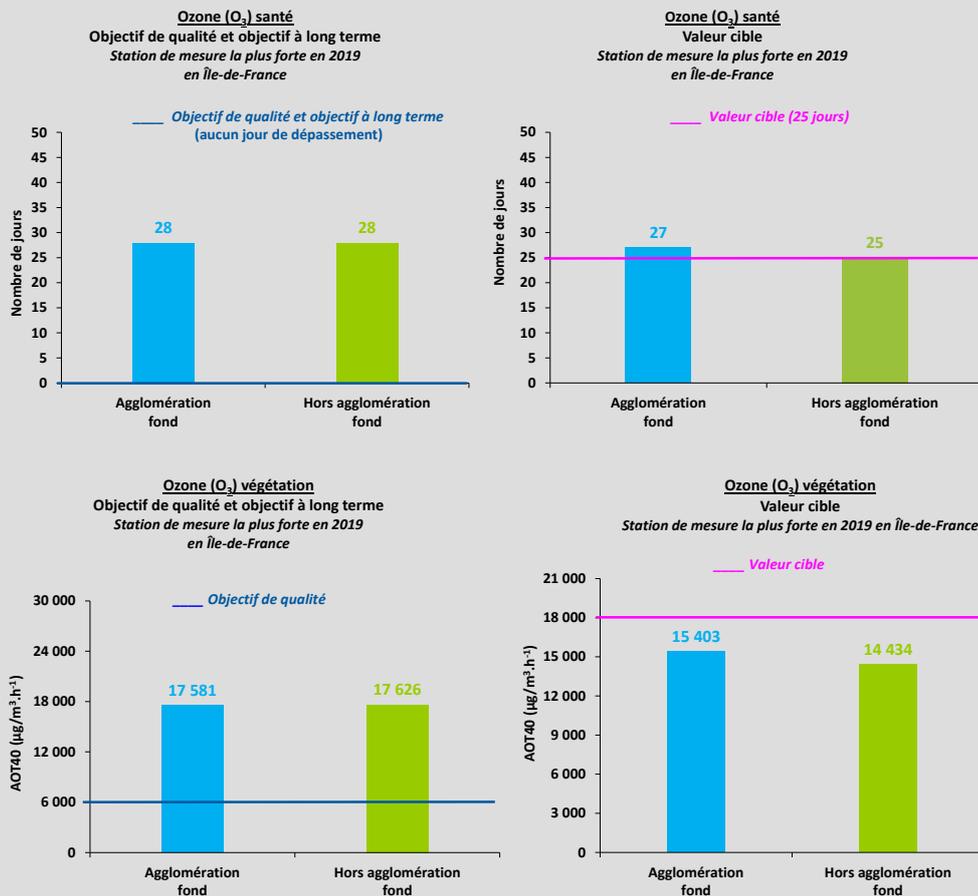


Figure 40 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en ozone (O₃) en Île-de-France en 2019

Benzène C₆H₆

Le benzène est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). C'est un **polluant émis majoritairement par le trafic routier, plus particulièrement par les véhicules à motorisation essence dont les deux-roues motorisés**. Il est également présent à proximité des zones de stockage et de distribution de carburants, comme les **stations-services**. Le benzène peut être également émis lors de la **combustion de biomasse type chauffage au bois domestique**.



SANTÉ

Le benzène est cancérogène pour l'homme.



ENVIRONNEMENT

Le benzène a un effet indirect sur l'environnement puisque c'est un précurseur d'ozone qui perturbe la photosynthèse et provoque un impact négatif sur la végétation.



TENDANCES 2009/2019



-25%

Loin du trafic



-50%

Le long du trafic



NORMES FRANÇAISES

Valeur limite annuelle

5 µg/m³
en moyenne annuelle

Respectée

Objectif de qualité

2 µg/m³
en moyenne annuelle

Dépassement
peu probable

Tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier, les niveaux annuels de benzène ont baissé en 2019. La valeur limite annuelle (fixée à 5 µg/m³) est respectée en tout point de la région Île-de-France. Respecté en situation de fond, l'objectif de qualité (fixé à 2 µg/m³) est très ponctuellement dépassé le long de certaines voies de circulation franciliennes.

BENZÈNE (C₆H₆)

SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÈGLEMENTATION

Les cartes de la Figure 41 illustrent les concentrations moyennes annuelles en benzène en Île-de-France, ainsi qu'un zoom sur la petite couronne parisienne pour l'année 2019.

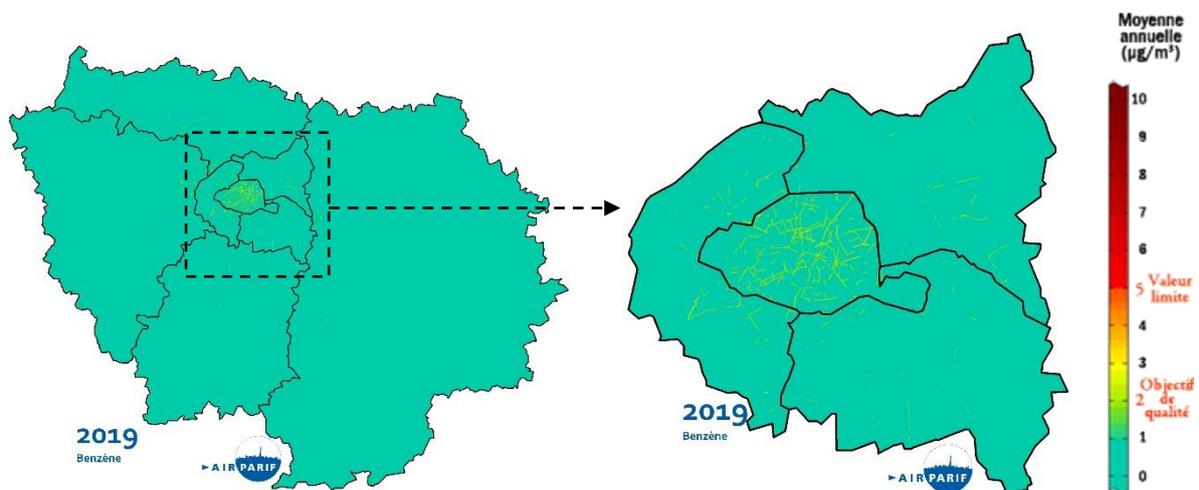


Figure 41 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne en 2019

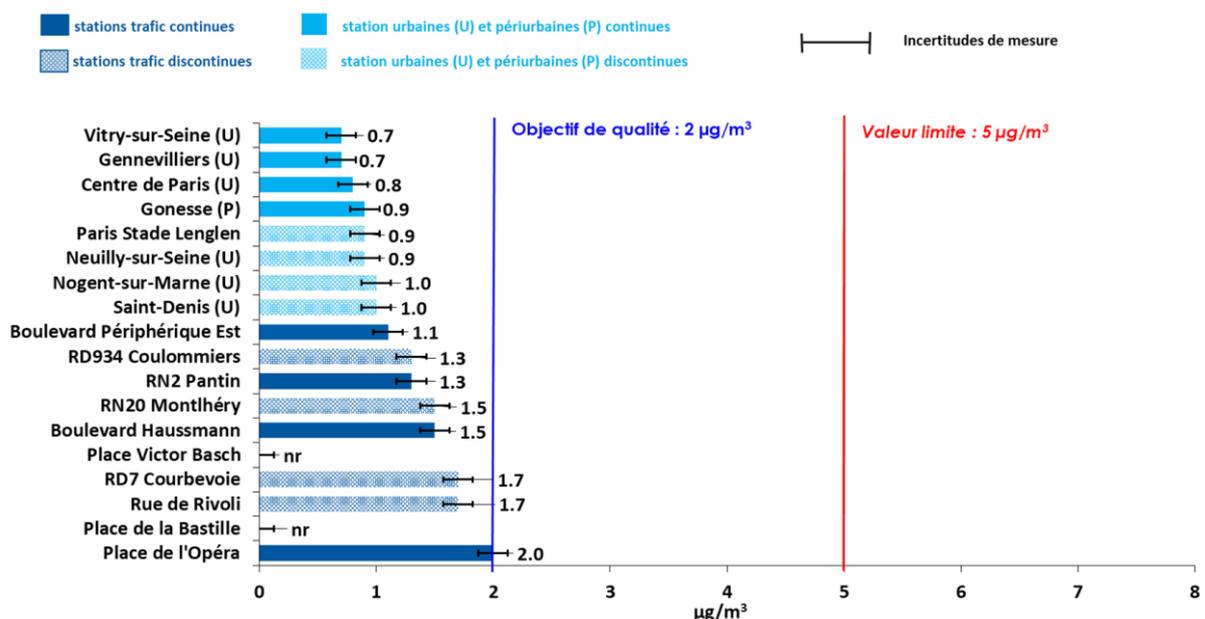
Chaque année, les concentrations moyennes annuelles de benzène sont légèrement plus élevées dans le cœur dense de l'agglomération parisienne.

En situation de fond, les concentrations de benzène sont largement inférieures à l'objectif de qualité français et à la valeur limite (2 µg/m³ et 5 µg/m³ en moyenne annuelle, respectivement). Les niveaux relevés en 2019, compris entre 0,7 et 1 µg/m³, sont relativement proches de ceux des quatre dernières années (Figure 42).

Les concentrations moyennes annuelles en benzène sont plus élevées au droit des axes routiers parisiens en raison de conditions de circulation souvent congestionnées, couplées à une configuration défavorable à la dispersion des polluants (axes confinés dans le tissu urbain : effet des rues « canyon »). Sur les stations trafic du réseau permanent d'Airparif, elles sont comprises entre 1,1 et 2 µg/m³. Cette gamme de concentrations est légèrement plus faible que celle observée en 2018.

À proximité du trafic routier, les niveaux moyens annuels en benzène sont largement inférieurs au seuil de la valeur limite européenne. En 2019, aucune station trafic du réseau d'Airparif ne dépasse l'objectif de qualité français (fixé à 2 µg/m³). Sur la station trafic mesurant les plus fortes concentrations en benzène (Place de l'Opéra), la moyenne annuelle observée atteint cette valeur. Ce constat se base sur les résultats de la modélisation et les observations du réseau de mesure, notamment sur les axes parisiens chargés (Rue de Rivoli,...). Toutefois, il n'est pas exclu que des dépassements de l'objectif de qualité se produisent très ponctuellement au droit de certains axes routiers parisiens et régionaux.

Ces résultats sont à considérer hors influence directe et locale de sources ponctuelles importantes de Composés Organiques Volatils (COV) et plus particulièrement de benzène (type raffinerie). En effet, des concentrations ponctuellement plus importantes peuvent être rencontrées à proximité immédiate de sources d'émissions, telles que les stations-service ou les garages, qui font l'objet de campagnes de mesure spécifiques.



En complément des mesures automatiques, Airparif réalise des mesures discontinues de benzène depuis 2007. Ces mesures sont effectuées au moyen de tubes à diffusion durant 12 semaines, réparties uniformément sur l'année. Tous les sites sont caractérisés par une fréquentation piétonne (fond) ou par la présence d'habitations riveraines au voisinage immédiat d'un axe routier (trafic). Pour ces sites, les résultats indiqués représentent la moyenne de ces douze semaines, représentatifs d'une moyenne annuelle. Il s'agit ainsi de mesures indicatives.

Figure 42 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France en 2019
nr : non représentatif

En 2019, moins d'1 % de la population francilienne serait potentiellement exposée à un air excédant l'objectif de qualité français (fixé à 2 µg/m³ en moyenne) pour le benzène. La majorité des personnes concernées par ce dépassement réside dans l'agglomération parisienne.

Le nombre de Franciliens potentiellement soumis à un dépassement de l'objectif de qualité en benzène est en **forte baisse depuis le début des années 2000**. En 2002, 3,2 millions de Franciliens étaient en effet potentiellement touchés.

ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE

Après une très forte baisse enregistrée jusqu'au début des années 2000 (-66 % entre 1994-1996 et 2000-2002, de par la diminution du taux de benzène dans les carburants), **les niveaux diminuent beaucoup plus lentement ces dernières années et tendent à se stabiliser** (Figure 43). Les niveaux moyens en benzène mesurés sur la période 2016-2018 et 2017-2019 sont les plus faibles de l'historique.

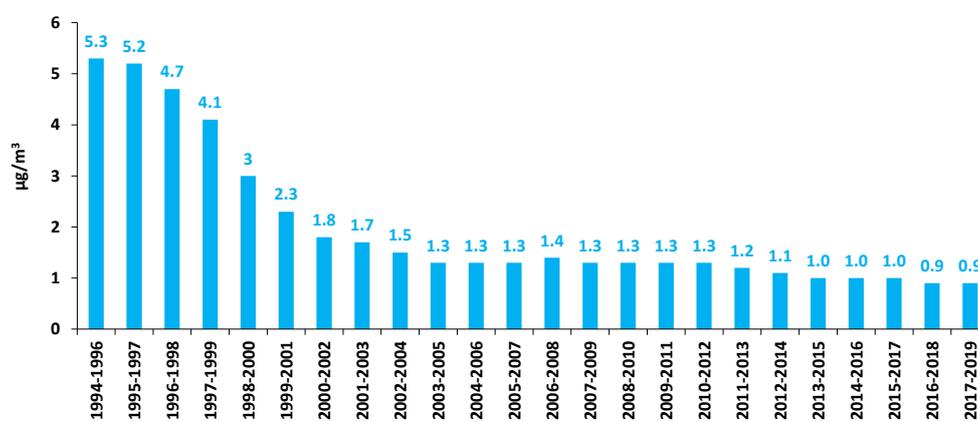


Figure 43 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, de la concentration moyenne de benzène sur 3 ans dans l'agglomération parisienne de 1994-1996 à 2017-2019

À proximité du trafic routier, la tendance des teneurs en benzène suit celle des autres polluants primaires directement émis par le trafic routier (particules, NO₂), avec toutefois **une baisse plus marquée en 2000**, date à laquelle une réglementation européenne⁵ a limité le taux de benzène dans les carburants. Entre 1994-1996 et 2000-2002, la concentration moyenne en benzène sur la station trafic de la Place Victor Basch a diminué d'un facteur 3. **Depuis 2007, la baisse observée s'est sensiblement ralentie** (de l'ordre de -50 % entre 2009 et 2019) (Figure 44).

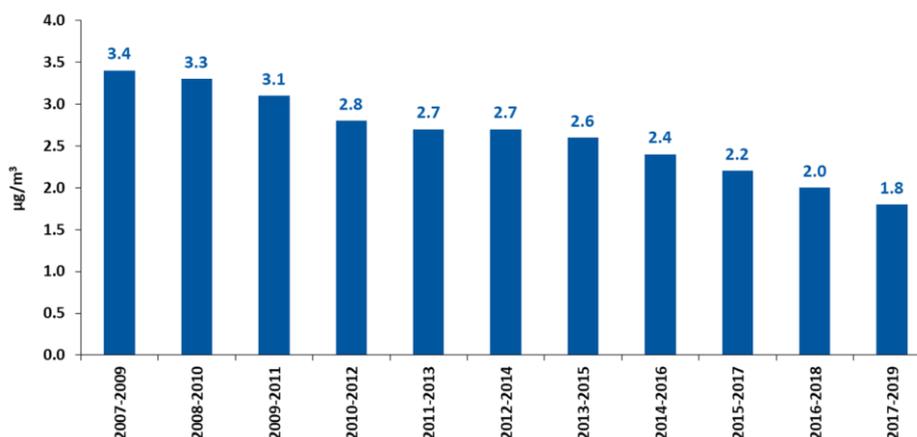


Figure 44 : évolution de la concentration moyenne en benzène sur 3 ans sur 5 stations trafic (Place Victor Basch, Place de l'Opéra, Boulevard Haussmann, RN2 Pantin, RD7 Courbevoie) de 2007-2009 à 2017-2019

⁵ Directive 98/70/CE du Parlement européen et du Conseil du 13 octobre 1998, modifiée par la Directive Européenne n°2003-17/CE du 03 mars 2003.

En résumé pour le benzène

La valeur limite annuelle (fixée à 5 µg/m³) est respectée en tout point de l'Île-de-France depuis 2006
Respecté en situation de fond, l'objectif de qualité français (fixé à 2 µg/m³) reste très ponctuellement dépassé le long de certains voies de circulation parisiennes

Moins d'1 % de la population francilienne serait exposée à un potentiel dépassement de l'objectif de qualité en benzène

Après une décroissance significative des teneurs en benzène jusqu'au début des années 2000, la baisse se poursuit à un rythme sensiblement plus faible sur la période 2007-2019

Tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier, les niveaux de benzène ont légèrement baissé entre 2018 et 2019

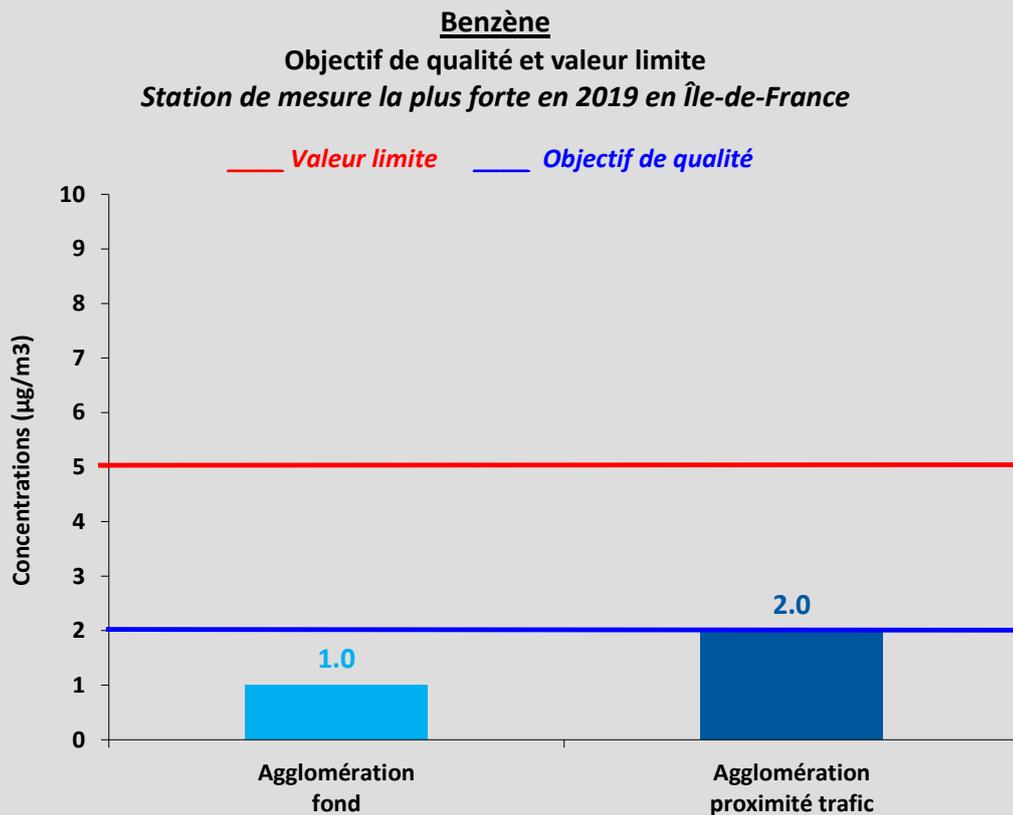


Figure 45 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en benzène (C₆H₆) en Île-de-France pour l'année 2019

AUTRES HYDROCARBURES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES (HAM)

En complément du benzène, quatre HAM sont mesurés en routine par Airparif : le toluène, l'éthylbenzène, les m+p-xylène et o-xylène. Au même titre que pour le benzène, ces quatre composés sont principalement émis par le trafic routier. Dans une moindre mesure, ils peuvent également être émis par les activités liées au chauffage domestique au bois et lors de leur utilisation comme solvants au cours de différents procédés industriels. Le toluène est l'un des principaux constituants de l'essence sans plomb.

Ces composés ne font pas l'objet de normes de qualité de l'air ambiant. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande néanmoins de ne pas dépasser la teneur de 260 µg/m³ d'air en moyenne hebdomadaire pour le toluène [OMS, 2000].

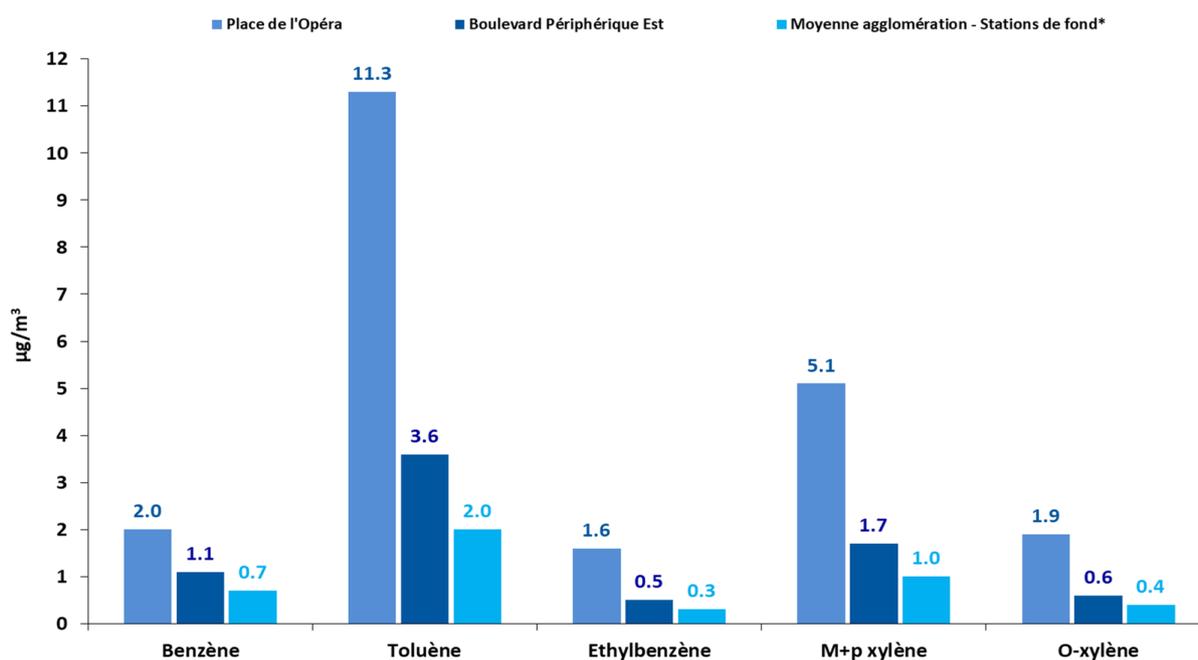
La Figure 46 présente les concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en continu sur 8 stations de prélèvement (fond et trafic) réparties en Île-de-France pour l'année 2019. La plus forte teneur hebdomadaire enregistrée en 2019 est de 19.8 µg/m³ pour le toluène (valeur comparable à celle de 2018). Elle est obtenue sur la station trafic Place de l'Opéra du 11 au 18 février 2019. Cette valeur est plus de 10 fois inférieure à la recommandation de l'OMS.

