

Bilan de la qualité de l'air Année 2021

SURVEILLANCE ET INFORMATION EN ÎLE-DE-FRANCE



SURVEILLANCE ET INFORMATION SUR LA QUALITÉ DE L'AIR EN ÎLE-DE-FRANCE BILAN ANNÉE 2021

Conformément à [l'arrêté du 17 juillet 2019 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 2020 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.

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 2021 10

SITUATION DE L'ÎLE-DE-FRANCE PAR RAPPORT AUX NORMES ET RECOMMANDATIONS DE QUALITÉ DE L'AIR POUR LES DIFFÉRENTS POLLUANTS RÉGLEMENTÉS 12

POLLUANTS DÉPASSANT LES NORMES ET RECOMMANDATIONS DE QUALITÉ DE L'AIR DE FAÇON RÉCURRENTÉ 13

DIOXYDE D'AZOTE (NO₂) 14

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION 14

ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE 18

PARTICULES PM₁₀ 22

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION 22

ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE 27

PARTICULES PM_{2.5} 29

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION 29

ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE 31

VERS UNE CONNAISSANCE APPROFONDIE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES PARTICULES 33

CARBONE SUIE 34

AMMONIAC 36

LES PARTICULES ULTRA-FINES 37

OZONE (O₃) 40

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION 40

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME POUR LA PROTECTION DE LA SANTÉ 43

POLLUANTS NE DÉPASSANT PAS LES NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR 47

BENZÈNE (C₆H₆) 47

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION 47

ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE 48

AUTRES HYDROCARBURES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES (HAM) 51

BENZO(A)PYRÈNE 52

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION 52

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME 53

AUTRES HAP 55

MÉTAUX : PLOMB, ARSENIC, CADMIUM ET NICKEL 56

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION ET ÉVOLUTION SUR LE LONG TERME 56

MONOXYDE DE CARBONE 59

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION 59

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME 60

DIOXYDE DE SOUFRE 61

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION 61

LES ALDÉHYDES 62

AUTRES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS PRÉCURSEURS DE L'OZONE 63

II. ÉPISODES DE POLLUTION 64

PROCEDURE D'INFORMATION ET D'ALERTE REGIONALE 64

RETOUR SUR LES ÉPISODES DE POLLUTION AUX PARTICULES PM₁₀ DE MARS ET AVRIL 2021 66

III. BILAN MÉTÉOROLOGIQUE 2021 EN ÎLE-DE-FRANCE 68

ANNEXES 69

ANNEXE 1 : LEGISLATION RELATIVE A LA QUALITE DE L'AIR AMBIANT APPLICABLE EN 2020 ET LIGNES DIRECTRICES DE L'OMS 69

ANNEXE 2 : SUPERFICIE ET KILOMETRAGES CUMULES DE VOIES ROUTIERES CONCERNES PAR UN DEPASSEMENT DES SEUILS REGLEMENTAIRES EN ÎLE-DE-FRANCE ENTRE 2007 ET 2021	74
PARTICULES PM ₁₀	74
DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	75
ANNEXE 3 : DEFINITION DE LA ZONE SENSIBLE (ZAS) EN ÎLE-DE-FRANCE	76
RÉFÉRENCES.....	79
TABLE DES FIGURES	80

2021 : UNE ANNÉE QUI CONFIRME L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

L'année 2020 avait été une année très particulière, du fait de la crise sanitaire liée à la Covid-19 et des mesures gouvernementales adoptées pour y faire face. Ces différentes mesures avaient entraîné une réduction importante des émissions de polluants, notamment celles issues du trafic routier et aérien, et tout particulièrement pendant le confinement strict du printemps. La baisse de la pollution constatée en 2020 était liée à différents paramètres : à la fois une baisse tendancielle du fait des mesures de réduction de la pollution engagées tant localement qu'au niveau national et européen, à laquelle s'ajoutait un impact conjoncturel des mesures de restrictions de certaines activités mises en place à cause de la pandémie, et un rôle plus ou moins dispersif de la météo.

A l'exception de l'ozone, par rapport à l'année 2020, les niveaux de pollution enregistrés en 2021 ont augmenté sur l'ensemble des stations de mesure, mais ils sont en baisse par rapport à l'année 2019. Ce constat est essentiellement lié à une reprise des activités en 2021, sans être revenues à une activité normale, à la baisse tendancielle des émissions du secteur résidentiel et du trafic routier et à des conditions météorologiques dispersives avec des températures globalement clémentes en période hivernale, qui ont limité les émissions du chauffage résidentiel.