La concentration moyenne annuelle en toluène relevée à la station Place de l'Opéra (11,3 µg/m³) est trois fois plus élevée que sur le Boulevard Périphérique Est et cinq fois plus importante qu'en situation de fond (Figure 47).

	Concentrations moyennes annuelles (µg/m ³)				
	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	M+p xylène	O-xylène
Centre de Paris	0.8	2.4	0.5	1.4	0.6
Gennevilliers	0.7	1.8	0.3	0.9	0.4
Vitry-sur-Seine	0.7	1.8	0.2	0.7	0.3
Moyenne agglomération fond	0.7	2.0	0.3	1.0	0.4
Boulevard Périphérique Est	1.1	3.6	0.5	1.7	0.6
Place Victor Basch	nr*	nr*	nr*	nr*	nr*
Bd Haussmann	1.5	7.1	1.0	3.3	1.3
Place de l'Opéra	2.0	11.3	1.6	5.1	1.9
RN2 Pantin	1.3	5.5	0.8	2.6	1.0

nr* : données dont la valeur est non représentative car le taux de saisie des données est inférieur à 75 %

Figure 46 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en continu en Île-de-France en 2019



* Moyenne des concentrations annuelles des HAM mesurés en 2019 au sein de trois stations urbaines de fond

Figure 47 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en 2019 au sein de deux stations trafic parisiennes (Place de l'Opéra, Boulevard Périphérique Est) et en situation de fond urbain

POLLUANTS NE DÉPASSANT PAS LES NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR

Hydrocarbure aromatique polycyclique HAP

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) se forment lors de **combustions incomplètes**, en particulier celle de la biomasse. Les HAP sont ainsi majoritairement **émis par le chauffage au bois**, par les combustions non maîtrisées (brûlage de déchets verts, barbecues) ainsi que par le trafic routier, en particulier par les véhicules diesel. Les HAP sont toujours présents sous forme de mélanges complexes et peuvent se trouver sous forme gazeuse ou particulaire dans l'atmosphère. Une partie des HAP, notamment le benzo(a)pyrène (BaP), entre donc dans la composition des particules PM₁₀.



SANTÉ

La toxicité des HAP varie fortement d'un composé à l'autre. Ils peuvent notamment entraîner une diminution de la réponse du système immunitaire. Le benzo(a)pyrène, considéré comme un traceur de la pollution urbaine aux HAP, est **cancérogène** pour l'homme. D'autres HAP sont reconnus **cancérogènes probables ou possibles**. De nouvelles connaissances relient l'exposition aux HAP et l'état de santé cardiovasculaire.



ENVIRONNEMENT

Certains HAP, tels que le benzo(a)anthracène, le fluoranthène et le pyrène, sont **toxiques** pour l'environnement. Les HAP contaminent les sols, les eaux et la chaîne alimentaire ; leur accumulation dans les organismes vivants en perturbe l'équilibre, notamment par stress oxydant.



TENDANCES 2009/2019



NORMES FRANÇAISES

Le long du trafic

Valeur cible

1 ng/m³
en moyenne annuelle civile

Respectée

Loi du trafic

Valeur cible

1 ng/m³
en moyenne annuelle civile

Respectée

BENZO(A)PYRÈNE

SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÈGLEMENTATION

La **valeur cible européenne** (fixée à 1 ng/m³ en moyenne annuelle) **est largement respectée** sur l'ensemble des sites de mesure d'Airparif.

Des différences de concentrations en benzo(a)pyrène peuvent être observées entre les sites de fond (Figure 48). Elles peuvent s'expliquer par des **variations d'émissions locales** (en particulier celles associées **à la combustion du bois en chauffage individuel ou à des brûlages non contrôlés à l'air libre** (feux de jardin,...)) **plus importantes en zone résidentielle de proche banlieue** (illustrées par les niveaux mesurés par les stations de Gennevilliers et d'Argenteuil) **et en grande couronne francilienne** (comme le montre le site de Pommeuse) **que dans Paris et ses communes limitrophes**.

Le site périurbain de Pommeuse (77), plus représentatif d'une zone résidentielle consommatrice de bois de chauffage en grande couronne francilienne (Airparif, 2015), enregistre les plus importantes concentrations de BaP en situation de fond (entre 2 et 3.5 fois supérieures aux autres stations de fond du réseau).

En 2019, les niveaux de BaP mesurés en Île-de-France ont été globalement comparables à ceux de 2018, à l'exception du site de Pommeuse (+0.07 ng/m³, soit +30 % entre les deux années).

Un possible recours plus important au chauffage au bois dans les zones résidentielles de grande couronne (Cas du site de Pommeuse) n'est pas à exclure, notamment en février et en décembre (mois marqués par quelques périodes plus froides et plus anticycloniques).

En 2019, le site trafic Boulevard Périphérique Est enregistre des niveaux très légèrement supérieurs à ceux mesurés à Gennevilliers ou à Argenteuil.

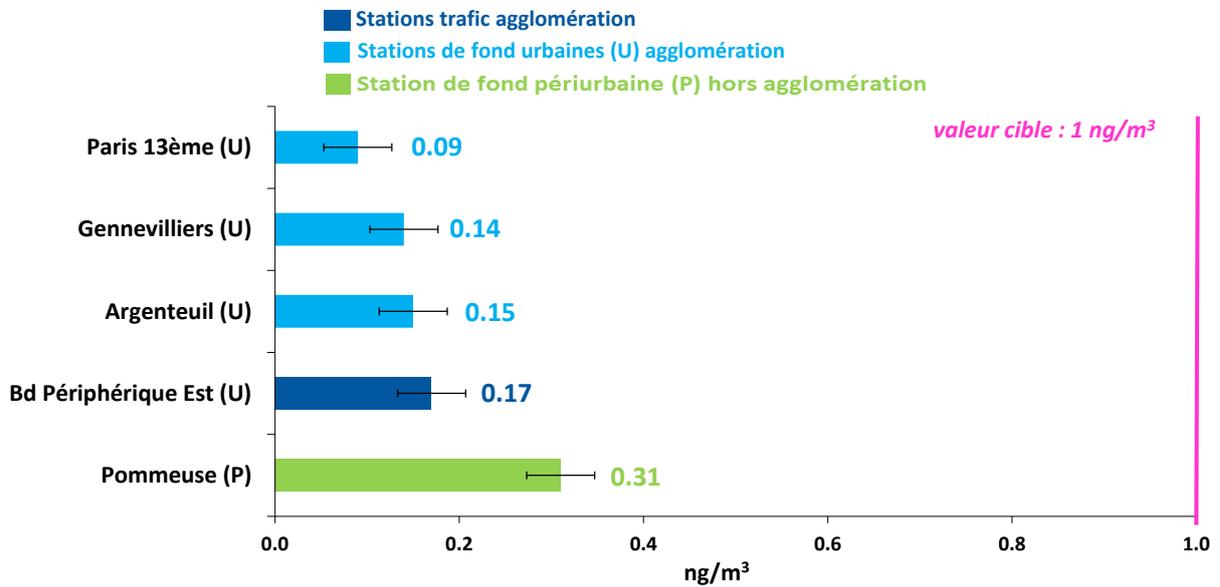


Figure 48 : concentrations moyennes annuelles de benzo(a)pyrène (BaP) en Île-de-France en 2019

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME

Une **baisse sensible des niveaux de BaP** est observée **à proximité du trafic** entre 1999 et 2019 (-87 %), en **lien avec le renouvellement progressif du parc roulant**. Aucune tendance nette ne se dégage en situation de fond sur le long terme. En revanche, une baisse des niveaux moyens de BaP de l'ordre de 60 % est notable depuis 2009 (Figure 49).

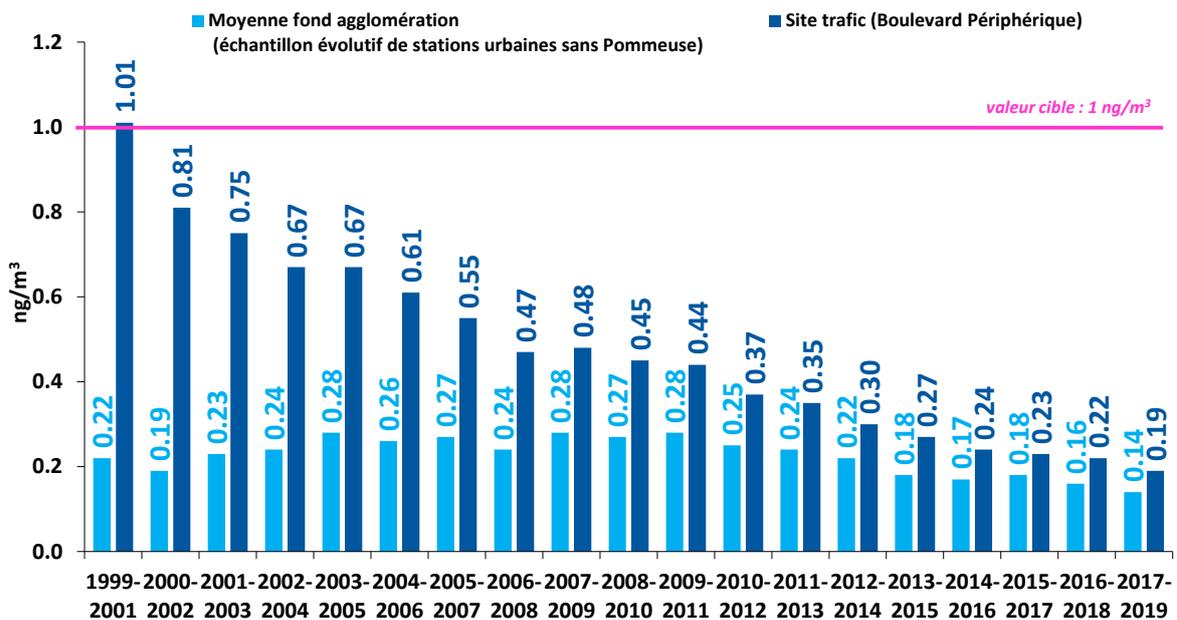


Figure 49 : évolution de la concentration moyenne sur 3 ans de benzo(a)pyrène (BaP) dans l'agglomération parisienne sur un échantillon évolutif de stations urbaines de fond et en site trafic (le long du Boulevard Périphérique) de 1999-2001 à 2017-2019

Les concentrations de fond en benzo(a)pyrène (BaP) fluctuent d'une année à l'autre. Ces fluctuations sont en partie liées aux variations météorologiques interannuelles. L'année 2019 se caractérise par des températures plutôt clémentes, globalement proches de la normale (+8 %). Ces températures clémentes ont potentiellement induit **un recours moins important au chauffage**, entraînant ainsi une **légère diminution des émissions liées à cette source sur l'ensemble de l'année 2019**. Une exception peut toutefois être faite en février et en décembre, mois au cours desquels la présence de courtes périodes plus froides et plus anticycloniques a pu conduire à une utilisation plus massive du chauffage au bois, notamment dans les zones résidentielles de grande couronne.

Ce paramètre est particulièrement sensible pour l'évolution des émissions de HAP associées à la combustion du bois. Ce combustible, dont l'usage a connu un essor ces dernières années, est en effet particulièrement émetteur de HAP, particules fines et Composés Organiques Volatils. Le secteur résidentiel et tertiaire, essentiellement du fait de la combustion de la biomasse dans les installations domestiques, représente 45 % des émissions de HAP en Île-de-France [Airparif, 2016].

Les niveaux maxima journaliers fluctuent également d'une année à l'autre (Figure 50). En 2019, les plus fortes teneurs journalières de benzo(a)pyrène ont été comprises entre 1.5 (BP Est) et 3.5 ng/m³ (fond hors agglomération). Les teneurs maximales en BaP enregistrées en 2019 sont légèrement supérieures à l'année précédente. Ces valeurs ont été observées lors d'un épisode particulière intense enregistré le 29 décembre 2019, ayant favorisé l'accumulation des polluants émis par les sources locales (trafic routier, chauffage au bois) sous l'effet de conditions anticycloniques persistantes.

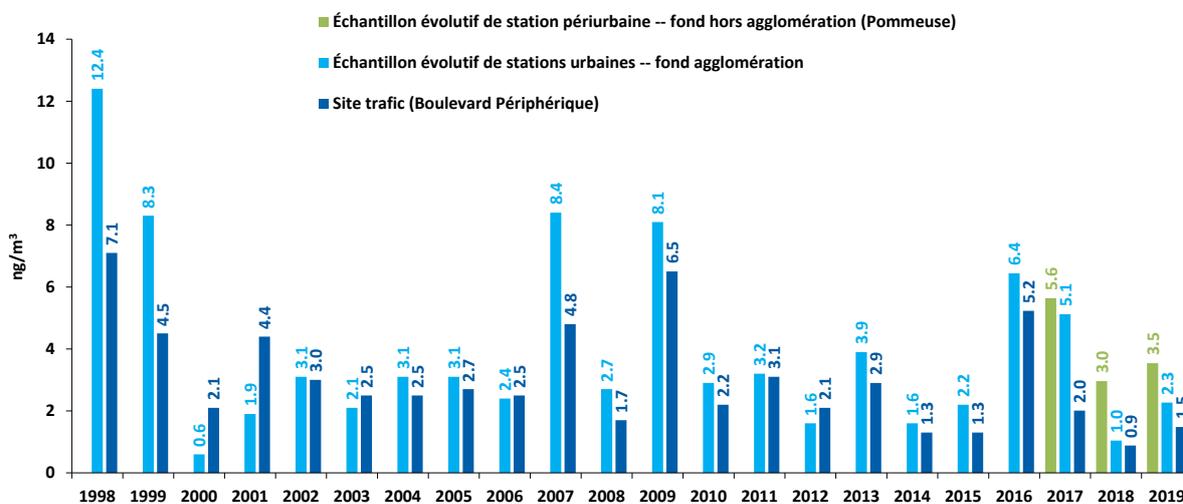


Figure 50 : évolution de la concentration maximale journalière de benzo(a)pyrène (BaP) en et hors agglomération parisienne et à proximité du trafic routier (le long du Boulevard Périphérique) de 1998 à 2019

Autres HAP

La [directive européenne 2004/107/CE du 15 décembre 2004](#) demande à chaque État membre de mesurer en plus du benzo(a)pyrène, au minimum six autres HAP : benzo(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(j)fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène et dibenzo(a,h)anthracène. Pour ces polluants, il n'existe pas de seuils réglementaires. Airparif mesure, en plus du benzo(a)pyrène, 7 HAP dont les 6 cités dans la directive européenne.

Les teneurs moyennes mesurées en 2019 sont mentionnées en Figure 51.

Toutes les stations de mesures ont enregistré une baisse générale des concentrations moyennes pour tous les HAP en 2019.

Teneurs moyennes annuelles en ng/m ³	Stations de fond						Station trafic Boulevard Périphérique Est
	urbaine				Moyenne agglomération fond	périurbaine Pommeuse	
	Paris 1er Les Halles	Paris 13e	Gennevilliers	Argenteuil			
BENZO(a)PYRENE (BaP)	nr	0.09	0.14	0.15	0.13	0.31	0.17
BENZO(a)ANTHRACENE (BaA) ^(*)	nr	0.06	0.10	0.12	0.09	0.22	0.17
BENZO(b)FLUORANTHENE (BbF) ^(*)	nr	0.14	0.20	0.21	0.18	0.36	0.23
BENZO(g,h,i)PERYLENE (BghiP)	nr	0.13	0.19	0.17	0.16	0.28	0.25
BENZO(j)FLUORANTHENE (BjF) ^(*)	nr	0.08	0.12	0.13	0.11	0.23	0.13
BENZO(k)FLUORANTHENE (BkF) ^(*)	nr	0.06	0.09	0.10	0.08	0.18	0.10
DIBENZO(ah)ANTHRACENE (dB) ^(*)	nr	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
INDENO(1,2,3-c,d)PYRENE (IP) ^(*)	nr	0.12	0.16	0.16	0.15	0.30	0.16
Total 8 HAP mesurés	nr	0.70	1.00	1.10	0.90	1.90	1.20

^(*) mesure recommandée par la directive européenne

nr : non représentatif (taux de saisie des données inférieur à 75 %)

Figure 51 : concentrations moyennes annuelles des huit HAP mesurés en Île-de-France en 2019

Métaux

Les métaux proviennent majoritairement de la **combustion du bois** (plomb, cadmium, arsenic), du **fioul** (plomb, nickel, cadmium, arsenic), de **combustibles minéraux solides** (arsenic). Ils peuvent également être émis lors de la combustion de **déchets ménagers** (cadmium), de certains **procédés industriels** (arsenic dans la production de verre, de métaux) et par le **trafic routier** (abrasion des freins).

SANTÉ

Les métaux **s'accumulent dans l'organisme**. À plus ou moins long terme et pour des expositions chroniques, les métaux lourds provoquent des affections respiratoires (arsenic, cadmium, nickel), cardiovasculaires (arsenic), neurologiques (plomb, arsenic) et des fonctions rénales (cadmium) [Ineris, 2003, 2006, 2010, 2011].
L'arsenic, le cadmium et le nickel sont classés **cancérogènes** pour l'homme [IARC, 2012].

ENVIRONNEMENT

Dépôt entraînant la contamination des sols, des eaux et de la chaîne alimentaire. Accumulation dans les organismes vivants dont ils perturbent l'équilibre.

TENDANCES 2009/2019

Plomb	Arsenic	Nickel	Cadmium
-60%	-40%	-55%	+5%

Loi du trafic

NORMES FRANÇAISES

Plomb	Arsenic	Autres métaux
Valeur limite annuelle	Valeur cible	Valeur cible
0,5 µg/m ³ <small>en moyenne annuelle</small>	6 ng/m ³ <small>en moyenne annuelle</small>	Cadmium : 5 ng/m ³ en moyenne annuelle Nickel : 20 ng/m ³ en moyenne annuelle
Respectée	Respecté	Respectées

En complément des mesures fixes historiques réalisées dans l'agglomération, Airparif a mis en œuvre entre 2008 et 2013 des campagnes de mesure au voisinage des sites industriels émetteurs de métaux réglementés en Île-de-France. Ces émetteurs sont, pour la plupart, situés en grande couronne. Les rapports d'études autour de chacun de ces sites sont disponibles sur [le site internet d'Airparif, onglet « Publications »](#). Suite à ces campagnes, deux sites de mesures fixes ont été implantés à Limay (78) et à Bagneaux-sur-Loing (77) ; seuls sites dont les niveaux nécessitent une surveillance permanente. Les autres sites présentaient des niveaux en métaux très faibles.

Afin de disposer d'une référence de fond dans le cœur de l'agglomération, la mesure des métaux (Pb, As, Ni et Cd) est par ailleurs maintenue à Paris. Ce site permet de disposer d'un point de comparaison éloigné de toute source spécifique. Depuis avril 2010, les mesures sont effectuées sur la station urbaine de fond de Paris 18^{ème}.

Le mercure n'est pas mesuré de manière permanente. Une campagne de mesure a été menée par Airparif en 2010 autour de deux émetteurs notables de ce polluant : le centre d'incinération de déchets ménagers de Créteil et le crématorium du Père Lachaise à Paris. Les niveaux moyens de mercure mesurés dans l'air au cours de cette étude étaient faibles (de l'ordre de 1,7 ng/m³) et représentatifs des teneurs relevées plus généralement sur le territoire français [Airparif, 2010].

MÉTAUX : PLOMB, ARSENIC, CADMIUM ET NICKEL

SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÈGLEMENTATION ET ÉVOLUTION SUR LE LONG TERME

Le **plomb** (Pb), qui a progressivement disparu des carburants à partir de 2000, a vu ses teneurs diminuer de manière très importante en 15 ans (-97 % entre 1991 et 2005) (Figure 52). De ce fait, le plomb ne représente plus un indicateur pertinent du trafic routier. Sa mesure a ainsi été arrêtée sur le site de la Place Victor Basch fin 2005. En situation de fond, où la mesure est assurée depuis 2002, les teneurs sont, chaque année, très faibles et voisines des limites de quantification. **La valeur limite et l'objectif de qualité** (fixés à 0,5 et 0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivement) **sont tous deux très largement respectés. En 2019, les concentrations moyennes annuelles en plomb sont 25 à 50 fois inférieures aux normes.** Le même constat est également observé au voisinage des sites industriels de Limay et de Bagneaux-sur-Loing.

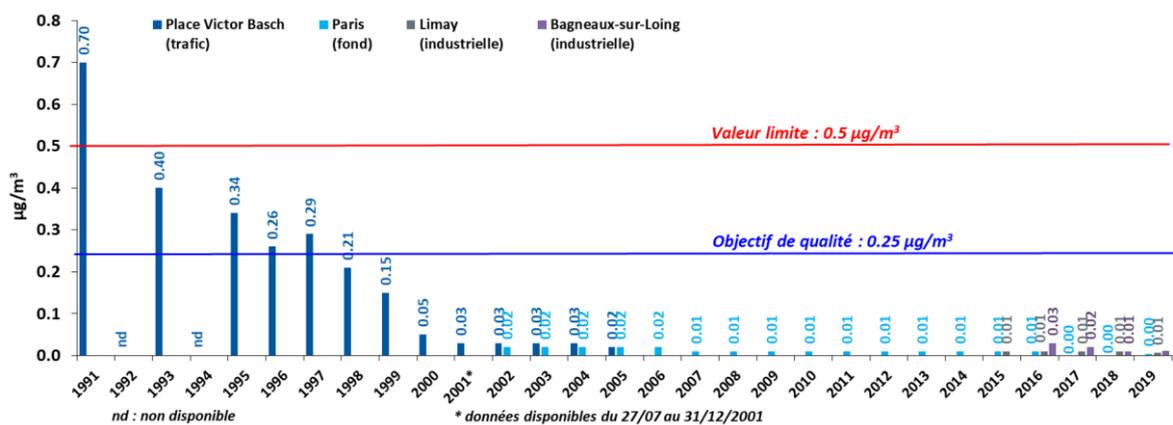


Figure 52 : évolution de la concentration moyenne annuelle de plomb (Pb) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et à Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1991 à 2019

Après une forte baisse enregistrée entre 2007 et 2008 (environ -50 %), les teneurs en **arsenic** (As) montraient une tendance à la hausse de 2008 à 2011 en situation de fond. L'année 2012 a mis fin à cette hausse. En 2019, le niveau moyen annuel d'arsenic relevé en site de fond urbain (0.22 ng/m^3) est le plus faible de tout l'historique (Figure 53).