Par rapport à 2019, une baisse notable de la population exposée à des dépassements de la valeur limite pour le dioxyde d'azote (NO₂) est observée, des axes routiers majeurs étant passés sous ce seuil. Malgré cette amélioration, les concentrations de particules PM₁₀ et de NO₂ en Île-de-France restent malgré tout problématiques, avec des dépassements récurrents des valeurs limites réglementaires et des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé. D'autant que ces recommandations ont été abaissées en 2021 compte tenu de l'évolution des connaissances mettant en évidence des impacts sanitaires de la pollution à des niveaux plus faibles. Les niveaux les plus élevés concernent le cœur de l'agglomération et les axes de circulation les plus fréquentés.

La diminution des niveaux de dioxyde d'azote (NO₂) dans l'agglomération parisienne observée ces dernières années (-30 % sur 10 ans en situation de fond) se poursuit en 2021. 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 largement supérieurs à la valeur limite annuelle (fixée à 40 µg/m³), **des axes routiers moins fréquentés passent sous ce seuil. En 2021, environ 60 000 Franciliens sont potentiellement exposés au dépassement de la valeur limite annuelle en NO₂. De plus, la quasi-totalité des Franciliens est exposée à un air qui ne respecte pas les nouvelles recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) annuelle** (10 µg/m³ en moyenne annuelle) **et journalière** (25 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an).

Malgré la baisse tendancielle conséquente de ces dernières années **(-35 % sur 10 ans en situation de fond)**, 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 2021, **moins de 1000 Franciliens 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, **les deux tiers des Franciliens est exposée à un dépassement des recommandations de l'OMS** (3 jours maximum supérieurs à 45 µg/m³).

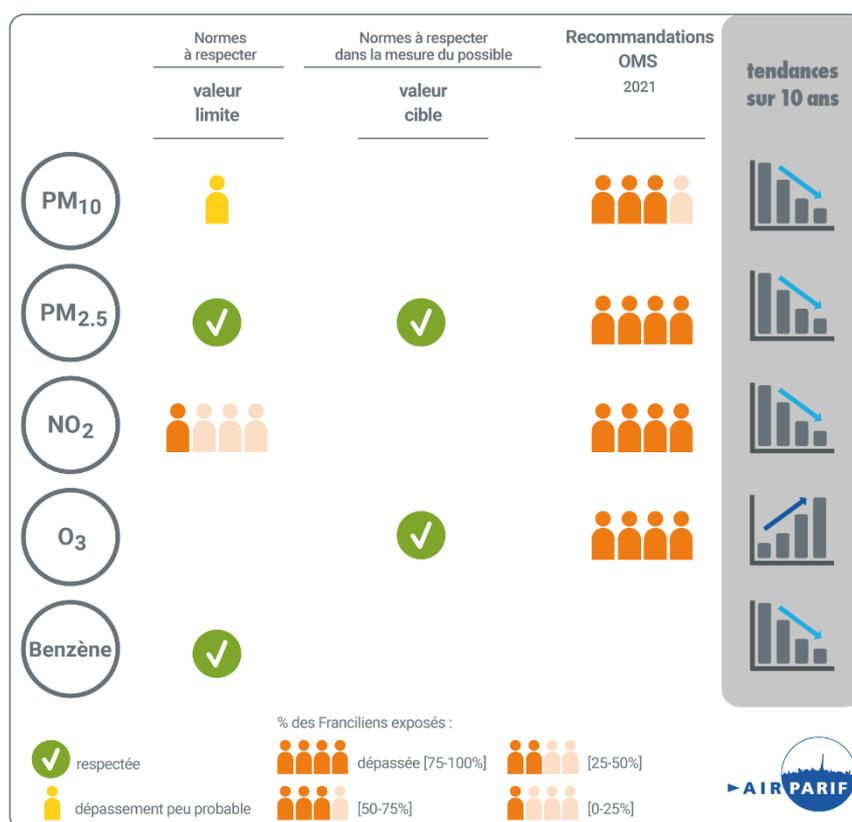
Pour les **particules fines PM_{2,5}**, la valeur limite et la valeur cible sont respectées. En revanche, **les niveaux moyens annuels sont largement supérieurs aux recommandations de l'OMS. En 2021, la totalité des Franciliens est concernée par un dépassement des recommandations de l'OMS** (5 µg/m³ pour la moyenne annuelle et 3 jours maximum supérieurs à 15 µg/m³ pour la moyenne journalière).

Pour l'ozone (O₃), l'objectif de qualité relatif à la protection de la santé est dépassé en tout point de la région en 2021 (seuil de 120 µg/m³ sur une période de 8 heures, à ne pas dépasser dans l'année). **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'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 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. **Aucun Francilien situé dans l'agglomération parisienne et habitant au voisinage du trafic routier, n'est concerné par le dépassement de l'objectif de qualité** (fixée à 2 µg/m³). Toutefois, il peut exister un risque faible et ponctuel de dépassement.

La Figure ci-dessous résume les tendances et la situation de l'année 2021 vis-à-vis des normes réglementaires et des recommandations de l'OMS.