La station de Limay, implantée à proximité d'une installation émettrice de ce composé, relève des niveaux moins élevés (-42 %) par rapport à 2018. En revanche, la station de Bagneaux-sur-Loing enregistre des niveaux supérieurs à l'année 2018. Sur la période 2016-2019, les niveaux d'arsenic mesurés sur la station de Bagneaux-sur-Loing sont en hausse (+67 %). **En 2019, la concentration moyenne annuelle en arsenic mesurée à la station de Bagneaux-sur-Loing dépasse légèrement la valeur cible, fixée à 6 ng/m^3 .**

Installées sur le territoire communal de Bagneaux-sur-Loing (77), les usines Keraglass et Corning SAS sont spécialisées dans la fabrication de verres spéciaux (verre vitrocéramique, verres de lunettes et d'optique, respectivement). Cette production industrielle est émettrice de métaux lourds, et plus particulièrement de plomb et d'arsenic. À proximité de ces entreprises, des émissions importantes d'arsenic ont été ponctuellement mesurées dans l'air ambiant. Le site industriel de Keraglass est le premier émetteur d'arsenic en Île-de-France et le cinquième émetteur national. Il est à noter que ces émissions peuvent varier fortement d'une année à l'autre en fonction des productions [Airparif, 2014].

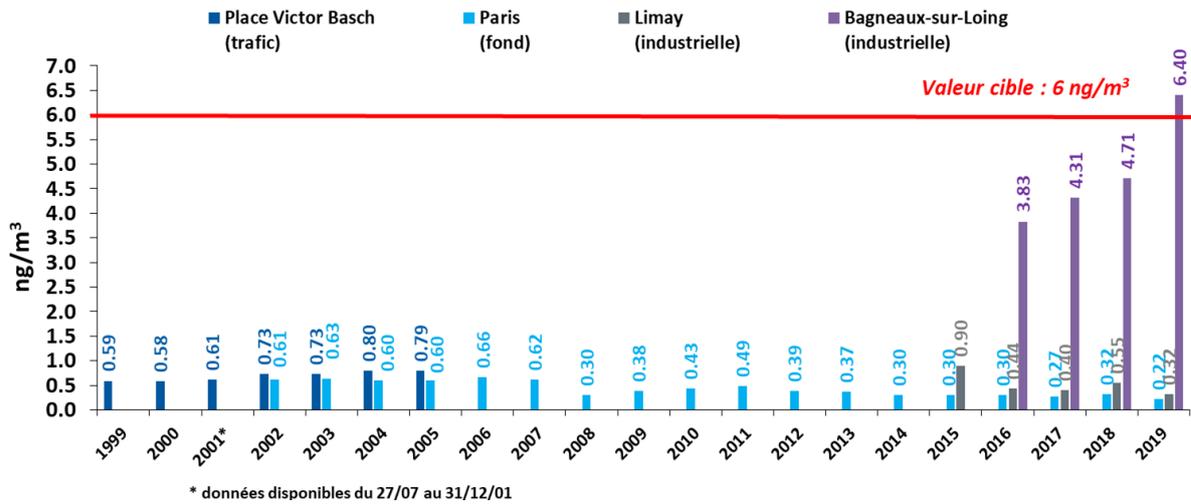


Figure 53 : évolution de la concentration moyenne annuelle d'arsenic (As) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1999 à 2019

Pour le **cadmium** (Cd), les teneurs moyennes annuelles montrent une baisse en fond comme au voisinage du trafic routier entre 1999 et 2005 (Figure 54). Sur la période 2008-2014, les niveaux de cadmium ne montrent pas de tendance nette. Depuis 2015, les concentrations de fond en cadmium tendent à stagner. La moyenne annuelle relevée en fond en 2019 est 25 fois inférieure à la valeur cible européenne (fixée à 5 ng/m³) malgré une légère hausse en 2019. Le site de Limay (industriel) présente une baisse très progressive des niveaux moyens en cadmium. Le site de Bagneaux-sur-Loing (industriel) enregistre des niveaux plutôt stables depuis 2016.

Ces valeurs sont très largement inférieures à la valeur cible de 5 ng/m³.

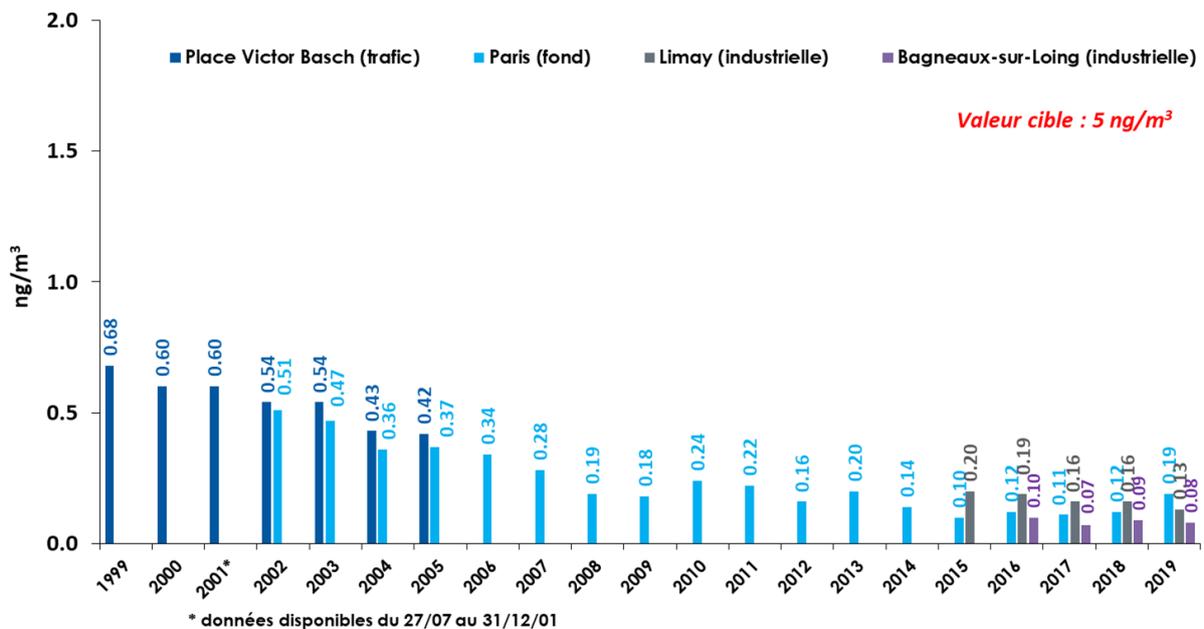


Figure 54 : évolution de la concentration moyenne annuelle de cadmium (Cd) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et à Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1999 à 2019

Des mesures de **nickel** (Ni) sont disponibles sur la station de référence de Paris 1^{er} Les Halles de 2007 à 2010, puis sur la station de fond de Paris 18^{ème} depuis 2011. Entre 2007 et 2019, les concentrations moyennes annuelles en fond sont comprises entre 2.6 et 0.9 ng/m³ respectivement, soit **des teneurs de 8 à plus de 20 fois inférieures à la valeur cible** (fixée à 20 ng/m³) (Figure 55). Entre 2018 et 2019, seule la station industrielle de Bagneaux-sur-Loing enregistre une légère hausse des concentrations moyennes annuelles en nickel.

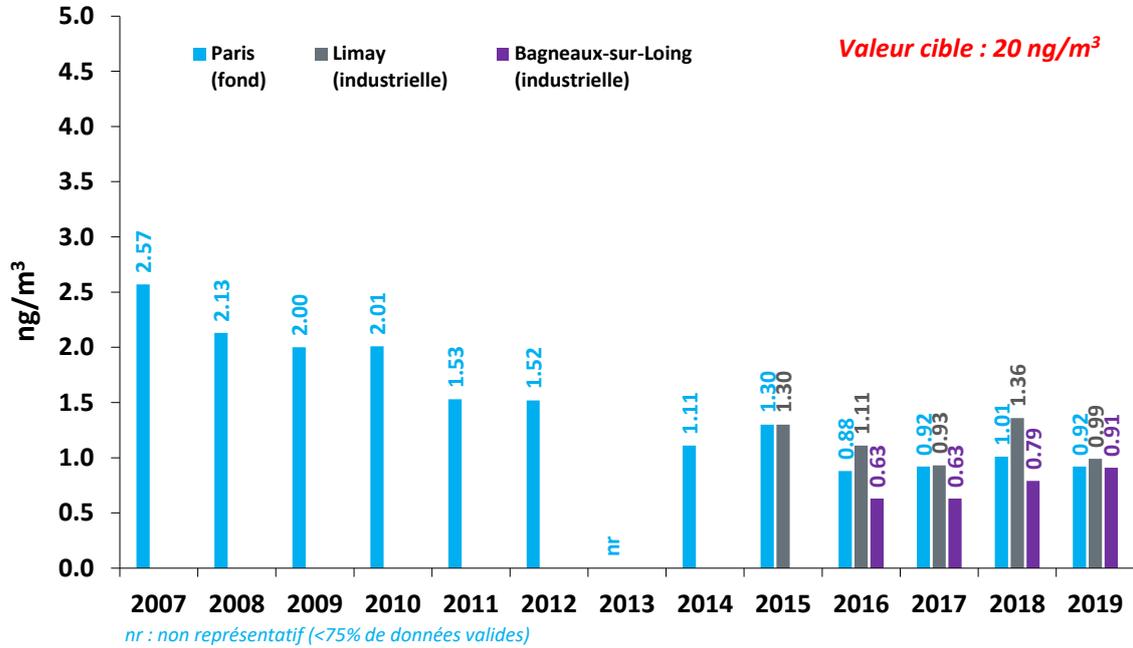


Figure 55 : évolution de la concentration moyenne annuelle de nickel (Ni) à Paris (fond) de 2007 à 2019, à Limay (industrielle) de 2015 à 2019 et à Bagneaux-sur-Loing de 2016 à 2019

Monoxyde de carbone
CO

Le monoxyde de carbone est un polluant primaire qui se forme lors des combustions incomplètes de matières carbonées (gaz, charbon, fioul ou bois). Les principales sources de CO en milieu extérieur sont **le trafic routier et le chauffage résidentiel**, notamment le chauffage au bois.

SANTÉ

Le monoxyde de carbone **se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang**. À fortes teneurs et en milieu confiné (air intérieur), le monoxyde de carbone peut causer des intoxications oxycarbonées provoquant des maux de tête, des nausées, des vomissements et des vertiges, voire le coma ou la mort pour une exposition prolongée. La gravité des symptômes est fonction de la durée d'exposition et de la concentration de monoxyde de carbone inhalée.

ENVIRONNEMENT

Participation à la formation de l'ozone troposphérique. Son oxydation aboutit à la formation de dioxyde de carbone (CO₂), composé reconnu comme étant l'un des principaux gaz à effet de serre (GES).

TENDANCES 2009/2019

-30% Loin du trafic
-40% Le long du trafic

NORMES FRANÇAISES

Le long du trafic	Loin du trafic
Valeur limite journalière	Valeur limite journalière
10 000 µg/m ³ en moyenne glissante sur 8 heures	10 000 µg/m ³ en moyenne glissante sur 8 heures
Respectée	Respectée

Après une baisse constante enregistrée depuis le début des années 1990, les teneurs en monoxyde de carbone (CO) tendent à se stabiliser depuis 2014. Les niveaux de CO restent très inférieurs aux normes réglementaires.

MONOXYDE DE CARBONE

SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

La valeur limite pour la protection de la santé (fixée à 10 mg/m³ sur une période de 8 heures) **est largement respectée en situation de fond** (maximum en 2019 = 2 mg/m³ enregistré sur la station urbaine de fond Aubervilliers), **ainsi qu'à proximité du trafic routier** (maximum 2019 = 2 mg/m³ relevé sur les stations du Boulevard Périphérique Auteuil et de l'Autoroute A1 Saint-Denis) (Figure 56). En 2019, les niveaux moyens de CO sont relativement similaires à ceux mesurés en 2018.

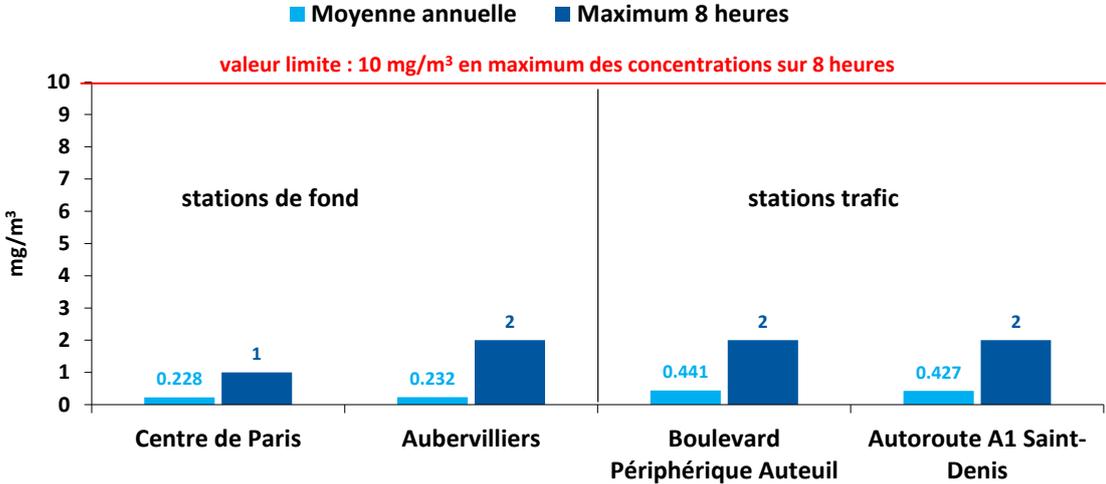


Figure 56 : concentrations moyennes annuelles et maximales sur 8 heures de monoxyde de carbone (CO) en Île-de-France en 2019

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME

Une baisse sensible des concentrations en CO est observée sur les sites trafic entre 1994 et 2019 (-88 %). Les concentrations moyennées sur 3 ans diminuent beaucoup plus lentement depuis 2010 et tendent à se stabiliser. Les teneurs de CO sont, comme pour les autres polluants primaires issus du trafic routier, plus faibles en situation de fond qu'au voisinage immédiat des routes (Figure 57). Toutefois, l'écart tend à se réduire d'année en année.

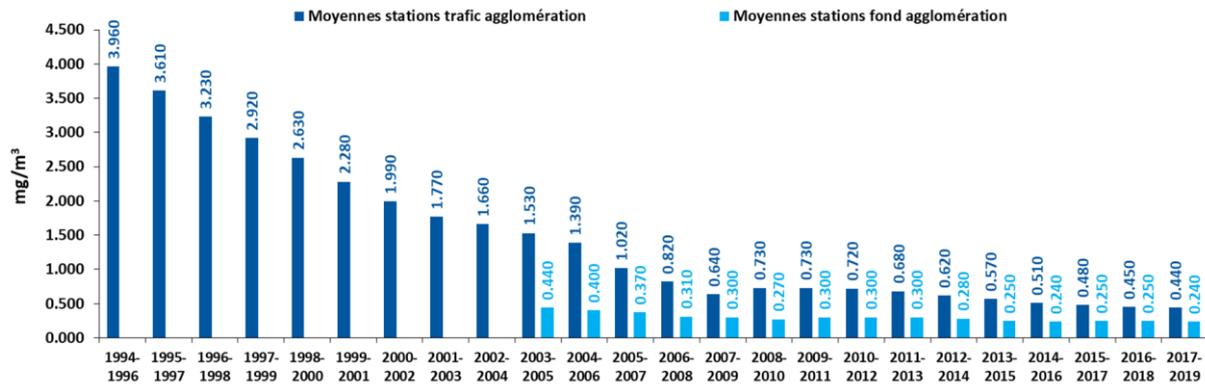


Figure 57 : évolution de la concentration moyenne 3 ans en monoxyde de carbone (CO) à proximité au trafic routier et en situation de fond dans l'agglomération parisienne de 1994-1996 à 2017-2019

Les moyennes annuelles en monoxyde de carbone ont connu de très fortes baisses depuis 25 ans, du fait des **progrès technologiques importants dans les émissions des véhicules routiers**. Les dernières années sont les plus faibles de l'historique.

Les niveaux moyens de CO sont dorénavant en dessous du seuil d'évaluation fixé par la directive européenne. La surveillance en site fixe n'est donc plus obligatoire en région Île-de-France. Plusieurs stations sont néanmoins conservées, notamment afin de maintenir un historique des données.

Des sources de monoxyde de carbone existent également à l'intérieur des locaux : les appareils de chauffage et de production d'eau chaude peuvent, lorsqu'ils sont défectueux ou mal utilisés, conduire à des niveaux très élevés à l'intérieur des logements et provoquer des intoxications sévères.

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 58 recense les plus fortes concentrations de monoxyde de carbone mesurées sur la période 1991-2019.

Historique 1991-2019	Fond	Proximité au trafic		
	Valeur (µg/m³)	Où et quand ?	Valeur (µg/m³)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	500	Paris 1 ^{er} les Halles, 2003 Paris 1 ^{er} les Halles, Aubervilliers, 2004	8 000	Place Victor Basch, 1991
Concentration horaire maximale	3 900	Paris 1 ^{er} les Halles le 1 ^{er} février 2006 à 12h légales	41 500	Place Victor Basch le 21 septembre 1992 à 19h légales
Concentration sur 8 heures maximale	3 500	Aubervilliers, du 22 décembre à 22h légales au 23 décembre 2007 à 6h légales	33 600	Place Victor Basch le 21 septembre 1992 de 16h à 24h légales

Figure 58 : records annuels pour le monoxyde de carbone (CO) en Île-de-France sur l'historique 1991-2019

Dioxyde de soufre SO₂

Le dioxyde de soufre est émis lors de la **combustion des matières fossiles**, telles que le charbon, le pétrole et certains gaz contenant des impuretés en soufre, ainsi que lors de certains procédés industriels. Le SO₂ émane également de l'activité volcanique, principale source naturelle.



SANTÉ

Le dioxyde de soufre affecte le système respiratoire, le fonctionnement des poumons et il provoque des irritations oculaires. L'**inflammation de l'appareil respiratoire** entraîne de la toux, une production de mucus, une exacerbation de l'asthme, des bronchites chroniques et une sensibilisation aux infections respiratoires [OMS, 2011].



ENVIRONNEMENT

Contribution aux pluies acides, qui appauvrissent les milieux naturels (sols et végétaux) et dégradation des bâtiments.



TENDANCES 2009/2019



NORMES FRANÇAISES

Valeur limite horaire	Valeur limite journalière	Objectif de qualité
350 µg/m ³ en moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 24 fois par an	125 µg/m ³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an	50 µg/m ³ en moyenne annuelle civile
Respectée	Respectée	Respecté

Chaque année, les niveaux moyens de SO₂ mesurés sont très faibles et respectent très largement les normes réglementaires (valeurs limites et objectif de qualité).

DIOXYDE DE SOUFRE

SITUATION EN 2019 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

En 2019, les concentrations moyennes annuelles de SO₂ sont inférieures à la limite de détection (estimée à 5 µg/m³) sur les stations mesurant ce polluant en Île-de-France, y compris sur la station trafic Boulevard Périphérique Auteuil. **Elles sont donc largement inférieures à l'objectif de qualité** (fixé à 50 µg/m³ en moyenne annuelle civile).

Les valeurs limites applicables au SO₂ sont également largement respectées sur l'ensemble des stations de mesure franciliennes. En effet, **aucun dépassement du seuil journalier de 125 µg/m³, ni du seuil horaire de 350 µg/m³, n'est enregistré.**

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME

En hiver depuis plus de 50 ans :

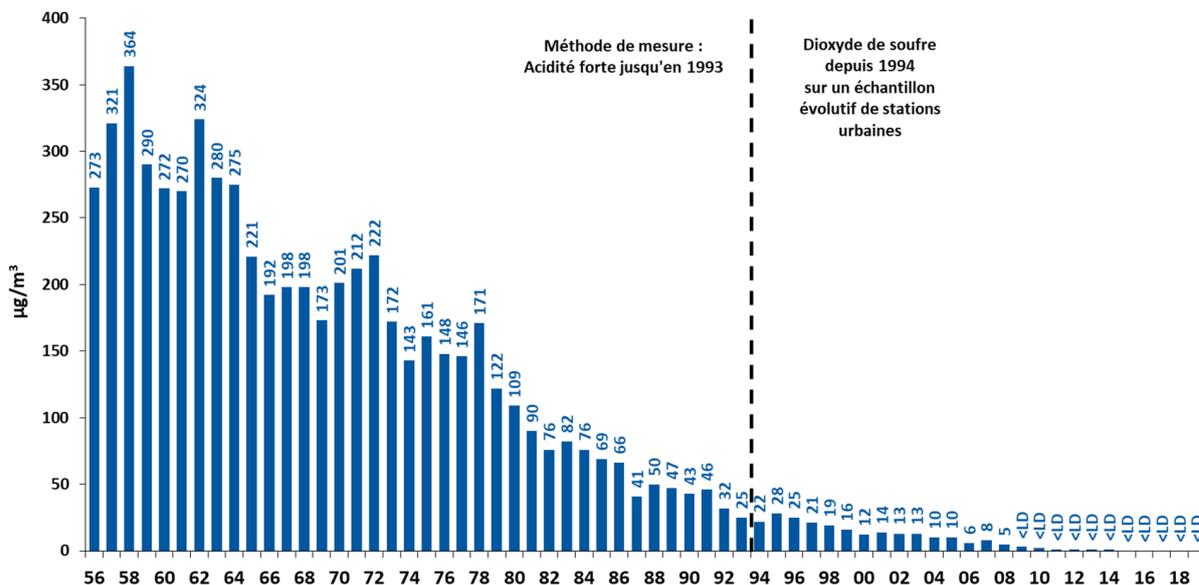


Figure 59 : évolution des concentrations moyennes hivernales de dioxyde de soufre (SO₂) à Paris depuis l'hiver 1956-1957

Une forte baisse des niveaux de SO₂ est observée sur le long terme (Figure 59). Considéré comme un indicateur de la pollution liée aux combustions des activités de production d'électricité et de chauffage, le dioxyde de soufre a connu une baisse spectaculaire de ses teneurs depuis les années 1950 (niveaux divisés par cent). Cette décroissance est liée à la réduction du nombre de sites industriels en Île-de-France depuis les années 50, à la forte baisse de l'usage de certains combustibles (comme le charbon) et à la diminution importante du taux de soufre dans tous les combustibles fossiles. Les dernières années sont les plus faibles de l'historique de mesure, les résultats étant maintenant inférieurs à la limite de détection (< LD).

La surveillance en site fixe n'est donc plus obligatoire en Île-de-France. Cinq stations de mesure ont ainsi été fermées au 31 décembre 2010, afin de pouvoir renforcer la surveillance vers des polluants plus problématiques (NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}). Quelques stations sont néanmoins conservées, notamment afin de maintenir un historique des données.