Les tendances présentées dans ce bilan s'appuient sur les concentrations de la période 2011-2021.



Le nombre d'épisodes de pollution est en baisse par rapport aux années précédentes. Dix dépassements du seuil d'information pour les particules PM₁₀ ont été enregistrés en période hivernale et une seule journée de dépassement du seuil d'information en O₃ lors de la période estivale, soit le nombre de jours d'épisodes le plus bas de ces dix dernières années.

BILAN ANNÉE 2021



DÉPASSEMENT DES SEUILS D'INFORMATION ET D'ALERTE

11 JOURS



10
Particules **PM₁₀**

1
Ozone **O₃**

DÉPASSEMENT DES VALEURS LIMITES RÉGLEMENTAIRES (Fr et UE)

Nombre de Franciliens exposés



NO₂
Dioxyde
d'azote



PM₁₀
Particules



PM_{2.5}
Particules

DÉPASSEMENT DES RECOMMANDATIONS DE L'OMS

Pourcentage de Franciliens exposés



NO₂
Dioxyde
d'azote



O₃
Ozone



PM₁₀
Particules



PM_{2.5}
Particules

I. POLLUTION CHRONIQUE :

LA QUALITÉ DE L'AIR PAR POLLUANT EN 2021

La qualité de l'air dépend majoritairement de l'intensité des émissions polluantes. La météorologie, qui conditionne notamment la dispersion ou l'accumulation des polluants dans l'atmosphère, a également une influence sur les concentrations.

Par rapport à l'année 2020, les niveaux de pollution enregistrés en 2021 ont augmenté sur l'ensemble des stations de mesure, sauf pour l'ozone. Cependant, ils sont en baisse par rapport à l'année 2019. Ce constat est essentiellement lié à :

- une reprise des activités en 2021 sans être revenues à une activité normale (restrictions plus ou moins importantes, selon les différentes vagues de la COVID-19, télétravail toujours important, moins de tourisme, etc).
- la baisse tendancielle des émissions du secteur résidentiel, ainsi que du trafic routier du fait de l'amélioration technologique due au renouvellement du parc routier, accentué par la Zone à faibles émissions métropolitaine, et aux mesures de réduction du trafic routier au cœur de l'agglomération parisienne et notamment dans Paris avec le développement des mobilités douces (pistes cyclables, piétonisation ...). Certaines de ces évolutions, notamment le vélo, ont été accentuées du fait de la COVID-19.
- des conditions météorologiques dispersives en 2021, et des températures globalement clémentes en période hivernale, qui ont limité les émissions du chauffage résidentiel.

D'un point de vue météorologique, l'année 2021 se caractérise globalement par un ensoleillement et des températures proches de la normale et un excédent de précipitations favorisant la dispersion des polluants.

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 influence alors également les 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.

D'une manière générale, à l'exception de l'ozone, les tendances à la baisse observées ces dernières années se poursuivent en 2021. Même si les niveaux de 2021 sont un peu plus forts que ceux de 2020, année très particulière du fait de l'ampleur des restrictions appliquées aux activités dans le cadre de la lutte contre la pandémie de la COVID-19.

Les concentrations dans l'air sont évaluées à la fois dans **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), conformément aux réglementations françaises et européennes.

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 2021, les normes de qualité de l'air (valeur limite, valeur cible et objectif de qualité) et recommandations de l'OMS sont respectées ou dépassées en Île-de-France pour les différents polluants réglementés. Les détails sont présentés pour chaque polluant dans les paragraphes suivants. Dans la figure ci-dessous, lorsque plusieurs valeurs existent, une annuelle, une journalière ou une horaire, la plus contraignante est retenue.



Figure 1 : situation des différents polluants réglementés par rapport aux normes et recommandations de qualité de l'air en Île-de-France en 2021

Les définitions des seuils réglementaires (valeur limite, valeur cible, objectif de qualité) et des recommandations de l'OMS, ainsi que le détail de l'ensemble des normes de qualité de l'air européennes et françaises applicables en 2021 sont présentés dans l'Annexe 1.

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

Dioxyde d'azote



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.



SANTÉ

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 *



* Tendence sur 10 ans



NORMES FRANÇAISES ET RECOMMANDATIONS OMS

Valeur limite horaire	Valeur limite annuelle	Objectif de qualité	Recommandations 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	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	Dépassée	Dépassé	Dépassées	

Malgré une amélioration conséquente ces dernières décennies, la situation est toujours préoccupante en 2021, avec un fort contraste selon les endroits en Île-de-France. Les niveaux moyens annuels en NO₂ sont légèrement plus forts qu'en 2020, année marquée par la crise sanitaire de la COVID-19 et les confinements qui ont particulièrement fait baisser les niveaux de NO₂. Toutefois, ces niveaux sont plus faibles qu'en 2019, tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier. Cette diminution est due à la baisse tendancielle des niveaux et à des conditions météorologiques particulièrement favorables à la dispersion des polluants en période hivernale. En 2021, dans la continuité de l'année 2019, le nombre d'axes parisiens et régionaux qui enregistrent des concentrations moyennes annuelles supérieures aux seuils réglementaires est en diminution, entraînant une baisse notable du nombre de Franciliens potentiellement exposés à ces dépassements.

DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

La Figure 2 illustre les teneurs moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France en 2021, avec un zoom pour Paris et la petite couronne.

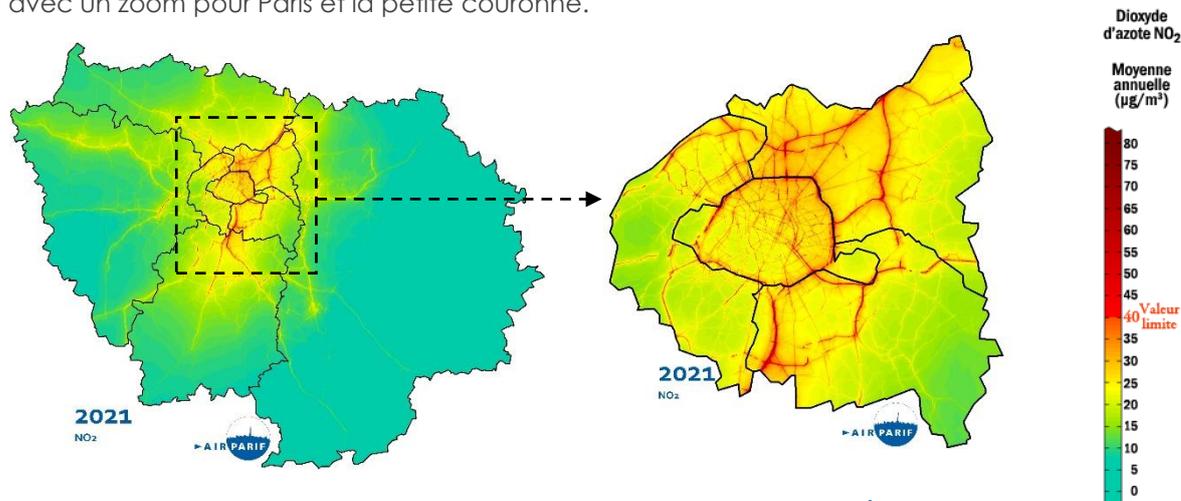


Figure 2 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) en 2021 en Île-de-France, avec un zoom sur Paris et la petite couronne parisienne

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 28 µg/m³ (Figure 3), le niveau de fond régional moyen est plutôt compris entre 6 et 8 µg/m³ en 2021.

La valeur limite annuelle (40 µg/m³ en moyenne) est largement respectée en situation de fond.

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 largement supérieurs au seuil de la valeur limite annuelle**. En 2021, ce seuil est ainsi dépassé sur environ 600 km de voirie (Cf. Annexe 4), soit environ 5 % 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 2019 et 2021, une importante baisse des niveaux en NO₂ est observée, tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier. Dans Paris, les concentrations moyennes annuelles de NO₂ en situation de fond ont diminué d'environ 20 % grâce aux baisses d'émission (renouvellement du parc roulant et baisse du trafic routier notamment) et à l'influence des conditions météorologiques particulièrement dispersives, notamment en période hivernale, lorsque les concentrations en NO₂ sont habituellement maximales.

Les stations de proximité au trafic routier ont des moyennes annuelles très variables d'un site à un autre (Figure 3). 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**.