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 60 indique les plus fortes concentrations de dioxyde de soufre relevées sur l'historique de mesures depuis 1991.

Historique 1991-2019	Fond		Proximité trafic	
	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	41	Neuilly-sur-Seine, 1991	48	Boulevard Périphérique Auteuil, 1996
Concentration horaire maximale	689	Mantes-la-Jolie, le 26 avril 1995 à 11h légales	263	Boulevard Périphérique Auteuil, le 13 janvier 1997 à 15h légales
Concentration journalière la plus forte	222	Neuilly-sur-Seine, le 13 décembre 1991	137	Boulevard Périphérique Auteuil, le 30 janvier 1996

Figure 60 : records annuels pour le dioxyde de soufre (SO₂) en Île-de-France sur la période 1991-2019

**Aldéhydes
COV**

Les aldéhydes appartiennent à la famille des Composés Organiques Volatils (COV). Ils participent, entre autres, à la formation d'ozone (O₃). Les deux aldéhydes majoritairement présents dans l'atmosphère urbaine sont le formaldéhyde et l'acétaldéhyde.

Dans l'air ambiant, les principales sources d'aldéhydes sont le trafic routier et, dans une moindre mesure, le secteur résidentiel et tertiaire (chauffage). En air intérieur, ils sont émis lors de l'utilisation ou du stockage de nombreux produits d'usage courant : matériaux d'ameublement et de décoration, enduits et colles, produits d'entretien et de désinfection, désodorisants et parfums d'intérieur, cosmétiques, produits d'hygiène corporelle, aliments, cuisson, fumée de tabac...

SANTÉ

Les aldéhydes sont toxiques pour la santé humaine. Le formaldéhyde est classé cancérogène certain par le CIRC, et l'acétaldéhyde cancérogène probable.

ENVIRONNEMENT

Les aldéhydes ont un effet indirect sur l'environnement puisque ce sont des précurseurs d'ozone qui perturbent la photosynthèse avec un impact négatif sur la végétation.

NORMES FRANÇAISES

Les niveaux de formaldéhyde dans l'air ambiant sont généralement faibles, mais des niveaux plus élevés peuvent être présents dans l'air intérieur des habitations. Ils ne sont pas réglementés en air ambiant. L'ANSES recommande une valeur guide en air intérieur de 10 µg/m³ pour une exposition long-terme.

LES ALDÉHYDES

Depuis le 1^{er} janvier 2014, des mesures d'aldéhydes par tubes à diffusion passive sont mises en œuvre sur un site de fond urbain (Paris Centre 4^{ème}, puis Paris 1^{er} Les Halles à partir de 2019) et deux sites trafic (Boulevard Périphérique Est et Place Victor Basch). La Figure 61 présente les teneurs moyennes annuelles de formaldéhyde et d'acétaldéhyde mesurées en 2019 sur ces trois sites.

µg/m ³	Station urbaine de fond		Stations urbaines trafic			
	Centre de Paris*		BP Est		Place Victor Basch	
	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Formaldéhyde	Acétaldéhyde
Moyenne	2	1.9	2.3	1.9	2.5	2

* Les mesures du Centre de Paris ont été réalisées provisoirement sur la station Paris Centre (4^{ème}) avant d'être déplacées en septembre 2019 aux Halles (1^{er}) à la fin des travaux de réhabilitation du jardin des Halles. Les moyennes ont été calculées à partir des deux sites.

Figure 61 : concentrations moyennes annuelles de formaldéhyde et d'acétaldéhyde mesurés en Île-de-France en 2019

Les niveaux d'aldéhydes sont **légèrement plus élevés en situation de proximité au trafic routier qu'en fond urbain**. Ce résultat s'explique par le fait que le transport routier est une source identifiée d'aldéhydes (en particulier de formaldéhyde). L'écart entre les sites de mesure est légèrement plus marqué pour le formaldéhyde (de 15 à 25 % de plus à BP Est et Basch qu'au Centre de Paris) que pour l'acétaldéhyde (allant jusqu'à +5 %).

En 2019, les stations fond et trafic enregistrent des concentrations moyennes de formaldéhyde et d'acétaldéhyde relativement comparables à celles de 2018.

Les niveaux d'aldéhydes enregistrés en air ambiant sont sensiblement inférieurs aux teneurs généralement relevées en air intérieur.

AUTRES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS PRÉCURSEURS DE L'OZONE

Les Composés Organiques Volatils (COV) constituent un large éventail d'espèces organiques réparties sur plus d'**une centaine de familles chimiques**. Ils ont une **origine primaire** (substances directement rejetées dans l'atmosphère) **anthropique** (liée aux activités humaines : le trafic routier, l'évaporation et la distribution du carburant, le chauffage résidentiel, l'utilisation domestique ou industrielle de solvants ou de peinture) **ou biogéniques** (liée aux émissions naturelles : la végétation continentale). Les COV peuvent également avoir une **origine secondaire** dans la mesure où ils sont susceptibles d'être transformés dans l'atmosphère à la suite de multiples réactions physico-chimiques et contribuer à la formation de nouveaux composés, tels que les Aérosols Organiques Secondaires (AOS, particules) ou encore l'ozone troposphérique (O₃).

La [directive 2002/3/CE du Parlement Européen et du Conseil du 12 février 2002 relative à l'ozone en air ambiant](#) demande aux États membres qu'un suivi de certains COV précurseurs d'ozone soit pérennisé. Depuis 2003, AIRPARIF exploite l'un des analyseurs implantés sur le territoire national. 29 COV sont mesurés au pas de temps horaire. Les données récoltées sont transmises à la Commission Européenne tous les ans par le ministère en charge de l'Écologie. Elles constituent également un appui à l'amélioration des outils de modélisation des teneurs en ozone.

Depuis le mois d'octobre 2019, l'appareil de mesure des COV situé au siège d'Airparif est désormais implanté à la station Paris 1^{er} Les Halles. Le taux de données disponibles étant inférieur à 75 %, les concentrations des Composés Organiques Volatils obtenues ne sont pas représentatives pour l'année 2019.

II. ÉPISODES DE POLLUTION

Procédure d'information et d'alerte régionale

Le nombre de journées de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte régionale est en légère hausse par rapport à l'année 2018. C'est le nombre de dépassements le plus fort depuis 2016, mais cela reste proche des valeurs de 2014 à 2016. Une année 2019 marquée par plusieurs épisodes de pollution en particules PM₁₀, notamment en février et par des épisodes de pollution à l'ozone (O₃) au cours des mois de juin, juillet et août.

L'année 2019 a comptabilisé **17 journées de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte** (Figure 62). Ces déclenchements ont concerné les particules PM₁₀ et l'ozone (O₃), dont une journée concernant ces deux polluants simultanément (le 25 juillet). Dix jours de dépassement du seuil d'information ont été enregistrés pour les particules PM₁₀, dont 6 en février. Huit jours de dépassement du seuil d'information et un dépassement du seuil d'alerte ont été observés entre le 28 juin et le 27 août 2019 pour l'ozone (O₃). Ces épisodes ont conduit à la mise en place de mesures d'urgence par la Préfecture de Police.

Date	Seuil dépassé	Polluant
21/01/2019	Information	Particules PM ₁₀
15/02/2019	Information	Particules PM ₁₀
16/02/2019	Information	Particules PM ₁₀
20/02/2019	Information	Particules PM ₁₀
21/02/2019	Information	Particules PM ₁₀
22/02/2019	Information	Particules PM ₁₀
27/02/2019	Information	Particules PM ₁₀
28/06/2019	Information	Ozone O ₃
29/06/2019	Information	Ozone O ₃
06/07/2019	Information	Ozone O ₃
22/07/2019	Information	Ozone O ₃
23/07/2019	Information	Ozone O ₃
24/07/2019	Alerte	Ozone O ₃
25/07/2019	Information	Ozone O ₃
25/07/2019	Information	Particules PM ₁₀
27/08/2019	Information	Ozone O ₃
30/12/2019	Information	Particules PM ₁₀
31/12/2019	Information	Particules PM ₁₀

Figure 62 : jours de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte en Île-de-France en 2019, seuil dépassé (information ou alerte) et polluant concerné (PM₁₀ et O₃)

L'Île-de-France a été l'une des premières régions à se doter d'une procédure d'information et d'alerte du public en cas d'épisode de pollution dès avril 1994. Par la suite, cette procédure a fait l'objet de multiples révisions et modifications. Pour plus de détails, le lecteur est invité à se référer à l'[Annexe 2](#) de ce bilan.

La Figure 63 illustre le nombre de journées de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte de 2006 à 2019, tous polluants confondus (NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂).

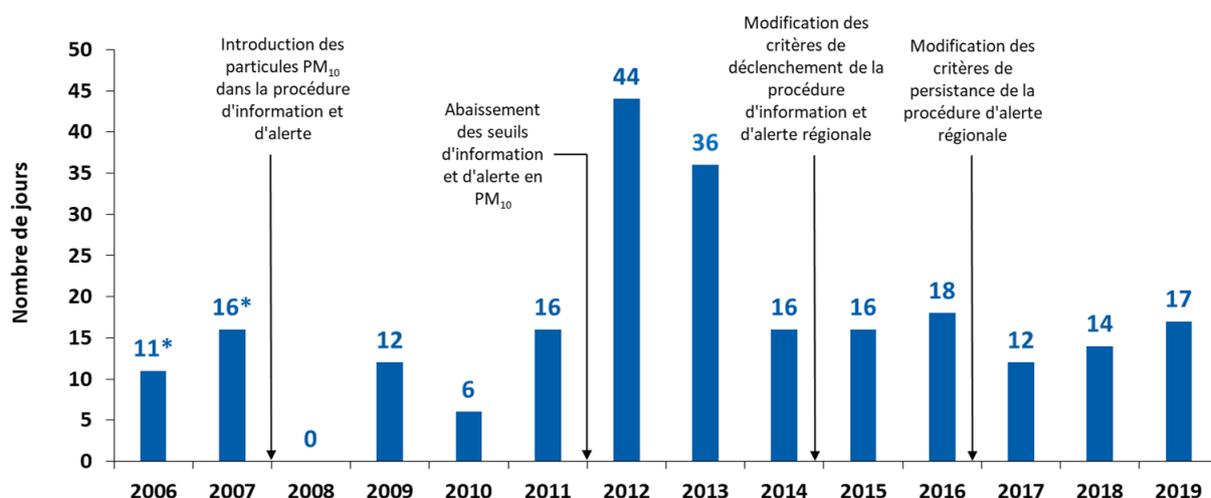


Figure 63 : nombre de jours de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte en Île-de-France de 2006 à 2019, tous polluants confondus (y compris les particules PM₁₀*)

[*Simulation rétrospective des PM₁₀ pour les années 2006 et 2007 selon les conditions de l'arrêté inter-préfectoral du 3 décembre 2007 – Abaissement des seuils de déclenchement à partir du 30 novembre 2011 – Modification des critères de dépassement de l'arrêté d'information et d'alerte à partir du 15 septembre 2014 et Modification des critères de persistance de la procédure d'alerte selon l'arrêté inter-préfectoral du 19 décembre 2016]

Afin de comparer le nombre d'épisodes de pollution aux particules PM₁₀ à des seuils de déclenchement équivalents, la Figure 64 présente le nombre de jours pendant lesquels les seuils d'information et d'alerte pour les PM₁₀ auraient été dépassés entre 2007 et 2019 selon les critères de l'arrêté inter-préfectoral du 27 octobre 2011 : d'une vingtaine à une cinquantaine selon les années contre une dizaine en moyenne avec la procédure précédente⁶.

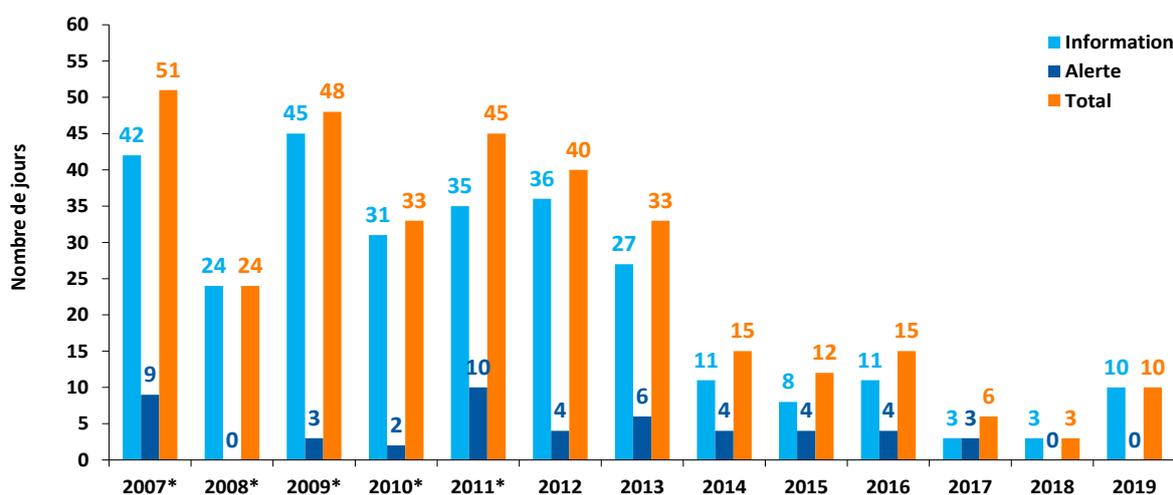


Figure 64 : nombre de jours d'information et d'alerte en particules PM₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2019 selon les critères de déclenchement de l'arrêté inter-préfectoral du 27 octobre 2011 (* simulation rétrospective de 2007 à 2011)

⁶ Procédure d'information-recommandation et d'alerte du public en cas d'épisode de pollution en région Île-de-France en application de l'arrêté inter-préfectoral du 12 juillet 2005.

À seuils équivalents, **l'année 2019 enregistre une hausse du nombre de jours de déclenchement de la procédure régionale lié aux particules PM₁₀** (soit 10 jours au total) **par rapport aux deux années précédentes.**

Les **conditions météorologiques froides et peu dispersives**, survenues essentiellement au mois de février, **ont entraîné des dépassements du seuil d'information en PM₁₀** (fixé à 50 µg/m³ en moyenne journalière). Ces dépassements ont eu lieu au cours des mois de janvier (1 jour de dépassement), février (6) et décembre (2). À noter qu'un dépassement du seuil d'information a également été constaté en juillet, du fait d'un **import de pollution** important.

Les mois de juin, juillet et août 2019 ont enregistré 8 jours de dépassement du seuil d'information en ozone (fixé à 180 µg/m³ en moyenne horaire), dont 1 dépassement du seuil d'alerte (fixé à 240 µg/m³ en moyenne horaire). Les conditions météorologiques survenues au cours de ces trois mois (**températures caniculaires et fort ensoleillement étant propices à la formation d'ozone à partir des précurseurs gazeux** (oxydes d'azote et COV)) expliquent ce constat. C'est trois journées de moins qu'en 2018, année durant laquelle une météo estivale encore plus chaude et ensoleillée avait été observée.

Le nombre et l'occurrence des épisodes de pollution sont étroitement liés au contexte climatique. Il est ainsi délicat de parler de « tendance ». Une année avec davantage de périodes « anticycloniques » peut entraîner davantage d'épisodes de pollution.

Retour sur les épisodes de pollution aux PM₁₀ de février 2019

Février 2019 a été marqué par 6 jours de dépassement du seuil d'information pour les particules PM₁₀. Lors des 2 premières journées de dépassement (15 et 16 février), les émissions locales de pollution (majoritairement induites par le trafic routier et le chauffage), accentuées par des conditions météorologiques froides et peu dispersives (vents très faibles, inversions de température, faible hauteur de couche de mélange) ont expliqué cette situation. Des conditions plus favorables à la dispersion ont permis néanmoins de faire redescendre les niveaux en dessous du 1^{er} seuil d'information et de recommandation entre le 17 et le 19 février, avant l'arrivée d'un nouvel anticyclone. Cette nouvelle situation de stagnation et d'accumulation de polluants a entraîné de nouveaux dépassements du seuil d'information et de recommandation durant 3 jours (Figure 65).

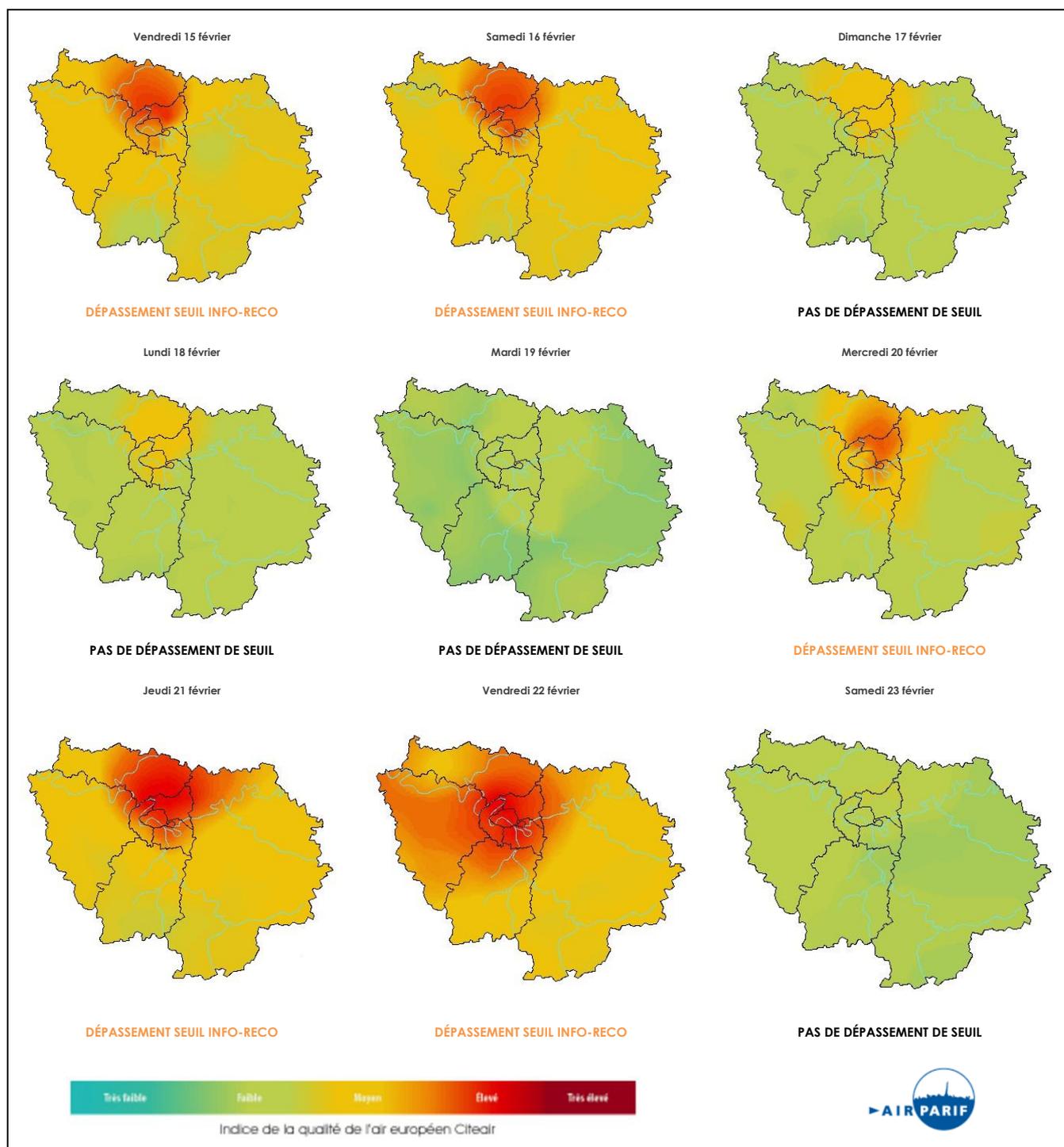


Figure 65 : cartes journalières de la qualité de l'air en Île-de-France des épisodes de pollution aux PM₁₀ en février 2019

Ces épisodes de pollution particulaire se caractérisent par **l'accumulation des émissions locales due aux conditions météorologiques très peu dispersives** (forte inversion de température, hauteur de couche de mélange faible), **conduisant ainsi une augmentation progressive des concentrations de particules jour après jour**. L'analyse de la composition chimique des particules a montré une **forte proportion de matière carbonée** (Figure 66), qui est généralement issue du trafic routier (BC) et de la combustion de biomasse. **Une part non négligeable de nitrate d'ammonium** (NH_4NO_3 - particules inorganiques secondaires formées par réactions chimiques à partir de composés précurseurs émis par le trafic et l'agriculture) **a également été observée**.

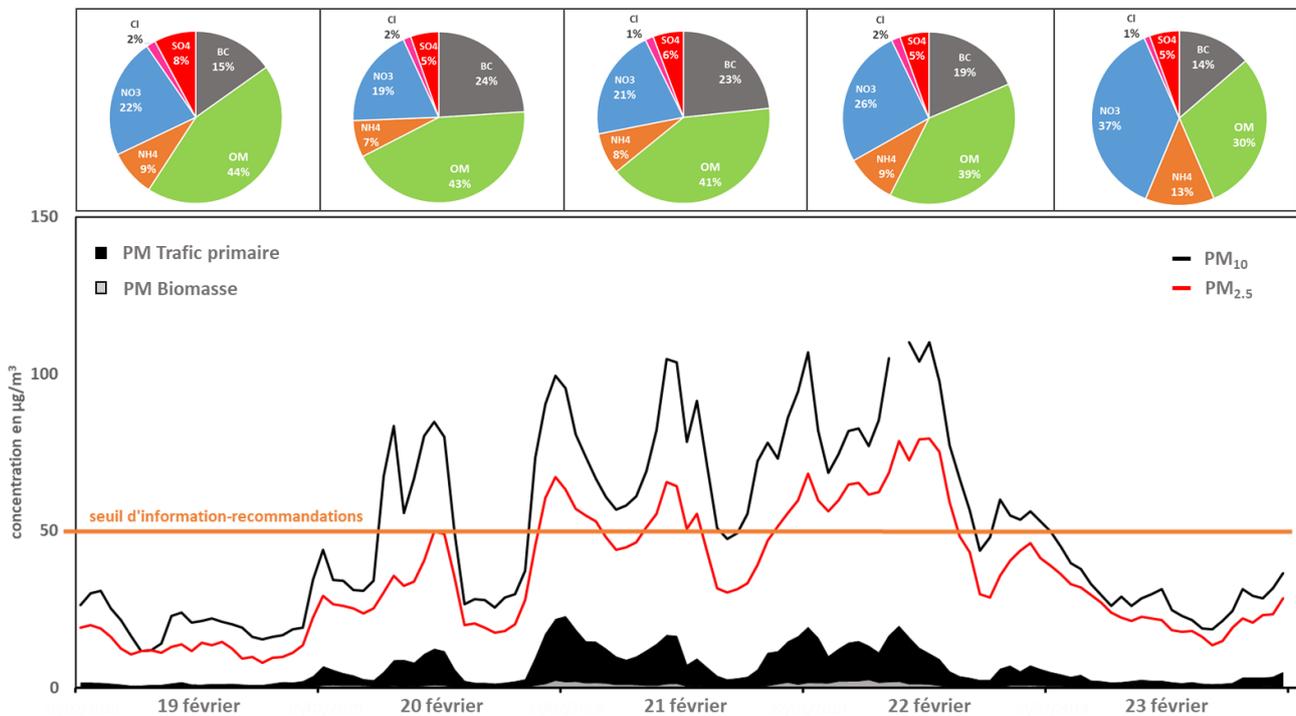


Figure 66 : Évolution des concentrations horaires de particules PM_{10} et de $\text{PM}_{2.5}$ (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) observées entre le 19 et le 23 février 2019 au sein d'une station urbaine de fond (Gennevilliers). Séparation des émissions primaires de combustion (BC) : PM Biomasse représentant les émissions issues du chauffage au bois ; PM Trafic primaire représentant les émissions des dérivés du pétrole (essentiellement transport routier). Répartition moyenne (en %) des composants majeurs des particules (fraction PM_{10}) mesurés par l'ACSM* (OM, SO_4 , NO_3 , NH_4 , Cl) et un Aéthalomètre (BC). *ACSM : Aerosol Chemical Speciation Monitor
OM : Matière organique ; SO_4 : Sulfate ; NO_3 : Nitrate ; NH_4 : Ammonium ; Cl : Chlore ; BC : Carbone suie

Retour sur les épisodes de pollution à l'ozone (O₃) de juillet 2019

Le mois de juillet 2019 a enregistré 5 jours de dépassement du seuil d'information pour l'ozone, dont 4 journées consécutives (Figure 67). Le seuil d'alerte a même été dépassé le 24 juillet. Les mois de juin et d'août ont également enregistré respectivement 2 et 1 jours de dépassement du seuil d'information en O₃.

Les conditions météorologiques exceptionnelles survenues durant l'été (températures caniculaires, insolation excédentaire) ont favorisé la formation d'ozone à partir de polluants émis directement sur la région, qui s'ajoutent à des imports en provenance d'autres régions.

Cet épisode a conduit à la mise en place de mesures de réduction des émissions de polluants par les autorités préfectorales, notamment la circulation différenciée.

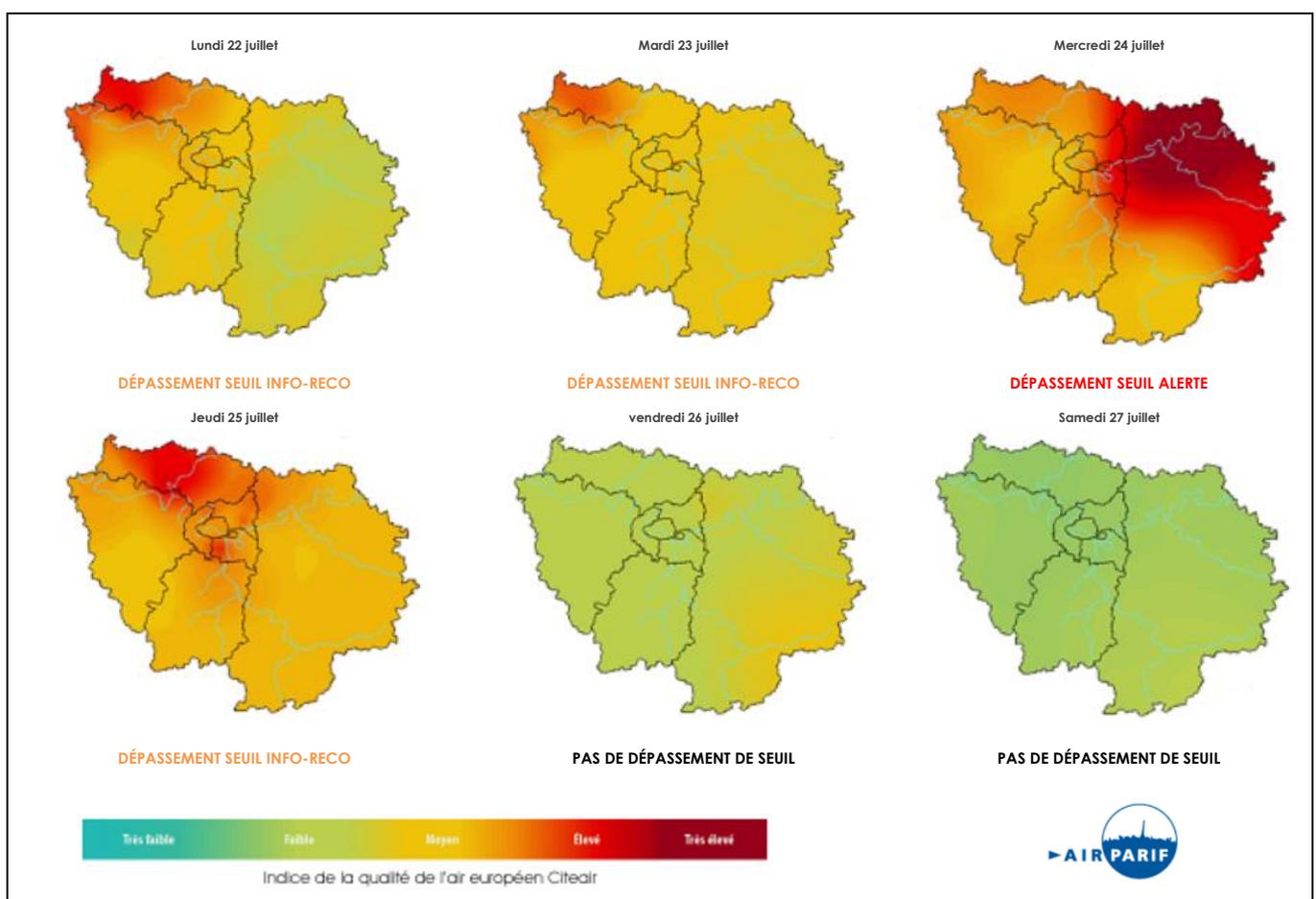


Figure 67 : cartes journalières de la qualité de l'air en Île-de-France de l'épisode de pollution à l'ozone ayant débuté le 22 juillet 2019

Indice de qualité de l'air réglementaire ATMO

La réglementation fait obligation à AIRPARIF et à l'ensemble des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) en France de diffuser de façon quotidienne un indice global de la qualité de l'air représentatif de l'agglomération parisienne, loin des différentes sources de pollution.

L'indice français ATMO concerne toutes les grandes agglomérations françaises de plus de 100 000 habitants. Il s'agit d'un chiffre allant de 1 à 10 auquel sont associés une couleur (vert, orange, rouge) et un qualificatif décrivant la qualité de l'air ambiant (de très bon à très mauvais). Cet indice et son mode de calcul actuel ont été actualisés au niveau national par [l'arrêté ministériel du 22 juillet 2004](#).

Au 21 décembre 2011, la grille de calcul des sous-indices en PM₁₀ a été modifiée, ayant pour conséquence davantage d'indices élevés pour les particules.

Cet indice est déterminé à partir des niveaux de pollution mesurés au cours de la journée uniquement par les stations de fond (caractéristiques de la pollution générale de l'agglomération). Il porte sur **la mesure de quatre polluants atmosphériques** (traceurs des activités de transport, urbaines et industrielles): les particules PM₁₀, le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃) et le dioxyde de soufre (SO₂).

La Figure 68 présente le nombre de jours où l'indice de qualité de l'air ATMO a été médiocre, mauvais ou très mauvais (correspondant aux indices 6 à 10) pour les années 2011 à 2019.

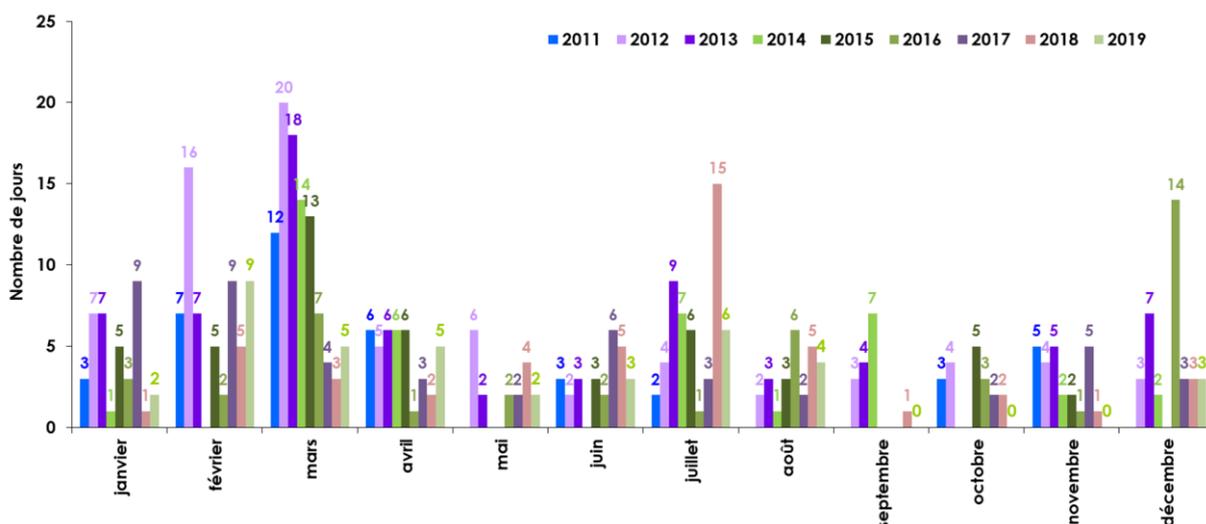


Figure 68 : nombre de jours où l'indice de qualité de l'air ATMO (moyenne de la pollution de fond de l'agglomération parisienne) était médiocre, mauvais ou très mauvais de 2011 à 2019

En 2019, l'indice ATMO a été supérieur ou égal à 6 (qualité de l'air « médiocre » à « très mauvais ») au cours de **39 journées**. C'est inférieur à l'année 2018 (-8 j.) et 2017 (-9 j.). Le nombre de journées durant lesquelles l'indice ATMO est ≥ 6 se répartit de manière **très hétérogène** selon les différents mois de l'année.

En 2019, **les mois de janvier, mai, septembre, octobre et novembre comptabilisent le plus faible nombre de jours** (compris entre 0 et 2 j) **où la qualité de l'air est médiocre sur la période 2011-2019**. Les conditions météorologiques clémentes et dispersives (pluies estivales, vents de secteur ouest à sud-ouest) rencontrées au cours de ces cinq mois se sont révélées favorables à une bonne qualité de l'air.

Les mois de février, mars, avril et juillet 2019 ont enregistré le plus important nombre de jours (compris entre 5 et 9 j), **où l'indice ATMO était supérieur ou égal à 6**. L'indice le plus défavorable a été de 8 (représentatif d'une qualité de l'air « mauvaise ») et a été enregistré au cours de six journées. Février 2019 comptabilise le plus important nombre de jours où la qualité de l'air est médiocre à mauvaise sur la période 2011-2019 (9 jours). Les conditions météorologiques exceptionnelles de juillet-août 2019 (temps ensoleillé et caniculaire) ont induit un grand nombre d'indices élevés dû à des niveaux en ozone (O₃) particulièrement soutenus.

Au cours de cette année 2019, 64 % des indices « médiocres » à « mauvais » (indice ATMO ≥ 6) ont été dus aux particules PM₁₀ (soit 25 jours) et 41 % à l'ozone (soit 16 jours).

La Figure 69 donne la répartition des indices ATMO dans l'agglomération parisienne (fond) pour l'année 2019.

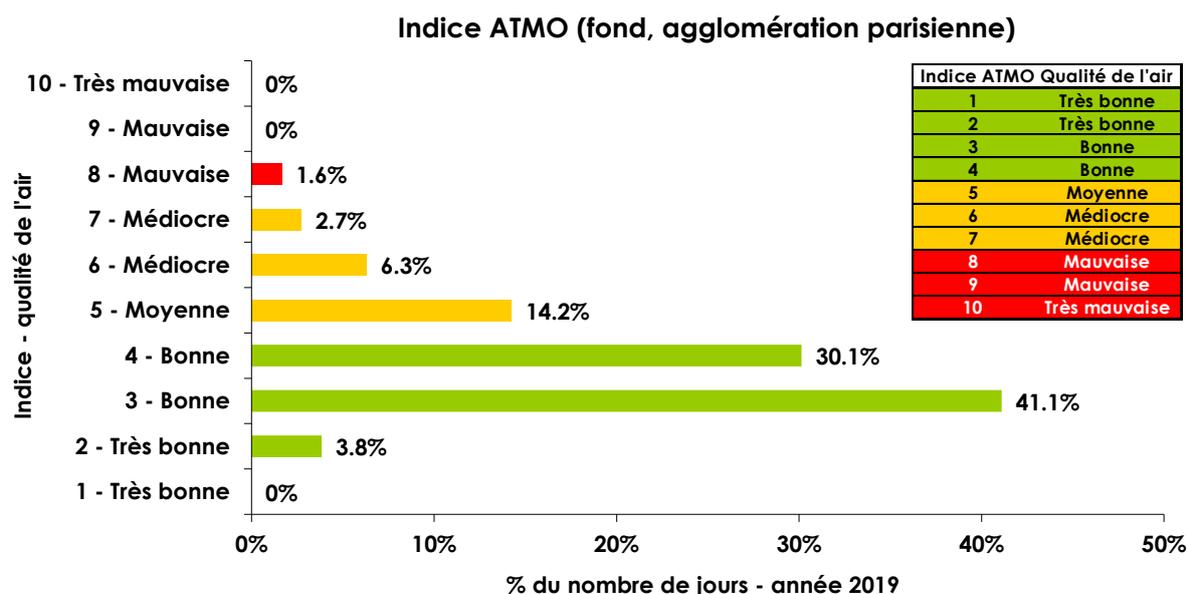


Figure 69 : répartition en pourcentage des indices ATMO (fond, agglomération parisienne) en 2019

Pour l'année 2019, la qualité de l'air a été « très bonne/bonne » près de 75 % du temps, « moyenne à médiocre » et « mauvaise » (indice ATMO ≥ 6) respectivement 23 % et 2 % du temps.

Indices de qualité de l'air européens CITEAIR

Les indices de qualité de l'air employés par les différents pays européens peuvent être très différents : prise en compte de certains polluants, échelles de calcul, couleurs et qualificatifs associés. Les indices CITEAIR permettent de comparer la qualité de l'air dans près d'une centaine de villes européennes (www.airqualitynow.eu) selon la même méthode et le même outil.

À travers une échelle de 5 couleurs allant du vert au rouge en passant par l'orange (5 classes et 5 qualificatifs associés : pollution de l'air « très faible » à « très élevée »), ils informent sur :

- la qualité de l'air en situation de fond à travers un **indice général** ;
- la qualité de l'air le long des voies de circulation à travers un **indice trafic**.

En région Île-de-France, les indices CITEAIR sont calculés pour Paris intra-muros. Ils sont évalués à partir de 12 stations parisiennes (soit 6 stations de fond et 6 stations trafic).

Pour l'année 2019, **l'indice général (fond) a majoritairement été faible voire très faible** (près de 75 % du temps) (Figure 70). C'est 13 % de plus qu'en 2018. Les 25 % restants correspondent à une pollution moyenne (23 %) et élevée (2 %).

À proximité du trafic routier, l'indice CITEAIR a été faible environ 16 % du temps (Figure 71), soit une augmentation (+ 10 %) par rapport à 2018. **En 2019, la qualité de l'air le long des voies de circulation a généralement été moyenne** (environ 64 % du temps). Une diminution de 3 % de l'indice de pollution « moyenne » par rapport à celui de l'année dernière est constatée. Les 20 % restants correspondent à une pollution élevée (19 %) et très élevée (1 %).

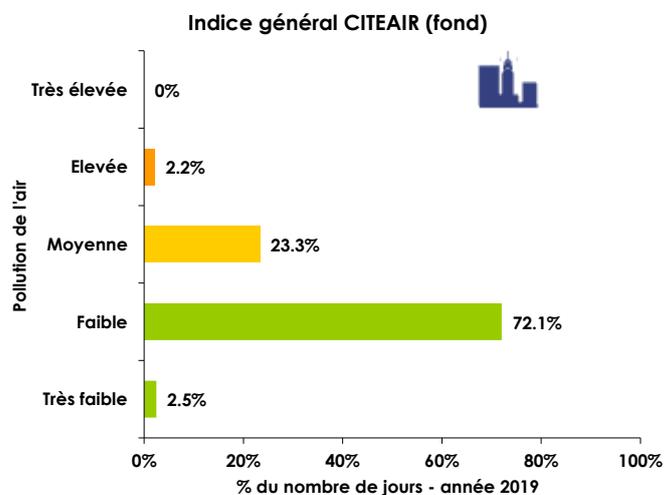


Figure 70 : répartition des indices généraux CITEAIR (fond, Paris intra-muros) en 2019

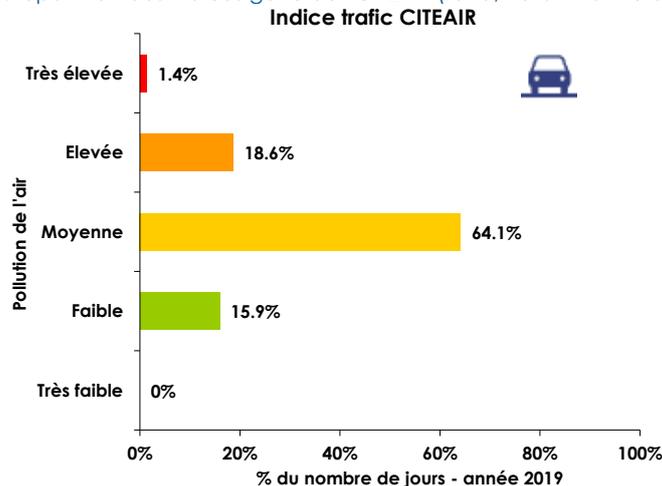


Figure 71 : répartition des indices trafic CITEAIR (proximité trafic, Paris intra-muros) en 2019

III. BILAN MÉTÉOROLOGIQUE 2019 EN ÎLE-DE-FRANCE

Le bilan météorologique ci-après a été entièrement réalisé à partir des données disponibles sur le site internet www.meteofrance.com. Pour de plus amples informations, il est possible de se référer aux bilans climatologiques mensuels disponibles à partir du [catalogue des données publiques de Météo-France](#), qui retracent les événements marquants de chaque mois.

La météorologie est par nature changeante et contrastée. Une année dite « dans la moyenne » peut en effet avoir ponctuellement connu des phénomènes météorologiques sortant de l'ordinaire.

L'année 2019 se caractérise globalement par un ensoleillement généreux et des températures très clémentes. Elle reste toutefois marquée par deux vagues de chaleur d'une intensité exceptionnelle durant l'été.

En 2019, les températures moyennes mensuelles sont globalement restées conformes à la normale (+ 8 %). **Les premiers mois de l'année se sont caractérisés par une alternance de conditions dispersives, douces et venteuses, et de périodes plus froides et plus anticycloniques** (notamment en février), peu favorables à la dispersion des polluants primaires émis localement. Le début de l'année 2019 a néanmoins enregistré un pic d'une douceur historique, classant ainsi **l'hiver 2018-2019 parmi les 10 hivers les plus chauds depuis le début du XX^{ème} siècle**. De belles périodes chaudes ont alterné avec, par moments, un temps plus frais pour la saison printanière. **L'été 2019 a été marqué par deux vagues de chaleur assez courtes** (25-30 juin et 21-26 juillet), **d'une intensité historique**. En effet, de nombreux records absolus de chaleur ont été battus sur toutes les stations de Météo-France. De fait, l'été 2019 se classe au 3^{ème} rang des étés les plus chauds derrière 2003 et 2018. Le reste de l'année a enregistré des températures automnales assez douces. **La température moyenne annuelle de 13,7°C a dépassé la normale de 1,1°C, plaçant ainsi 2019 au 3^{ème} rang des années les plus chaudes derrière 2018 et 2014.**

La durée d'ensoleillement annuelle a été légèrement supérieure à la normale sur l'ensemble de la région Île-de-France (+20 %). Seuls les mois de janvier et octobre 2019 ont connu un important déficit d'insolation (-40 % et -30 %, respectivement). Les autres mois de l'année ont été plus ensoleillés qu'à l'accoutumée, plus particulièrement en février (+103 %).

Sur l'ensemble de l'année 2019, **la quantité de précipitations a été globalement conforme à la normale, avec toutefois des trimestres contrastés**. Les deux premiers trimestres ont été plutôt secs. Ce déficit pluviométrique, associé à des températures clémentes, a induit un assèchement exceptionnel et persistant des sols superficiels. En revanche, les mois d'octobre à décembre ont été très pluvieux. Ce dernier trimestre 2019 a été marqué par une succession de perturbations actives, souvent accompagnées de pluies très abondantes. Ces cumuls de précipitations ont contribué au retour à la normale de la pluviométrie annuelle et permis une ré-humidification des sols.

Trois épisodes neigeux consécutifs ont été observés en 2019 : 2 en janvier (deuxième partie de mois) et 1 en novembre (autour du 15).

En 2019, la région Île-de-France a été balayée par les deux principaux secteurs de vents dominants : **le secteur sud-ouest** (caractéristique d'un régime océanique perturbé) et **le secteur nord-est** (lors de périodes anticycloniques où les hautes pressions sont situées sur la France, le proche Atlantique ou encore les Îles Britanniques). Il est à noter qu'**une plus large dominance de vents en secteurs sud-ouest et ouest** (+2 %) est observée par rapport à la normale (moyenne 1991-2010). Par ailleurs, de nombreuses tempêtes ont frappé la région durant l'année : Gabriel en janvier, Isáias en février, Freya et Laura en mars, Miguel en juin.

Les conditions anticycloniques puissantes qui ont régné sur la région Île-de-France début février et fin décembre 2019 se sont caractérisées par un temps sec, accompagné de pressions atmosphériques constamment élevées, de basses hauteurs de couche de mélange et de vitesses de vent (dominante continentale) faibles, ainsi que des inversions de température marquées. **Cette situation météorologique a conduit à une élévation importante des concentrations en particules PM₁₀ et PM_{2.5} localement, due à l'utilisation du chauffage résidentiel** (principalement le chauffage au bois) **et le trafic routier.**

Du 21 au 30 juin 2019, la région Île-de-France a été touchée par une vague de chaleur précoce d'une intensité exceptionnelle. La présence d'un anticyclone (positionné sur l'Europe de l'Est) a généré un flux de sud et l'advection d'un air de plus en plus chaud à l'origine du temps caniculaire rencontré. La région a été placée en vigilance orange à compter du 24 juin. **Cet épisode caniculaire, combiné à un excédent d'ensoleillement, a été propice à une augmentation importante des concentrations d'ozone (O₃).** Cet épisode prend fin le 30 juin, grâce à la présence d'un vent tournant en secteur nord-ouest qui apporte un air plus frais et plus humide.