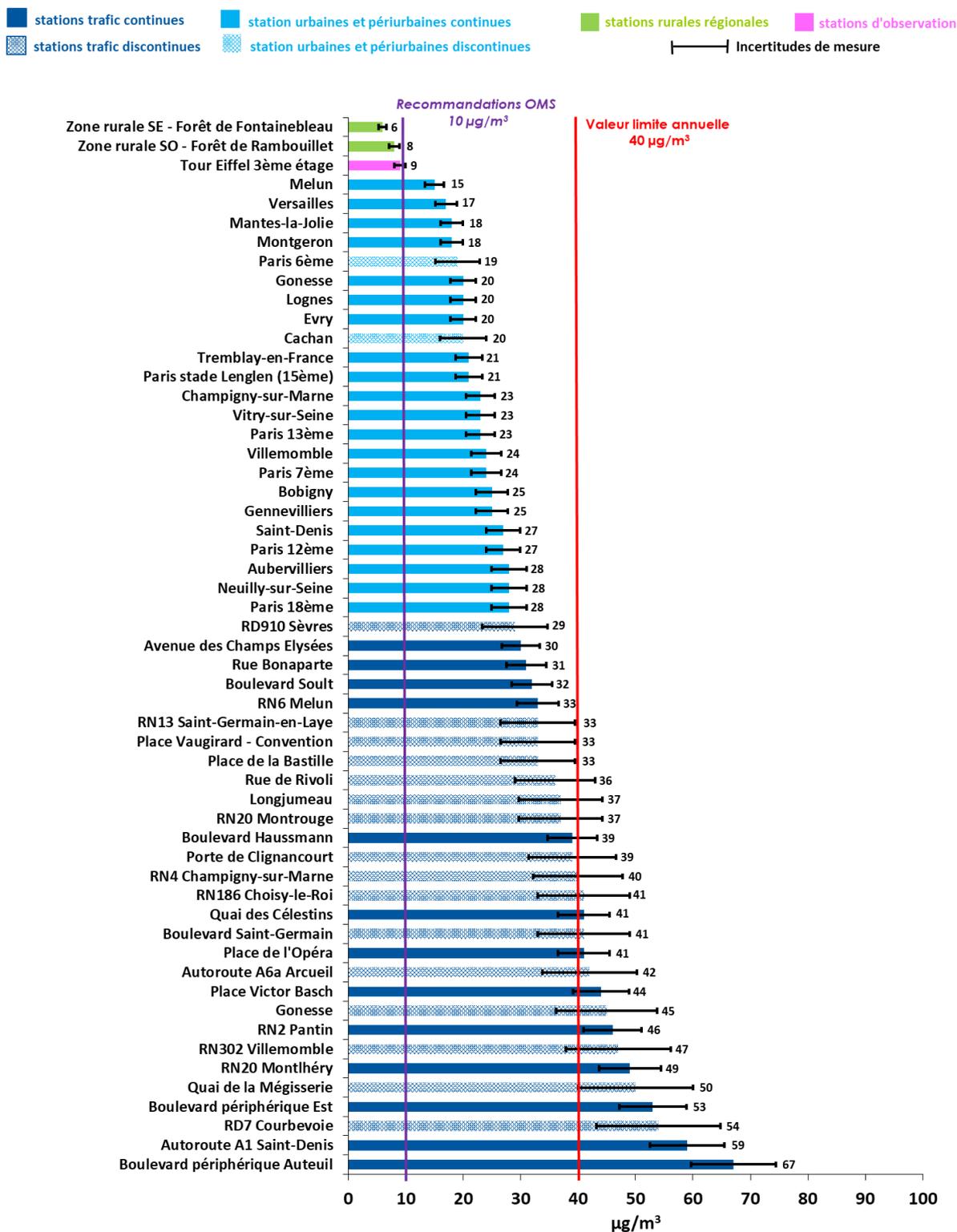
Pour les sites où le trafic est très important (comme les autoroutes, les rocade et le Boulevard Périphérique parisien), le nombre élevé de véhicules et la vitesse de circulation engendrent de fortes émissions d'oxydes d'azote (NO_x). C'est également le cas des sites localisés dans Paris Intra-muros, où 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 (53 µg/m³ contre 67 µg/m³ en moyenne annuelle), du fait d'une distance un peu plus importante par rapport à la voie de circulation et d'une configuration dans un environnement ouvert plus favorable à la dispersion des polluants.

L'année 2021 est la troisième année consécutive au cours de laquelle certains sites trafic parisiens et régionaux enregistrent des concentrations moyennes annuelles inférieures aux seuils réglementaires.

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 la plateforme de surveillance SURVOL. Des cartographies et des bilans annuels spécifiques y sont mis à disposition : <https://www.airparif.asso.fr/zones-aeroportuaires>

Dioxyde d'azote (NO₂)



En complément des mesures en continu toute l'année, AIRPARIF réalise des mesures discontinues de dioxyde d'azote (NO₂). 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 3 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) pour l'ensemble des stations de mesure en Île-de-France en 2021

Le résultat des stations Paris 1er – Les Halles et Argenteuil sont indisponibles en 2021 en raison de problèmes techniques.

En 2021, environ 60 000 Franciliens sont potentiellement exposés² à un air dépassant la valeur limite annuelle (Figure 4). **Ils résident exclusivement dans la Métropole du Grand Paris.**

Le nombre de personnes potentiellement exposées est en forte diminution en 2021 par rapport à l'année 2019 (près de 500 000 habitants en 2019). Cela s'explique par le fait que les concentrations moyennes annuelles enregistrées sur de nombreux axes sont passées en dessous du seuil de la valeur limite (40 µg/m³).



Figure 4 : évolution du nombre de Franciliens concernés par le dépassement de la réglementation pour le dioxyde d'azote

Pour ce qui est de la valeur limite horaire (concentration supérieure à 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois dans l'année), **elle est respectée en tout point d'Île-de-France en 2021.**

En 2021, La quasi-totalité des Franciliens est exposée à un air qui ne respecte pas les recommandations de l'OMS annuelle (abaissée à 10 µg/m³ en moyenne annuelle en 2021) **et journalière** (25 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an).