Du 21 au 26 juillet 2019, la région Île-de-France est à nouveau touchée par une vague de chaleur de courte durée et d'une intensité historique. Les conditions anticycloniques observées sur cette période se sont caractérisées par un temps sec et très ensoleillé, accompagné par un flux de secteurs sud et sud-est advectant un air de plus en plus chaud. **Les températures, en hausse rapide, atteignent des records** le 25 juillet (le record de la station climatique Paris-Montsouris précédemment de 40,4°C a atteint 42,6°C). **Pour la première fois, la vigilance rouge « canicule » a été déclenchée sur la région. Cette situation météorologique a été propice à des niveaux importants en ozone.** L'arrivée d'une dégradation pluvio-orageuse le 26 juillet marque la fin de cet épisode caniculaire.

La Figure 72 présente une synthèse mensuelle et annuelle des principales variables météorologiques (précipitations, température, insolation, direction et vitesse du vent) pouvant influencer les niveaux de pollution rencontrés en région Île-de-France au cours de l'année 2019.

	Précipitations	Température	Insolation	Secteurs de vent
janvier 2019	-	=	--	Flux SO à NO, faible à modéré. Passage de la tempête Gabriel, apportant des vents assez forts
février 2019	-	++	++	Vent de dominante O à SO, souvent faible
mars 2019	=	+	+	Vent de flux sud-ouest, modéré à assez fort (Passage des tempêtes Freya et Laura)
avril 2019	--	=	++	Flux entre N et E, faible à modéré
mai 2019	++	=	=	Vent faible à modéré, secteur N dominant
juin 2019	=	+	++	Vent faible à modéré majoritairement orienté SO-SE
juillet 2019	--	=	++	Vent faible à modéré, dominante N (NO-NE)
août 2019	=	=	+	Vent faible à modéré, dominante SO-O
septembre 2019	--	=	+	Deux secteurs de vent prédominants : flux N-NE (influence de l'anticyclone des Açores) et flux SO (éloignement de l'anticyclone au profit d'une dépression Atlantique)
octobre 2019	++	+	--	Vent de dominante SO (fortes rafales de vent observées au passage des perturbations)
novembre 2019	++	=	=	Vent faible à modéré, dominante océanique SO. Flux continental temporaire (NE-SE)
décembre 2019	++	++	++	Vent assez fort à fort, secteur SO dominant
Année	=	=	+	

Symbole	par rapport à la normale
++	très excédentaire (> +25 %)
+	légèrement excédentaire (entre +11 et +25 %)
=	proche de la normale (entre -10 et +10 %)
-	légèrement déficitaire (entre -11 et -25 %)
--	très déficitaire (< -25 %)

Figure 72 : Synthèse mensuelle et annuelle des principaux paramètres météorologiques (précipitations, température, insolation, vent) en Île-de-France en 2019 (d'après les bulletins mensuels pour la région Île-de-France téléchargeables à partir du site de Météo-France)

ANNEXES

ANNEXE 1 : Législation relative à la qualité de l'air ambiant applicable en 2019

Afin de juger de la qualité de l'air d'une année, la réglementation fait appel à plusieurs définitions.

Les **valeurs limites (VL)** sont définies par la réglementation européenne et reprises dans la réglementation française. Elles correspondent à un niveau fixé 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**. Par conséquent, ce sont des **valeurs réglementaires contraignantes**. Elles doivent être respectées chaque année. Un dépassement de valeur limite doit être déclaré au niveau européen. Dans ce cas, 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. La persistance d'un dépassement peut conduire à un contentieux avec l'Union Européenne. La plupart des valeurs limites ont vu leurs seuils diminuer d'année en année. Pour les particules PM₁₀ et le dioxyde de soufre (SO₂), les valeurs limites ont atteint leur niveau plancher en 2005. Pour le dioxyde d'azote (NO₂) et le benzène (C₆H₆), le seuil des valeurs limites a achevé sa décroissance au 1^{er} janvier 2010. Pour les particules PM_{2,5}, la décroissance s'est achevée le 1^{er} janvier 2015.

Les **valeurs cibles (VC)** définies par les directives européennes et reprises dans la réglementation française, correspondent à un niveau fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et l'environnement dans son ensemble, **à atteindre dans la mesure du possible dans un délai donné**. Elles se rapprochent dans l'esprit des objectifs de qualité français, puisqu'il n'y a **pas de contraintes contentieuses associées à ces valeurs**, mais des enjeux sanitaires avérés. De ce fait, un dépassement de valeur cible doit être déclaré au niveau européen et 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 cible.

Les **objectifs de qualité (OQ)** sont définis par la réglementation française. Ils correspondent à un niveau **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. Les objectifs à long terme concernent spécifiquement l'ozone (O₃). Ils sont définis par la réglementation européenne et sont l'équivalent des objectifs de qualité.

Depuis 2010, les différentes réglementations (internationale, européenne et française) s'accordent sur la notion de dépassement : **un dépassement est considéré comme effectif uniquement lorsque le seuil d'un polluant est dépassé** (et non plus atteint).

En complément de ces normes (VL, VC, OQ), l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a mis en place des **lignes directrices relatives à la qualité de l'air** dans le but d'évaluer et de réduire les effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine et sur les écosystèmes. Ces lignes directrices présentent des recommandations d'ordre général concernant **les niveaux d'exposition** (valeurs seuils indicatives) pour différents polluants atmosphériques, **en dessous desquels les effets sont considérés comme acceptables**. Les valeurs recommandées par l'OMS sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord. Les recommandations actuelles sont en cours de révision ; une prochaine version est prévue pour 2020.

NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR FRANÇAISES (F) ET EUROPÉENNES (E)

Normes françaises : Code de l'Environnement

Partie réglementaire

Livre II milieux physiques - Titre II : Air et atmosphère - Section 1 : Surveillance de la qualité de l'air ambiant (Articles R221-1 à R221-3)

Normes européennes :

SO₂, NOx, particules, plomb, ozone, CO : directive européenne du 21 mai 2008

Parue au Journal Officiel de l'Union européenne du 11 juin 2008

HAP et métaux : directive européenne du 15 décembre 2004

Parue au Journal Officiel de l'Union européenne du 26 janvier 2005

Normes
françaises
(F)

Normes
européennes
(E)

**Valeurs limites, valeurs cibles, objectifs de qualité, objectifs à long terme
niveaux critiques, seuils d'information et d'alerte**

Dioxyde d'azote (NO ₂)			
X		Objectif de qualité	Niveau annuel 40 µg/m ³
X	X	Valeurs limites	Niveau annuel 40 µg/m ³
X	X		Niveau horaire, à ne pas dépasser plus de 18 fois sur l'année 200 µg/m ³
X		Seuil de recommandation et d'information	Niveau horaire 200 µg/m ³
X		Seuil d'alerte	Niveau horaire 400 µg/m ³ <small>200 µg/m³ le jour J si le seuil d'information a été déclenché à JM1 et risque de l'être à JP1</small>
X	X	Seuil d'alerte	Niveau horaire 400 µg/m ³ 3 heures consécutives
Oxydes d'azote (NO _x)			
X	X	Niveau critique (végétation - uniquement sur les sites "écosystèmes" en zone rurale)	Niveau annuel 30 µg/m ³ <small>NO_x équivalent NO₂</small>
Particules PM ₁₀			
X		Objectif de qualité	Niveau annuel 30 µg/m ³
X	X	Valeurs limites	Niveau annuel 40 µg/m ³
X	X		Niveau journalier, à ne pas dépasser plus de 35 fois sur l'année 50 µg/m ³
X		Seuil de recommandation et d'information	Niveau journalier 50 µg/m ³
X		Seuil d'alerte	Niveau journalier 80 µg/m ³
Particules PM _{2,5}			
X		Objectif de qualité	Niveau annuel 10 µg/m ³
X		Valeur cible	Niveau annuel 20 µg/m ³
	X	Valeur cible	Niveau annuel 25 µg/m ³
X	X	Valeur limite	Niveau annuel 2015-2018 : 25 µg/m ³ 2020 : 20 µg/m ³
X	X	Objectif national de réduction de l'exposition	Diminution de 15 à 20 % ⁽¹⁾ entre 2011 et 2020 du niveau national de fond dans les agglomérations <small>(1) selon le niveau de 2011</small>
Ozone (O ₃)			
X	X	Valeurs cibles	Protection de la santé humaine Niveau sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 jours par an en moyenne sur 3 ans 120 µg/m ³
X	X		Protection de la végétation AOT40 végétation (mai-juillet période 8h-20h) 18 000 µg/m ³ .h
X	X	Objectifs de qualité (F)	Protection de la santé humaine Niveau sur 8 heures, aucun dépassement dans l'année 120 µg/m ³
X	X	Objectifs à long terme (E)	Protection de la végétation AOT40 végétation (mai-juillet période 8h-20h) 6 000 µg/m ³ .h
X	X	Seuil de recommandation et d'information	Niveau horaire 180 µg/m ³
X	X	Seuil d'alerte	Niveau annuel 240 µg/m ³
X	X	Seuils d'alerte pour la mise en place de mesures de réduction	240 µg/m ³ 3 heures consécutives
X			300 µg/m ³ 3 heures consécutives
X			360 µg/m ³

Normes françaises (F) Normes européennes (E)

**Valeurs limites, valeurs cibles, objectifs de qualité, objectifs à long terme
niveaux critiques, seuils d'information et d'alerte**

Monoxyde de carbone (CO)				
X	X	Valeur limite	Niveau 8 heures, <i>aucun dépassement sur l'année</i>	10 mg/m ³
Dioxyde de soufre (SO ₂)				
X		Objectif de qualité	Niveau annuel	50 µg/m ³
X	X	Valeurs limites	Niveau horaire, <i>à ne pas dépasser plus de 24 fois dans l'année</i>	350 µg/m ³
X	X		Niveau journalier, <i>à ne pas dépasser plus de 3 fois sur l'année</i>	125 µg/m ³
X	X	Niveau critique (végétation - uniquement sur les sites "écosystèmes" en zone rurale)	Niveau annuel	20 µg/m ³
X	X		Niveau hivernal (du 1/10 au 31/3)	20 µg/m ³
X		Seuil de recommandation et d'information	Niveau horaire	300 µg/m ³
X	X	Seuil d'alerte	Niveau annuel	500 µg/m ³ 3 heures consécutives
Plomb (Pb)				
X		Objectif de qualité	Niveau annuel	0,25 µg/m ³
X	X	Valeur limite	Niveau annuel	0,5 µg/m ³
Benzène (C ₆ H ₆)				
X		Objectif de qualité	Niveau annuel	2 µg/m ³
X	X	Valeur limite	Niveau annuel	5 µg/m ³
Benzo(a)pyrène (BaP)				
X	X	Valeur cible	Niveau annuel	1 ng/m ³
Arsenic (As)				
X	X	Valeur cible	Niveau annuel	6 ng/m ³
Cadmium (Cd)				
X	X	Valeur cible	Niveau annuel	5 ng/m ³
Nickel (Ni)				
X	X	Valeur cible	Niveau annuel	20 ng/m ³

Figure 73 : normes françaises et européennes de qualité de l'air applicables en 2019

LIGNES DIRECTRICES DE QUALITE DE L'AIR
DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE
 (critères 1999, mise à jour 2005)

Source : GUIDELINES FOR AIR QUALITY,WHO, Geneva 2000

Dioxyde d'azote (NO₂)	
Niveau annuel	40 µg/m³
Niveau horaire	200 µg/m³
Particules PM₁₀	
Niveau annuel	20 µg/m³
Niveau journalier, à ne pas dépasser plus de 3 fois sur l'année	50 µg/m³
Particules PM_{2,5}	
Niveau annuel	10 µg/m³
Niveau journalier, à ne pas dépasser plus de 3 fois sur l'année	25 µg/m³
Ozone (O₃)	
Niveau sur 8 heures	100 µg/m³
Monoxyde de carbone (CO)	
Niveau 15 min	100 mg/m³
Niveau 30 min	60 mg/m³
Niveau horaire	30 mg/m³
Niveau 8 heures, aucun dépassement sur l'année	10 mg/m³
Niveau journalier	7 mg/m³
Dioxyde de soufre (SO₂)	
Niveau 10 min	500 µg/m³
Niveau journalier	20 µg/m³
Plomb (Pb)	
Niveau annuel	0,5 µg/m³

Figure 74 : valeurs guides de la qualité de l'air de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) applicables en 2019

ANNEXE 2 : La procédure d'information et d'alerte en région Île-de-France

L'Île-de-France a été l'une des premières régions à se doter d'une procédure d'information et d'alerte du public en cas d'épisode de pollution dès avril 1994. Cette procédure définit les conditions d'information et d'alerte, ainsi que les actions et mesures d'urgence à mettre en œuvre en cas d'épisode de pollution de l'air ambiant. Le dispositif instauré vise **à réduire ou à supprimer les émissions polluantes** et *in fine*, **à limiter les effets sur la santé humaine et sur l'environnement**.

Au fil des années, cette procédure d'information et d'alerte régionale a fait l'objet de multiples révisions, dont les modifications majeures sont présentées ci-dessous.

Les particules PM₁₀ ont été introduites dans le dispositif d'information et d'alerte régional à partir du 1^{er} janvier 2008 ; ce dernier étant historiquement basé sur l'O₃, le NO₂ et le SO₂. Afin d'assurer un suivi pluri-annuel des épisodes de pollution aux particules PM₁₀, Airparif a évalué *a posteriori* le nombre de dépassements des seuils d'information (80 µg/m³) et d'alerte (125 µg/m³) en 2006 et 2007 selon les conditions définies par [l'arrêté inter-préfectoral du 3 décembre 2007](#).

À compter du 30 novembre 2011 (de par l'entrée en vigueur de [l'arrêté inter-préfectoral du 27 octobre 2011](#)), un abaissement des seuils de déclenchement pour les particules a été appliqué et a ainsi induit une nette augmentation du nombre de dépassements PM₁₀ à partir de 2012 (Figure 63). En effet, le seuil d'information, initialement fixé à 80 µg/m³, a été abaissé à 50 µg/m³. Le seuil d'alerte est passé de 125 µg/m³ à 80 µg/m³.

L'arrêté inter-préfectoral a été révisé une nouvelle fois en septembre 2014 en modifiant les critères de déclenchement⁷, sans toutefois changer les seuils d'information et d'alerte des polluants réglementés. Une étude interne a montré que le changement des critères de déclenchement n'a pas induit d'effet notable sur le nombre de journées de dépassement pour les particules PM₁₀. [L'arrêté inter-préfectoral du 7 juillet 2014](#) a introduit, pour la première fois, la notion de persistance⁸ pour les particules PM₁₀.

L'arrêté inter-préfectoral a été à nouveau revu fin 2016 ([arrêté inter-préfectoral n°2016-01383 du 19 décembre 2016](#)) en modifiant les critères de persistance⁸ pour les particules PM₁₀ et l'O₃. Ces modifications ont entraîné **davantage de déclenchements des mesures d'urgence par la Préfecture de Police** par rapport aux années précédentes ; la notion de persistance étant passée de 4 à 2 jours consécutifs d'un dépassement du seuil d'information prévu et/ou constaté. Néanmoins, elles n'ont **pas eu d'incidence sur le nombre d'épisodes de pollution, ni sur le bilan des dépassements** présentés ci-dessous, qui est établi sur la base des seuils de concentration et non du type de procédure inter-préfectorale mise en œuvre par les autorités. Le SO₂, dont les niveaux sont aujourd'hui très faibles en région Île-de-France, a également été supprimé de la procédure d'information et d'alerte.

Pour plus d'informations sur l'actuelle procédure d'information et d'alerte régionale, le lecteur est invité à consulter le lien suivant : <http://www.airparif.asso.fr/reglementation/episodes-pollution>

⁷ Les critères de dépassement sont :

- **Un critère de superficie** : dès lors qu'une surface d'au moins 100 km² au total dans la région est concernée par un dépassement des seuils de dioxyde d'azote, d'ozone et/ou de particules PM₁₀ estimé par modélisation en situation de fond ;
- **Un critère de population** : lorsqu'au moins 10 % de la population d'un département de la région est concernée par un dépassement des seuils de dioxyde d'azote, d'ozone et/ou de particules PM₁₀ estimé par modélisation en situation de fond.

⁸ Les conditions de persistance d'un épisode de pollution sont réunies dès lors que le seuil d'information et de recommandations pour un polluant donné (PM₁₀, O₃) est constaté et/ou prévu sur 2 jours consécutifs.

ANNEXE 3 : 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 ESMERALDA](#) 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 ce bilan 2019 afin de réaliser les cartographies à partir de la [chaîne de calcul des Cartes Temps Réel](#)⁹ (exemples présentés en Figure 75).

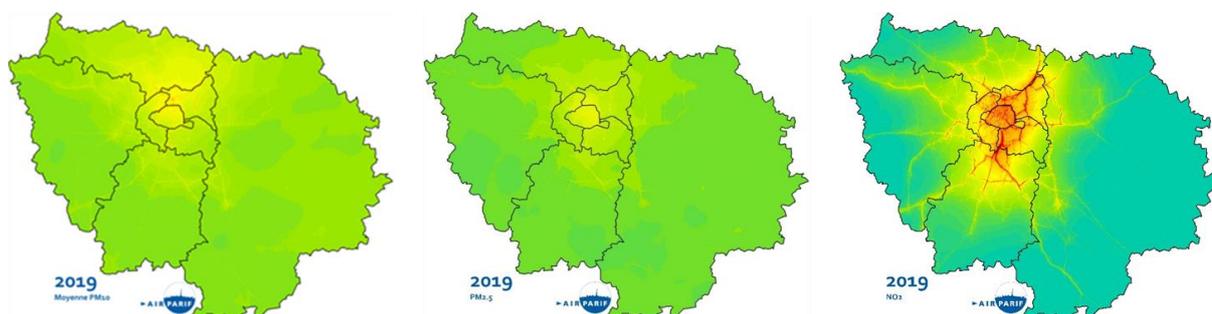


Figure 75 : cartographies des concentrations moyennes annuelles en particules PM₁₀, PM_{2.5} et NO₂ réalisées à partir du système des cartes en temps réel

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 ;

⁹ 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.

- **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.

Les cartes ci-dessous montrent par exemple l'impact de la Nuit Blanche 2019 pendant laquelle une partie du Boulevard Périphérique parisien était fermé.

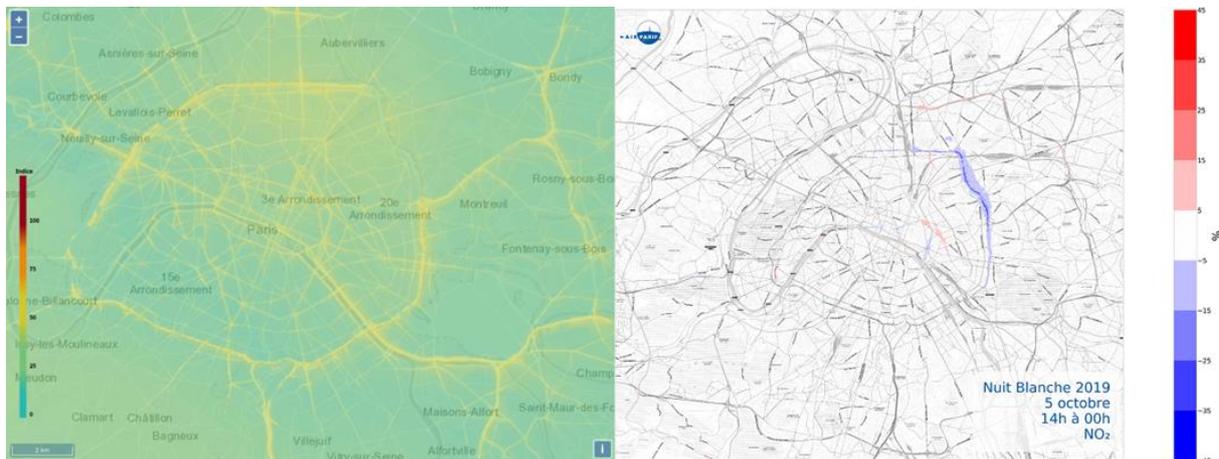


Figure 76 : la carte d'indice de la qualité de l'air Temps Réel pendant l'évènement Nuit Blanche 2019 (gauche) et l'impact de cet évènement sur les niveaux de NO₂ (droite)

La Figure 76 met en évidence des niveaux en NO₂ moins forts sur la partie du Boulevard Périphérique parisien qui est fermé, avec une baisse des niveaux de NO₂ de 25 à 40 %, tout en montrant des zones de report, où les niveaux ont été plus forts qu'en temps normal.

- **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 (Figure 77).

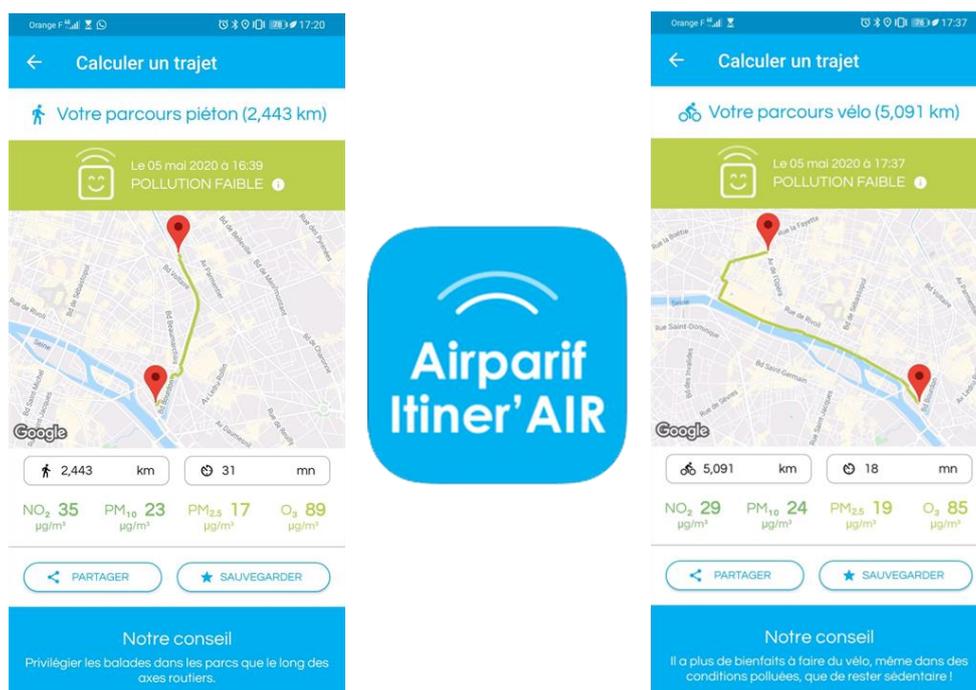


Figure 77 : interfaces de l'application Airparif Itiner'Air

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 78) 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).