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

La Figure 5 montre l'évolution des concentrations moyennes annuelles de 2007 à 2021.

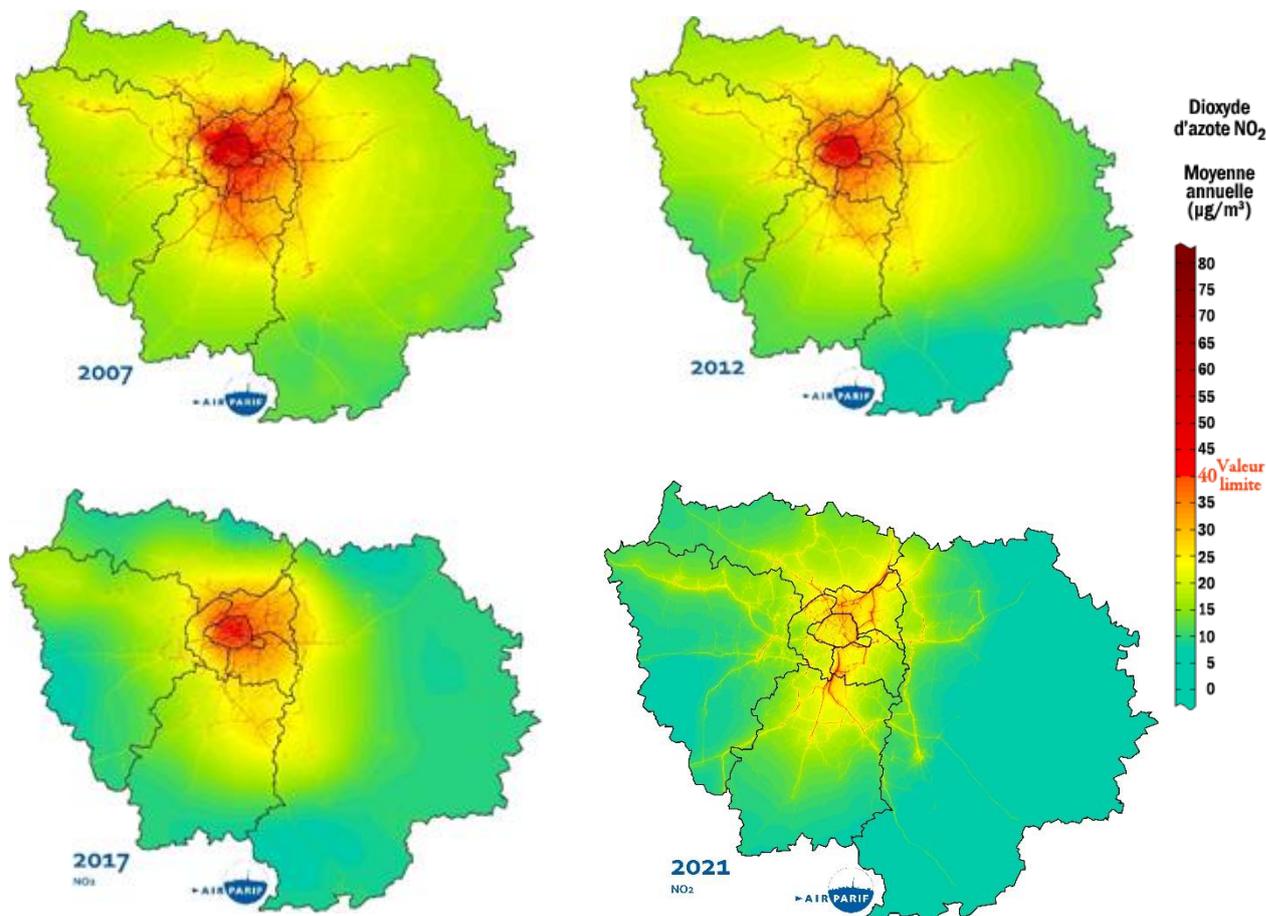


Figure 5 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) de 2007 à 2021 en Île-de-France.

La Figure 5 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 2021 et plus particulièrement dans l'agglomération parisienne.

En s'affranchissant des fluctuations météorologiques interannuelles, les teneurs en NO₂ moyennées sur 3 ans montrent, **sur les 10 dernières années, une tendance à la baisse en situation de fond** (Figure 6). Les améliorations technologiques sur les différentes sources d'émissions (trafic, chauffage, industries) expliquent cette baisse, en particulier le renouvellement du parc routier. Entre 2011 et 2021, **les concentrations annuelles de fond en baissé de l'ordre de 30 %**.

Le profil de l'évolution du dioxyde d'azote (NO₂) à proximité des axes routiers est très différent. La moyenne 2019-2021 est la plus faible de l'historique. De 2011 à 2021, **les concentrations annuelles en situation de proximité au trafic routier ont baissé de l'ordre de 45 %**.

Dioxyde d'azote (NO₂)

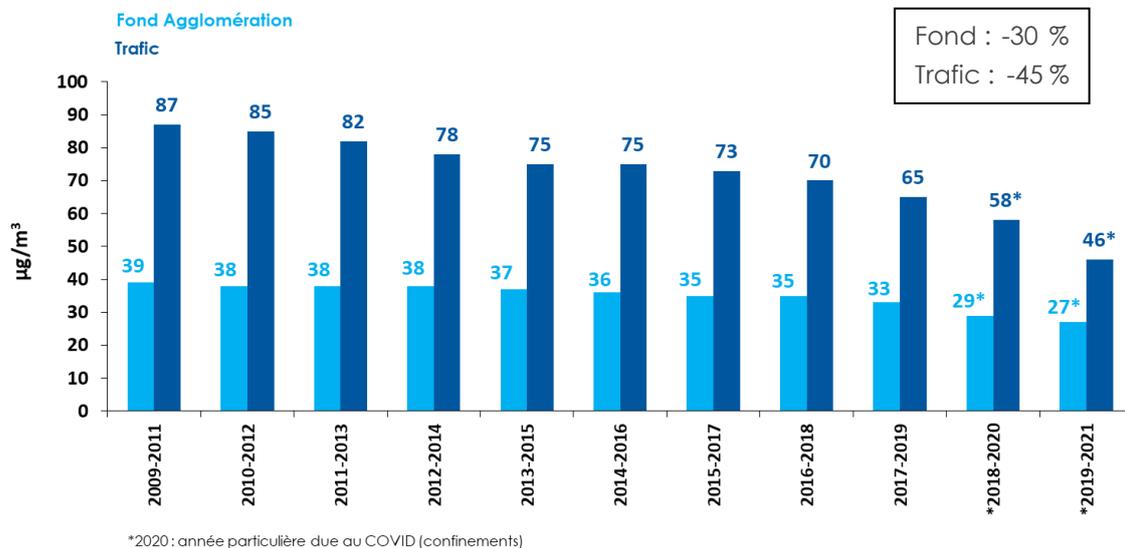


Figure 6 : évolution, à échantillon constant de six stations urbaines de fond (bleu clair) et cinq stations trafic (bleu foncé), de la concentration en moyenne sur 3 ans en dioxyde d'azote (NO₂) dans l'agglomération parisienne de 2009-2011 à 2019-2021

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).

La diminution des niveaux de NO₂ à proximité du trafic routier est liée au renouvellement du parc de véhicules et, pour les dernières années, au recul des véhicules diesel.

Les variations observées selon la typologie des stations peuvent s'expliquer par une composition différente du parc routier, notamment concernant les deux-roues motorisés. **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.**

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 (-30 % depuis 10 ans) qu'à proximité du trafic routier (-45 % depuis 10 ans), les grands axes de circulation parisiens et régionaux enregistrent des concentrations toujours largement supérieures à la valeur limite annuelle (40 µg/m³)

En 2021, dans la continuité de l'année 2019, le nombre d'axes parisiens et régionaux qui enregistrent des concentrations moyennes annuelles supérieures aux seuils réglementaires est en diminution, entraînant une baisse notable du nombre de Franciliens potentiellement exposés à ces dépassements : environ 60 000 Franciliens situés dans le cœur dense de l'agglomération sont potentiellement exposés à un dépassement de la valeur limite annuelle.

La quasi-totalité des Franciliens est exposée à un air qui ne respecte pas la nouvelle recommandation de l'OMS

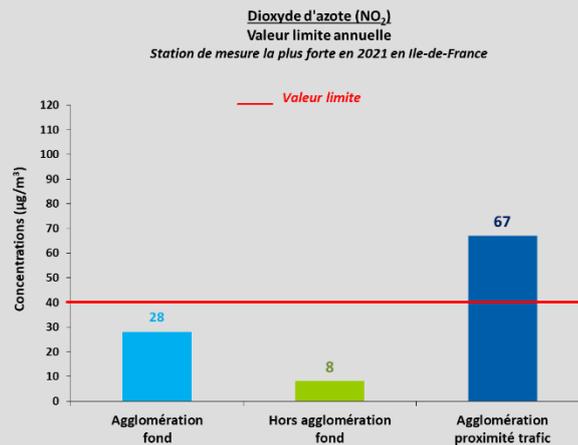


Figure 7 : synthèse des dépassements de la valeur limite en dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France en 2021