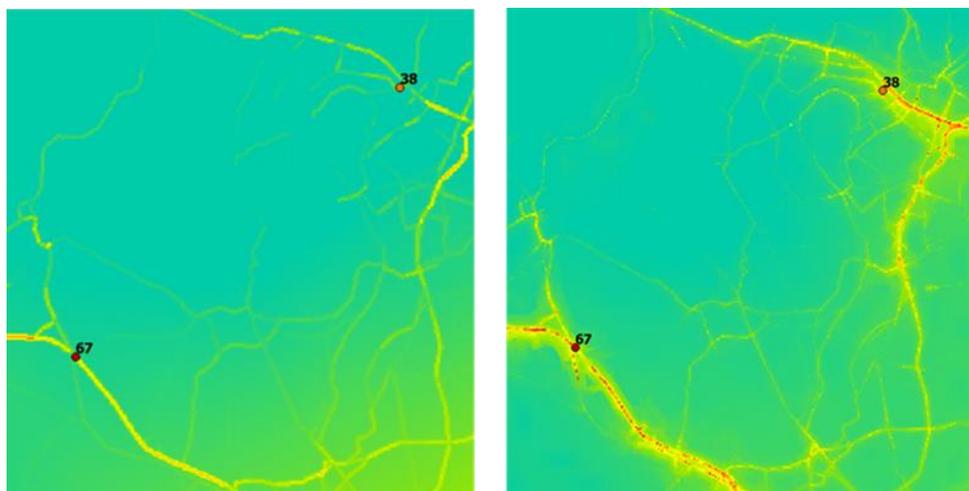


Figure 78 : cartographies des concentrations moyennes en NO₂ sur la campagne estivale 2018 avant et après mise à jour des outils de cartographie dans la zone de Cergy et de Chapet (Val-d'Oise)

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.

Particularités des cartes de pollution liées au benzène et à l'ozone

Le benzène est un polluant majoritairement émis par le trafic routier. Après une baisse très significative des niveaux mesurés en Île-de-France au début des années 2000, ce polluant ne dépasse plus la valeur limite annuelle fixée à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle depuis 2006. En raison de la faible variabilité des niveaux au cours de l'année, la méthode de cartographie reste inchangée et permet toujours de mettre en évidence quelques très rares dépassements de l'objectif de qualité (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) qui concernent moins d'1 % de la population francilienne en 2019. Des développements sont néanmoins envisagés à court terme pour produire cette carte avec la chaîne de calcul des Cartes en Temps Réel.

L'ozone est un polluant secondaire qui n'est pas directement émis dans l'atmosphère. Il est principalement formé par réactions chimiques entre des gaz « précurseurs » (le dioxyde d'azote (NO_2) et les Composés Organiques Volatils (COV)), sous l'effet du rayonnement solaire (UV) et de fortes températures. Il s'agit d'un polluant de grande ampleur, c'est-à-dire qu'il est formé et se déplace sur de grandes distances - les plus forts niveaux en ozone étant observés dans les zones périurbaines et rurales de la région. Ces phénomènes sont particulièrement visibles sur les cartographies issues d'Esmeralda, la plateforme inter-régionale d'Airparif (<http://www.esmeralda-web.fr/>). Les cartes du bilan en sont issues et un travail spécifique a été réalisé de manière à estimer au mieux le nombre de jours de dépassement du 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant 8 heures consécutives pour l'année 2019 (objectif de qualité français) et pour la moyenne des années 2017 à 2019 (valeur cible).

ANNEXE 4 : Superficie et kilométrages cumulés de voies routières concernés par un dépassement des seuils réglementaires en Île-de-France entre 2007 et 2019

Particularité 2019 : Les évolutions méthodologiques apportées aux cartes de pollution annuelles (Cf. [Annexe 3](#)) ont potentiellement pu induire **une augmentation des kilomètres de voirie cumulés** associés aux dépassements des valeurs 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.

Particules PM₁₀

En 2019, le dépassement de la valeur limite journalière en PM₁₀ (35 jours supérieurs à 50 µg/m³ autorisés) est constaté sur **environ 2 % des axes routiers franciliens**, soit **environ 180 km de voirie** (Figure 79). En 2007, plus de 40 % du réseau régional (5 000 km) était concerné par ce dépassement.

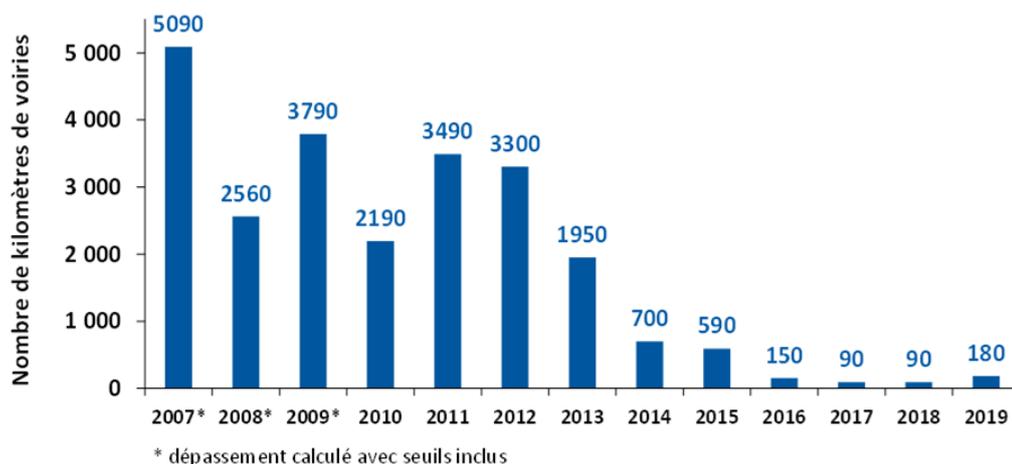


Figure 79 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant la valeur limite journalière PM₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2019

En 2019, la superficie concernée par le dépassement de la valeur limite journalière est estimée à **environ 10 km²**, soit **moins de 1 % de la superficie régionale** (Figure 80).

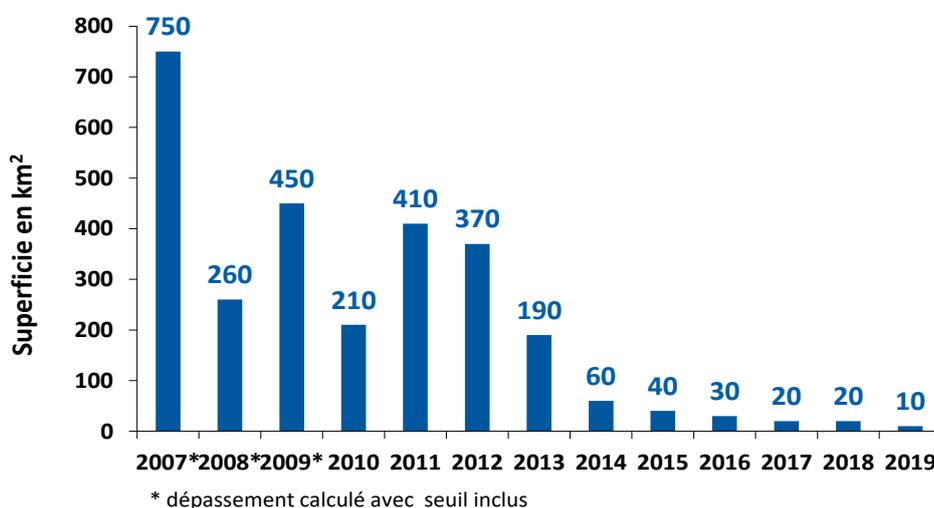


Figure 80 : évolution de la superficie concernée par un dépassement de la valeur limite journalière en particules PM₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2019

Ces valeurs doivent être considérées comme des ordres de grandeur, compte-tenu des origines multiples des particules : émissions locales, remise en suspension, chimie atmosphérique, transport longue distance et du degré de précision associée à la modélisation de certains de ces paramètres.

Dioxyde d'azote (NO₂)

En 2019, les valeurs réglementaires (VLA/OQ/Recommandations OMS) en NO₂ (fixées à 40 µg/m³ en moyenne annuelle) est dépassée sur **environ 1 330 km de voirie** (Figure 81), soit **environ 12 % du réseau francilien modélisé** par Airparif (environ 11 000 kilomètres comprenant notamment les principaux axes régionaux). **Ces axes sont principalement situés dans l'agglomération parisienne.**

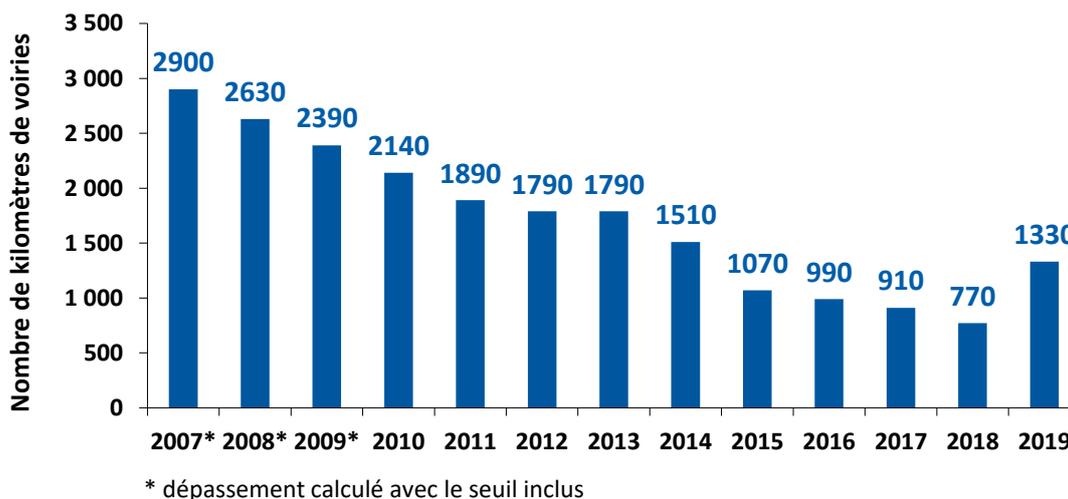


Figure 81 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant les seuils réglementaires en dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France de 2007 à 2019

Le dépassement des normes réglementaires en NO₂ en Île-de-France représente en 2019 une **superficie d'environ 70 km²** (Figure 82), soit **moins de 1 % de la superficie régionale.**

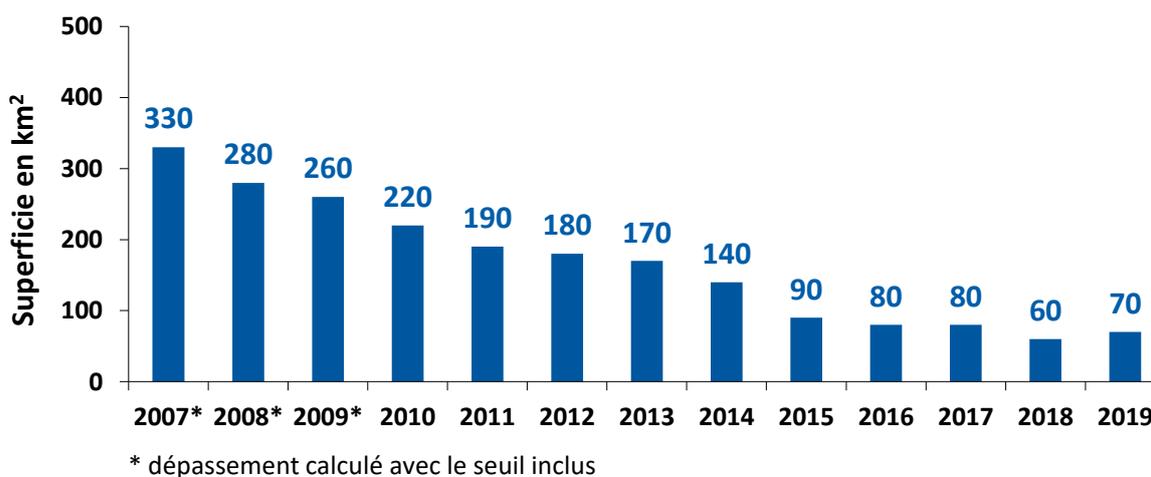


Figure 82 : évolution de la superficie cumulée concernée par un dépassement potentiel de la valeur limite annuelle (40 µg/m³) en dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France de 2007 à 2019

ANNEXE 5 : Définition de la zone sensible (ZAS) en Île-de-France

Le Schéma Régional Climat, Air et Energie (SRCAE) instauré par la Loi Grenelle II impose de cartographier des zones dites « sensibles » en termes de qualité de l'air. Ces zones se définissent par une forte densité de population (ou la présence de zones naturelles protégées) et par des dépassements des valeurs limites (VL) pour certains polluants (notamment PM₁₀ et NO₂). Sur ces zones, les actions en faveur de la qualité de l'air sont qualifiées de prioritaires.

La définition des zones sensibles propres à l'Île-de-France repose sur l'utilisation des outils de cartographie qui permettent de représenter avec finesse les concentrations de polluants en tout point de la région. En croisant ces cartes de concentrations avec les données de population, le nombre d'habitants potentiellement impactés par les dépassements des valeurs limites peut être évalué dans chaque commune.

La zone sensible de l'Île-de-France correspond à la zone administrative de surveillance (ZAS) déclarée au niveau européen comprenant l'agglomération parisienne et l'agglomération de Meaux (Figure 83). Cette zone permet de représenter 100 % des habitants potentiellement impactés par un dépassement des VL en NO₂ et 99.9 % des habitants potentiellement impactés par un risque de dépassement des VL en PM₁₀. Elle concerne plus de 10 millions d'habitants, soit presque 90 % de la population régionale. Elle représente 24 % de la surface de l'Île-de-France et constitue un tissu urbain continu.

Liste des communes comprises dans la zone sensible¹⁰

PARIS (75)

YVELINES (77)

BOISSETTES, BOISSISE-LA-BERTRAND, BOISSISE-LE-ROI, BROU-SUR-CHANTEREINE, BUSSY-SAINT-GEORGES, BUSSY-SAINT-MARTIN, CARNETIN, CESSON, CHALIFERT, CHAMPS-SUR-MARNE, CHANTELOUP-EN-BRIE, CHELLES, CHESY, COLLEGIEN, COMBS-LA-VILLE, CONCHES-SUR-GONDOIRE, COUPVRAY, COUNTRY, CREGY-LES-MEAUX, CROISSY-BEAUBOURG, DAMMARIÉ-LES-LYS, DAMPMART, EMERAINVILLE, ESBLY, FERRIERES-EN-BRIE, GOUVERNES, GUERMANTES, ISLES-LES-VILLENY, LAGNY-SUR-MARNE, LESCHES, LESIGNY, LIEUSAIN, LIVRY-SUR-SEINE, LOGNES, MEAUX, MEE-SUR-SEINE, MELUN, LE MESNIL-AMELOT, MITRY-MORY, MOISSY-CRAMAYEL, MONTEVRAIN, NANDY, NANTEUIL-LES-MEAUX, NOISIEL, POINCY, POMPONNE, PONTAULT-COMBAULT, PRINGY, ROCHETTE, ROISSY-EN-BRIE, RUBELLES, SAINT-FARGEAU-PONTHIERRY, SAINT-THIBAUT-DES-VIGNES, SAVIGNY-LE-TEMPLE, SERVON, THORIGNY-SUR-MARNE, TORCY, TRILPORT, VAIRES-SUR-MARNE, VAUX-LE-PENIL, VERT-SAINT-DENIS, VIGNELY, VILLENY, VILLEPARISIS.

78

ACHERES, AIGREMONT, ANDRESY, AUBERGENVILLE, AUFFREVILLE-BRASSEUIL, BAZOCHES-SUR-GUYONNE, BOIS-D'ARCY, BOUGIVAL, BUC, BUCHELAY, CARRIERES-SOUS-POISSY, CARRIERES-SUR-SEINE, CELLE-SAINT-CLOUD, CHAMBOURCY, CHANTELOUP-LES-VIGNES, CHAPET, CHATEAUFORT, CHATOU, LE CHESNAY-ROCQUENCOURT, CHEVREUSE, CLAYES-SOUS-BOIS, COIGNIERES, CONFLANS-SAINTE-HONORINE, CROISSY-SUR-SEINE, ELANCOURT, ETANG-LA-VILLE, EVEQUEMONT, FLINS-SUR-SEINE, FOLLAINVILLE-DENNEMONT, FONTENAY-LE-FLEURY, FOURQUEUX, GAILLON-SUR-MONTCIENT, GARGENVILLE, GUYANCOURT, HARDRICOURT, HOUILLES, ISSOU, JOUARS-PONTCHARTRAIN, JOUY-EN-JOSAS, JUZIERS,

¹⁰ Suivant l'[arrêté du 26 décembre 2016 relatif au découpage des régions en zones administratives de surveillance de la qualité de l'air ambiant](#).

LIMAY, LOGES-EN-JOSAS, LOUVECIENNES, MAGNANVILLE, MAGNY-LES-HAMEAUX, MAISONS-LAFFITTE, MANTES-LA-JOLIE, MANTES-LA-VILLE, MAREIL-MARLY, MARLY-LE-ROI, MAURECOURT, MAUREPAS, MEDAN, MESNIL-LE-ROI, MESNIL-SAINT-DENIS, MEULAN, MEZY-SUR-SEINE, MONTESSON, MONTIGNY-LE-BRETONNEUX, MUREAUX, NEAUPHLE-LE-CHATEAU, NEAUPHLE-LE-VIEUX, ORGEVAL, PECQ, PLAISIR, POISSY, PORCHEVILLE, PORT-MARLY, SAINT-CYR-L'ECOLE, SAINT-GERMAIN-EN-LAYE, SAINT-REMY-LES-CHEVREUSE, SAINT-REMY-L'HONORE, SARTROUVILLE, TESSANCOURT-SUR-AUBETTE, TOUSSUS-LE-NOBLE, TRAPPES, TREMBLAY-SUR-MAULDRE, TRIEL-SUR-SEINE, VAUX-SUR-SEINE, VELIZY-VILLACOUBLAY, VERNEUIL-SUR-SEINE, VERNOUILLET, VERRIERE, VERSAILLES, VESINET, VILLENNES-SUR-SEINE, VILLEPREUX, VILLIERS-SAINT-FREDERIC, VIROFLAY, VOISINS-LE-BRETONNEUX.

ESSONNE (91)

ARPAJON, ATHIS-MONS, BALLAINVILLIERS, BIEVRES, BOISSY-SOUS-SAINT-YON, BONDOUFLE, BOUSSY-SAINT-ANTOINE, BRETIGNY-SUR-ORGE, BREUILLET, BREUX-JOUY, BRUNOY, BRUYERES-LE-CHATEL, BURES-SUR-YVETTE, CHAMPLAN, CHILLY-MAZARIN, CORBEIL-ESSONNES, COUDRAY-MONTCEAUX, COURCOURONNES, CROSNE, DRAVEIL, ECHARCON, EGLY, EPINAY-SOUS-SENART, EPINAY-SUR-ORGE, ETIOLLES, EVRY, FLEURY-MEROGIS, FONTENAY-LE-VICOMTE, GIF-SUR-YVETTE, GOMETZ-LE-CHATEL, GRIGNY, IGNY, JUVISY-SUR-ORGE, LEUVILLE-SUR-ORGE, LINAS, LISSES, LONGJUMEAU, LONGPONT-SUR-ORGE, MARCOUSSIS, MASSY, MENNECY, MONTGERON, MONTLHERY, MORANGIS, MORSANG-SUR-ORGE, MORSANG-SUR-SEINE, NORVILLE, NOZAY, OLLAINVILLE, ORMOY, ORSAY, PALAISEAU, PARAY-VIEILLE-POSTE, PLESSIS-PATE, QUINCY-SOUS-SENART, RIS-ORANGIS, SACLAY, SAINT-AUBIN, SAINTE-GENEVIEVE-DES-BOIS, SAINT-GERMAIN-LES-ARPAJON, SAINT-GERMAIN-LES-CORBEIL, SAINT-MICHEL-SUR-ORGE, SAINT-PIERRE-DU-PERRAY, SAINTRY-SUR-SEINE, SAINT-YON, SAULX-LES-CHARTREUX, SAVIGNY-SUR-ORGE, SOISY-SUR-SEINE, VARENNES-JARCY, VAUHALLAN, VERRIERES-LE-BUISSON, VIGNEUX-SUR-SEINE, VILLABE, VILLEBON-SUR-YVETTE, VILLE-DU-BOIS, VILLEJUST, VILLEMORISSON-SUR-ORGE, VILLIERS-LE-BACLE, VILLIERS-SUR-ORGE, VIRY-CHATILLON, WISSOUS, YERRES, ULIS.

HAUTS-DE-SEINE (92)

ANTONY, ASNIERES-SUR-SEINE, BAGNEUX, BOIS-COLOMBES, BOULOGNE-BILLANCOURT, BOURG-LA-REINE, CHATENAY-MALABRY, CHATILLON, CHAVILLE, CLAMART, CLICHY, COLOMBES, COURBEVOIE, FONTENAY-AUX-ROSES, GARCHES, GARENNE-COLOMBES, GENNEVILLIERS, ISSY-LES-MOULINEAUX, LEVALLOIS-PERRET, MALAKOFF, MARNES-LA-COQUETTE, MEUDON, MONTRouGE, NANTERRE, NEUILLY-SUR-SEINE, PLESSIS-ROBINSON, PUTEAUX, RUEIL-MALMAISON, SAINT-CLOUD, SCEAUX, SEVRES, SURESNES, VANVES, VAUCRESSON, VILLE-D'AVRAY, VILLENEUVE-LA-GARENNE.

SEINE-SAINT-DENIS (93)

AUBERVILLIERS, AULNAY-SOUS-BOIS, BAGNOLET, BLANC-MESNIL, BOBIGNY, BONDY, BOURGET, CLICHY-SOUS-BOIS, COUBRON, COURNEUVE, DRANCY, DUGNY, EPINAY-SUR-SEINE, GAGNY, GOURNAY-SUR-MARNE, ILE-SAINT-DENIS, LILAS, LIVRY-GARGAN, MONTFERMEIL, MONTREUIL, NEUILLY-PLAISANCE, NEUILLY-SUR-MARNE, NOISY-LE-GRAND, NOISY-LE-SEC, PANTIN, PAVILLONS-SOUS-BOIS, PIERREFITTE-SUR-SEINE, PRE-SAINT-GERVAIS, RAINCY, ROMAINVILLE, ROSNY-SOUS-BOIS, SAINT-DENIS, SAINT-OUEN, SEVRAN, STAINS, TREMBLAY-EN-FRANCE, VAUJOURS, VILLEMOMBLE, VILLEPINTE, VILLETANEUSE.

VAL-DE-MARNE (94)

ABLON-SUR-SEINE, ALFORTVILLE, ARCUEIL, BOISSY-SAINT-LEGER, BONNEUIL-SUR-MARNE, BRY-SUR-MARNE, CACHAN, CHAMPIGNY-SUR-MARNE, CHARENTON-LE-PONT, CHENNEVIERES-SUR-MARNE, CHEVILLY-LARUE, CHOISY-LE-ROI, CRETEIL, FONTENAY-SOUS-BOIS, FRESNES, GENTILLY, HAY-LES-ROSES, IVRY-SUR-SEINE, JOINVILLE-LE-PONT, KREMLIN-BICETRE, LIMEIL-BREVANNES, MAISONS-ALFORT, MANDRES-LES-ROSES, MAROLLES-EN-BRIE, NOGENT-SUR-MARNE, NOISEAU, ORLY, ORMESSON-SUR-MARNE, PERIGNY, PERREUX-SUR-MARNE, PLESSIS-TREVISE, QUEUE-EN-BRIE, RUNGIS, SAINT-MANDE, SAINT-MAUR-DES-FOSSES, SAINT-MAURICE, SANTENY, SUCY-EN-BRIE, THIAIS, VALENTON, VILLECRESNES, VILLEJUIF, VILLENEUVE-LE-ROI, VILLENEUVE-SAINT-GEORGES, VILLIERS-SUR-MARNE, VINCENNES, VITRY-SUR-SEINE.

VAL-D'OISE (95)

ANDILLY, ARGENTEUIL, ARNOUVILLE, AUVERS-SUR-OISE, BEAUCHAMP, BESSANCOURT, BEZONS, BONNEUIL-EN-FRANCE, BOUFFEMONT, BUTRY-SUR-OISE, CERGY, CHAMPAGNE-SUR-OISE, CORMEILLES-EN-PARISIS, COURDIMANCHE, DEUIL-LA-BARRE, DOMONT, EAUBONNE, ECOUEN, ENGHIEEN-LES-BAINS, EPIAIS-LES-LOUVRES, ERAGNY, ERMONT, EZANVILLE, FRANCONVILLE, FREPILLON, FRETTE-SUR-SEINE, GARGES-LES-

GONESSE, GONESSE, GOUSSAINVILLE, GROSLAY, HERBLAY, ISLE-ADAM, JOUY-LE-MOUTIER, MARGENCY, MERIEL, MERY-SUR-OISE, MONTIGNY-LES-CORMEILLES, MONTLIGNON, MONTMAGNY, MONTMORENCY, NESLES-LA-VALLEE, NEUVILLE-SUR-OISE, OSNY, PARMAN, PIERRELAYE, PISCOP, PLESSIS-BOUCHARD, PONTOISE, PUISEUX-PONTOISE, ROISSY-EN-FRANCE, SAINT-BRICE-SOUS-FORET, SAINT-GRATIEN, SAINT-LEU-LA-FORET, SAINT-OUEN-L'AUMONE, SAINT-PRIX, SANNOIS, SARCELLES, SOISY-SOUS-MONTMORENCY, TAVERNY, LE THILLAY, VALMONDOIS, VAUDHERLAND, VAUREAL, VILLIERS-ADAM, VILLIERS-LE-BEL.

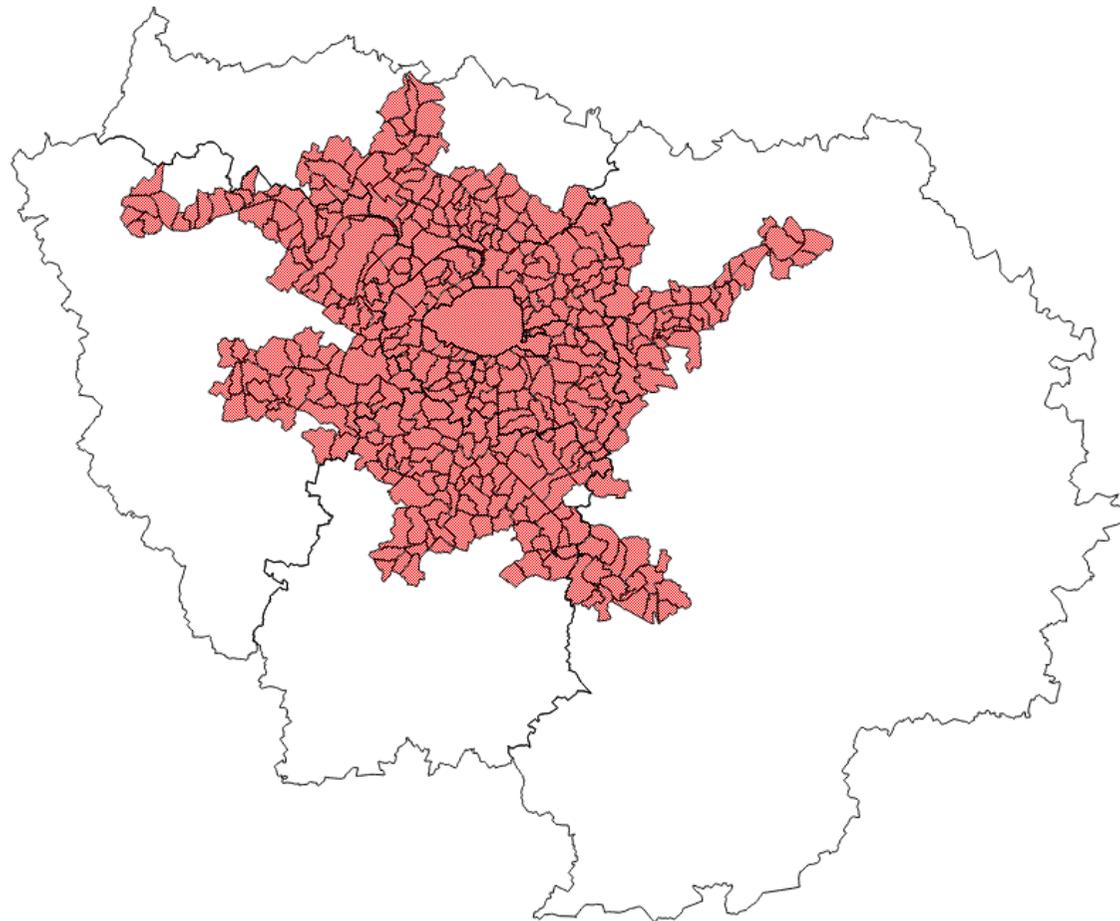


Figure 83 : zones sensibles à la qualité de l'air en Île-de-France

RÉFÉRENCES

- Airparif**, Campagne de mesure du mercure dans l'air ambiant en Île-de-France, Novembre 2010
- Airparif**, Surveillance des métaux dans l'air ambiant à Bagneaux-sur-Loing (77), Décembre 2014
- Airparif**, Pollution atmosphérique au Benzo(a)pyrène en Île-de-France, Campagne 2014-2015, Octobre 2015
- Airparif**, Inventaire régional des émissions en Île-de-France. Année de référence 2012 – éléments synthétiques. Édition mai 2016, 2016
- Airparif**, Inventaire 2015 des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, Décembre 2018
- Airparif**, Campagne de mesure du dioxyde d'azote en Île-de-France, 2020
- Carlaw D.C. et al.**, Have vehicle emissions of primary NO₂ peaked ?, *Faraday Discuss*, 00, 1-16, 2016
- Collette A. et al.**, Air quality trends in Europe over the past decade : a first multi-model assessment, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11 , 11657-11678, 2011
- Collette A. et al.**, European atmosphere in 2050, a regional air quality and climate perspective under CMIP5 scenarios, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 7451-7471, 2013
- European Environment Agency**, Air Pollution by Ozone across Europe during summer 2009, EEA Technical report 2/2010, 2010a
- European Environment Agency**, The European Environment – State and Outlook 2010 : Air Pollution – SOER 2010 Thematic Assessment, 2010b
- European Environment Agency**, Air Pollution due to ozone: health impacts and effects of climate change, accessible à l'adresse suivante : <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/air-pollution-by-ozone-2/assessment>, 2015
- European Topic Centre on Air pollution and Climate change Mitigation (ETC/ACM)**, Modelled future change in surface summertime ozone concentrations, 2015
- Feng, Z., Kobayashi, K., Ainsworth, E.**, Impact of elevated ozone concentration on growth, physiology, and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.): a metaanalysis. *Global Change Biology* 14, 2696–2708, 2008
- Font A. et al.**, A tale of two cities : is air pollution improving in Paris and London ?, *Environmental Pollution*, 249, 1-12, 2019
- Grice S. et al.**, Recent trends and projections of primary NO₂ emissions in Europe, *Atmospheric Environment* 43, 2154-2167, 2009
- Guerreiro, C. B.B, Foltescu, V., de Leeuw, F.**: Air quality status and trends in Europe, *Atmospheric Environment* 98(2014), 376-384, 2014

IARC (OMS), Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–106, Novembre 2012 (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>)

Ineris, Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques :

- Plomb et ses dérivés, version n°2-1/2003
- Nickel et ses dérivés, Juillet 2006
- Arsenic et ses dérivés inorganiques, Avril 2010
- Cadmium et ses dérivés, Mars 2011

Lin M. et al., Vegetation feedbacks during drought exacerbate air pollution extremes in Europe, Nature Climate Change, 2020

OMS, Air Quality Guidelines for Europe – Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, No.91, 2000

OMS, www.who.int / Centre des médias, Santé et Qualité de l' Air, Aide-mémoire n°313, Septembre 2011

Weber et al., Total ozone trends from 1979 to 2016 derived from five merged observational datasets – the emergence into ozone recovery, Atmos. Chem. Phys., 18, 2097-2117, doi:10.5194/acp-18-2097-2018, 2018

Weiss M. et al., Will Euro 6 reduce NO_x emissions of new diesel cars ? – Insights from on-road tests with Portable Emissions Measurement Systems (PEMS), Atmospheric Environment 62, 657-665, 2012

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : situation des différents polluants réglementés par rapport aux normes et recommandations de qualité de l'air en Île-de-France en 2019	10
Figure 2 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m ³ en particules PM ₁₀ en Île-de-France, avec un zoom sur Paris et la petite couronne parisienne pour l'année 2019	12
Figure 3 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m ³ en particules PM ₁₀ en Île-de-France en 2019	13
Figure 4 : évolution du nombre de franciliens concernés par le dépassement de la valeur limite journalière pour les particules PM ₁₀	13
Figure 5 : concentrations moyennes annuelles de particules PM ₁₀ en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne en 2019.....	14
Figure 6 : concentrations moyennes annuelles de particules PM ₁₀ en Île-de-France en 2019.....	15
Figure 7 : évolution du nombre de Franciliens concernés par le dépassement de la recommandation OMS (20 µg/m ³ en moyenne annuelle) pour les particules PM ₁₀	16
Figure 8 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m ³ en particules PM ₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2019	17
Figure 9 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, des concentrations moyennes sur 3 ans en particules PM ₁₀ de 1999-2001 à 2017-2019 dans l'agglomération parisienne (en bleu) et hors agglomération (en vert)	18
Figure 10 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM ₁₀ sur 2 stations trafic	18
Figure 11 : records annuels pour les particules PM ₁₀ en Île-de-France sur l'historique 2007-2019	19
Figure 12 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM _{2.5} en 2019 en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne	20
Figure 13 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM _{2.5} en Île-de-France en 2019	20
Figure 14 : évolution du nombre de Franciliens concernés par le dépassement de la recommandation OMS (10 µg/m ³ en moyenne annuelle) pour les particules PM _{2.5}	21
Figure 15 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM _{2.5} de 2007 à 2019 en Île-de-France.....	22
Figure 16 : évolution, sur un échantillon évolutif de stations urbaines de fond, des concentrations moyennes sur 3 ans en particules PM _{2.5} dans l'agglomération parisienne de 2000-2002 à 2017-2019	22
Figure 17 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM _{2.5} sur la station du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil de 1999-2001 à 2017-2019	23
Figure 18 : records annuels pour les particules PM _{2.5} en Île-de-France sur l'historique 2007-2019	23
Figure 19 : évolution des concentrations hivernales de fumées noires dans l'agglomération parisienne de 1956-1957 à 2018-2019	24
Figure 20 : concentrations moyennes annuelles en carbone suie en Île-de-France en 2019	25
Figure 21 : pourcentages de carbone suie issu de la combustion d'hydrocarbures fossiles et de biomasse en situation de fond en Île-de-France sur l'année 2019, avec une distinction hiver/été. 26	
Figure 22 : composition chimique détaillée des particules de fraction PM _{2.5} mesurées à la station de fond urbain de Gennevilliers sur l'année 2019.....	27
Figure 23 : concentrations moyennes d'ammoniac mesurées en situation de fond urbain et à proximité du trafic routier en 2019.....	28
Figure 24 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en particules PM ₁₀ et PM _{2.5} en Île-de-France en 2019	29
Figure 25 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO ₂) en 2019 en Île-de-France, avec un zoom sur Paris et la petite couronne parisienne	30

Figure 26 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO ₂) pour l'ensemble des stations de mesure en Île-de-France en 2019	32
Figure 27 : évolution du nombre de Franciliens (gauche) et d'habitants de la Métropole du Grand Paris (droite) concernés par le dépassement de la réglementation pour le dioxyde d'azote	33
Figure 28 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO ₂) de 2007 à 2019 en Île-de-France.....	34
Figure 29 : évolution, à échantillon constant de six stations urbaines de fond (bleu clair) et cinq stations trafic (bleu foncé), de la concentration en moyenne sur 3 ans en dioxyde d'azote (NO ₂) dans l'agglomération parisienne de 1996-1998 à 2017-2019	35
Figure 30 : records annuels pour le dioxyde d'azote (NO ₂) et les oxydes d'azote (NO _x) en Île-de-France sur l'historique 1991-2019	36
Figure 31 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air (annuelle et horaire) en dioxyde d'azote (NO ₂) en Île-de-France en 2019.....	37
Figure 32 : nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité en ozone (O ₃) (seuil de 120 µg/m ³ sur 8 heures) en Île-de-France de 2016 à 2019.....	39
Figure 33 : situation de l'Île-de-France au regard de la valeur cible en ozone (O ₃) pour la santé (seuil de 120 µg/m ³ sur 8 heures) en Île-de-France – Période 2017-2019	40
Figure 34 : nombre de jours de dépassement de la valeur cible en ozone (O ₃) pour la protection de la santé (seuil de 120 µg/m ³ sur 8 heures) en Île-de-France (moyenne 2017-2019)	40
Figure 35 : situation par rapport à l'objectif de qualité en ozone (O ₃) pour la protection de la végétation (AOT40, seuil de 6 000 µg/m ³ .h ⁻¹) en Île-de-France en 2019	41
Figure 36 : nombre moyen de jours de dépassement de l'objectif de qualité en ozone (O ₃) (seuil de 120 µg/m ³ sur 8 heures) en Île-de-France de 1998 à 2019.....	42
Figure 37 : nombre de jours de dépassement du seuil de 120 µg/m ³ sur 8 heures en ozone en moyenne sur 3 ans (valeur cible pour la protection de la santé) sur la station de mesure la plus forte en Île-de-France de 1998-2000 à 2017-2019.....	43
Figure 38 : évolution, à échantillon constant de trois stations urbaines de fond, de la concentration moyenne sur 3 ans en ozone (O ₃) dans l'agglomération parisienne de 1992-1994 à 2017-2019	44
Figure 39 : records annuels pour l'ozone (O ₃) en Île-de-France sur l'historique 1992-2019	45
Figure 40 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en ozone (O ₃) en Île-de-France en 2019	46
Figure 41 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne en 2019.....	47
Figure 42 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France en 2019	48
Figure 43 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, de la concentration moyenne de benzène sur 3 ans dans l'agglomération parisienne de 1994-1996 à 2017-2019	49
Figure 44 : évolution de la concentration moyenne en benzène sur 3 ans sur 5 stations trafic (Place Victor Basch, Place de l'Opéra, Boulevard Haussmann, RN2 Pantin, RD7 Courbevoie) de 2007-2009 à 2017-2019.....	49
Figure 45 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en benzène (C ₆ H ₆) en Île-de-France pour l'année 2019.....	50
Figure 46 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en continu en Île-de-France en 2019	51
Figure 47 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en 2019 au sein de deux stations trafic parisiennes (Place de l'Opéra, Boulevard Périphérique Est) et en situation de fond urbain.....	51
Figure 48 : concentrations moyennes annuelles de benzo(a)pyrène (BaP) en Île-de-France en 2019	53
Figure 49 : évolution de la concentration moyenne sur 3 ans de benzo(a)pyrène (BaP) dans l'agglomération parisienne sur un échantillon évolutif de stations urbaines de fond et en site trafic (le long du Boulevard Périphérique) de 1999-2001 à 2017-2019.....	53

Figure 50 : évolution de la concentration maximale journalière de benzo(a)pyrène (BaP) en et hors agglomération parisienne et à proximité du trafic routier (le long du Boulevard Périphérique) de 1998 à 2019	54
Figure 51 : concentrations moyennes annuelles des huit HAP mesurés en Île-de-France en 2019 ...	55
Figure 52 : évolution de la concentration moyenne annuelle de plomb (Pb) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et à Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1991 à 2019	57
Figure 53 : évolution de la concentration moyenne annuelle d'arsenic (As) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1999 à 2019	58
Figure 54 : évolution de la concentration moyenne annuelle de cadmium (Cd) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et à Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1999 à 2019	58
Figure 55 : évolution de la concentration moyenne annuelle de nickel (Ni) à Paris (fond) de 2007 à 2019, à Limay (industrielle) de 2015 à 2019 et à Bagneaux-sur-Loing de 2016 à 2019	59
Figure 56 : concentrations moyennes annuelles et maximales sur 8 heures de monoxyde de carbone (CO) en Île-de-France en 2019	60
Figure 57 : évolution de la concentration moyenne 3 ans en monoxyde de carbone (CO) à proximité au trafic routier et en situation de fond dans l'agglomération parisienne de 1994-1996 à 2017-2019	61
Figure 58 : records annuels pour le monoxyde de carbone (CO) en Île-de-France sur l'historique 1991-2019	61
Figure 59 : évolution des concentrations moyennes hivernales de dioxyde de soufre (SO ₂) à Paris depuis l'hiver 1956-1957	63
Figure 60 : records annuels pour le dioxyde de soufre (SO ₂) en Île-de-France sur la période 1991-2019	63
Figure 61 : concentrations moyennes annuelles de formaldéhyde et d'acétaldéhyde mesurés en Île-de-France en 2019	64
Figure 62 : jours de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte en Île-de-France en 2019, seuil dépassé (information ou alerte) et polluant concerné (PM ₁₀ et O ₃)	66
Figure 63 : nombre de jours de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte en Île-de-France de 2006 à 2019, tous polluants confondus (y compris les particules PM ₁₀ *) [*Simulation rétrospective des PM ₁₀ pour les années 2006 et 2007 selon les conditions de l'arrêté inter-préfectoral du 3 décembre 2007 – Abaissement des seuils de déclenchement à partir du 30 novembre 2011 – Modification des critères de dépassement de l'arrêté d'information et d'alerte à partir du 15 septembre 2014 et Modification des critères de persistance de la procédure d'alerte selon l'arrêté inter-préfectoral du 19 décembre 2016]	67
Figure 64 : nombre de jours d'information et d'alerte en particules PM ₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2019 selon les critères de déclenchement de l'arrêté inter-préfectoral du 27 octobre 2011 (* simulation rétrospective de 2007 à 2011)	67
Figure 65 : cartes journalières de la qualité de l'air en Île-de-France des épisodes de pollution aux PM ₁₀ en février 2019.....	69
Figure 66 : Évolution des concentrations horaires de particules PM ₁₀ et de PM _{2.5} (en µg/m ³) observées entre le 19 et le 23 février 2019 au sein d'une station urbaine de fond (Gennevilliers). Séparation des émissions primaires de combustion (BC) : PM Biomasse représentant les émissions issues du chauffage au bois ; PM Trafic primaire représentant les émissions des dérivés du pétrole (essentiellement transport routier). Répartition moyenne (en %) des composants majeurs des particules (fraction PM ₁) mesurés par l'ACSM* (OM, SO ₄ , NO ₃ , NH ₄ , Cl) et un Aéthalomètre (BC). *ACSM : Aerosol Chemical Speciation Monitor	70
Figure 67 : cartes journalières de la qualité de l'air en Île-de-France de l'épisode de pollution à l'ozone ayant débuté le 22 juillet 2019.....	71
Figure 68 : nombre de jours où l'indice de qualité de l'air ATMO (moyenne de la pollution de fond de l'agglomération parisienne) était médiocre, mauvais ou très mauvais de 2011 à 2019	72

Figure 69 : répartition en pourcentage des indices ATMO (fond, agglomération parisienne) en 2019	73
Figure 70 : répartition des indices généraux CITEAIR (fond, Paris intra-muros) en 2019	74
Figure 71 : répartition des indices trafic CITEAIR (proximité trafic, Paris intra-muros) en 2019	74
Figure 72 : Synthèse mensuelle et annuelle des principaux paramètres météorologiques (précipitations, température, insolation, vent) en Île-de-France en 2019 (d'après les bulletins mensuels pour la région Île-de-France téléchargeables à partir du site de Météo-France)	77
Figure 73 : normes françaises et européennes de qualité de l'air applicables en 2019	80
Figure 74 : valeurs guides de la qualité de l'air de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) applicables en 2019	81
Figure 75 : cartographies des concentrations moyennes annuelles en particules PM ₁₀ , PM _{2.5} et NO ₂ réalisées à partir du système des cartes en temps réel	83
Figure 76 : la carte d'indice de la qualité de l'air Temps Réel pendant l'évènement Nuit Blanche 2019 (gauche) et l'impact de cet événement sur les niveaux de NO ₂ (droite)	84
Figure 77 : interfaces de l'application Airparif Itiner' Air	84
Figure 78 : cartographies des concentrations moyennes en NO ₂ 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)	85
Figure 79 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant la valeur limite journalière PM ₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2019	87
Figure 80 : évolution de la superficie concernée par un dépassement de la valeur limite journalière en particules PM ₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2019	87
Figure 81 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant les seuils réglementaires en dioxyde d'azote (NO ₂) en Île-de-France de 2007 à 2019	88
Figure 82 : évolution de la superficie cumulée concernée par un dépassement potentiel de la valeur limite annuelle (40 µg/m ³) en dioxyde d'azote (NO ₂) en Île-de-France de 2007 à 2019	88
Figure 83 : zones sensibles à la qualité de l'air en Île-de-France	92