Particules



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 *



Loin du trafic: PM₁₀ -35%, PM_{2,5} -40%

Le long du trafic: PM₁₀ -40%, PM_{2,5} -50%

* Tendances sur 10 ans

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	45 µg/m ³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an 15 µg/m ³ en moyenne annuelle
Dépassement peu probable	Dépassement peu probable	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	15 µg/m ³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an 5 µg/m ³ en moyenne annuelle
Respectée	Respectée	Dépassé	Dépassées

Au-delà de celui 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, des phénomènes de transferts inter-régionaux et de remise en suspension pour ces polluants. Néanmoins, en s'affranchissant des fluctuations météorologiques interannuelles, **les teneurs en particules confirment une tendance à la baisse en Île-de-France depuis 10 ans de près de 40 %.**

L'année 2021 a connu des conditions météorologiques globalement favorables à une bonne qualité de l'air, notamment des températures hivernales douces ayant limité le recours au chauffage résidentiel. **En 2021, le nombre de jours de dépassement sur l'année du seuil de 50 µg/m³, tant en situation de fond qu'à proximité du trafic, est plus fort qu'en 2020. En revanche, le nombre de jours de dépassement est similaire à celui de 2019 en situation de fond mais inférieur en situation de proximité au trafic.**

En 2021, les niveaux moyens sur l'année sont globalement similaires à ceux de 2020 en situation de fond, mais légèrement supérieurs en situation de proximité au trafic. Ces niveaux sont en revanche inférieurs à ceux de 2019, tant en situation de fond qu'à proximité du trafic.

PARTICULES PM₁₀

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

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

La Figure 8 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 2021.

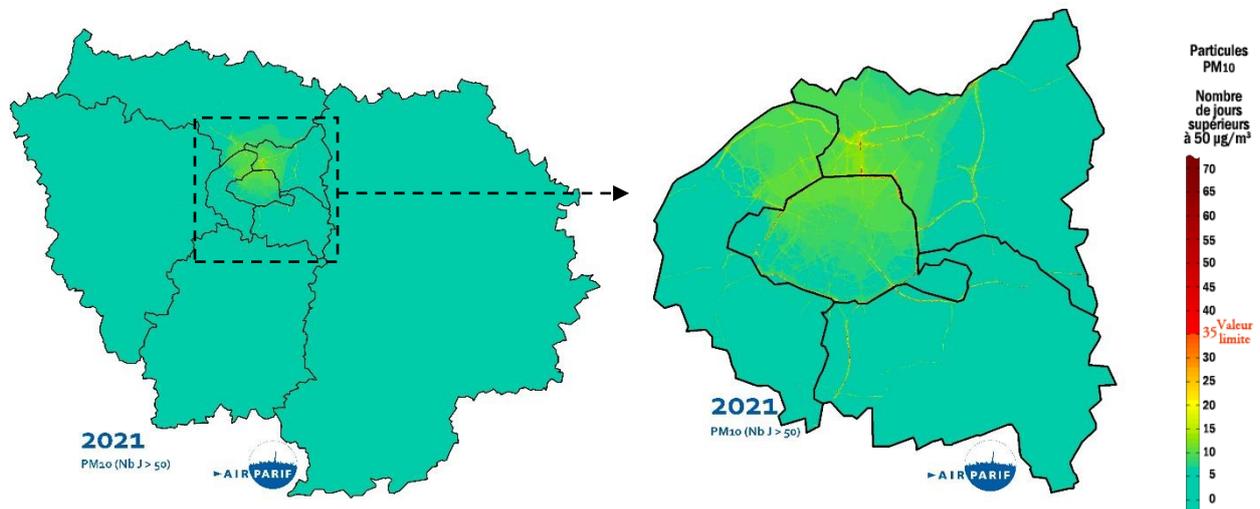


Figure 8 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ en particules PM₁₀ en Île-de-France, avec un zoom sur Paris et la petite couronne parisienne pour l'année 2021

Le nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ pour les PM₁₀ en 2021 (1 à 9 jours de dépassement sur les stations urbaines et périurbaines de fond) (Figure 9) est supérieur à celui de 2020 (1 à 4 jours) et similaire à celui de 2019 (1 à 10 jours).

En 2021, le nombre de jour de dépassement a augmenté sur l'ensemble des stations trafic au regard de la situation en 2020, mais a diminué par rapport à 2019. Ce nombre est inférieur à la limite journalière sur tous les sites de mesure (Figure 9).

Le résultat de la station Autoroute A1 est indisponible en 2021 en raison d'un impact important des travaux de construction du site du complexe nautique des Jeux Olympiques de Paris 2024. Cependant, cette station aurait probablement été très proche de la valeur limite journalière dans des conditions normales, voire l'aurait dépassée.

Au même titre que les années précédentes, la valeur limite journalière est largement respectée en situation de fond en 2021. **Elle est en revanche toujours dépassée à proximité du trafic routier. Ce dépassement est constaté en 2021 sur moins de 100 km des axes routiers franciliens** (Cf. Annexe 2).

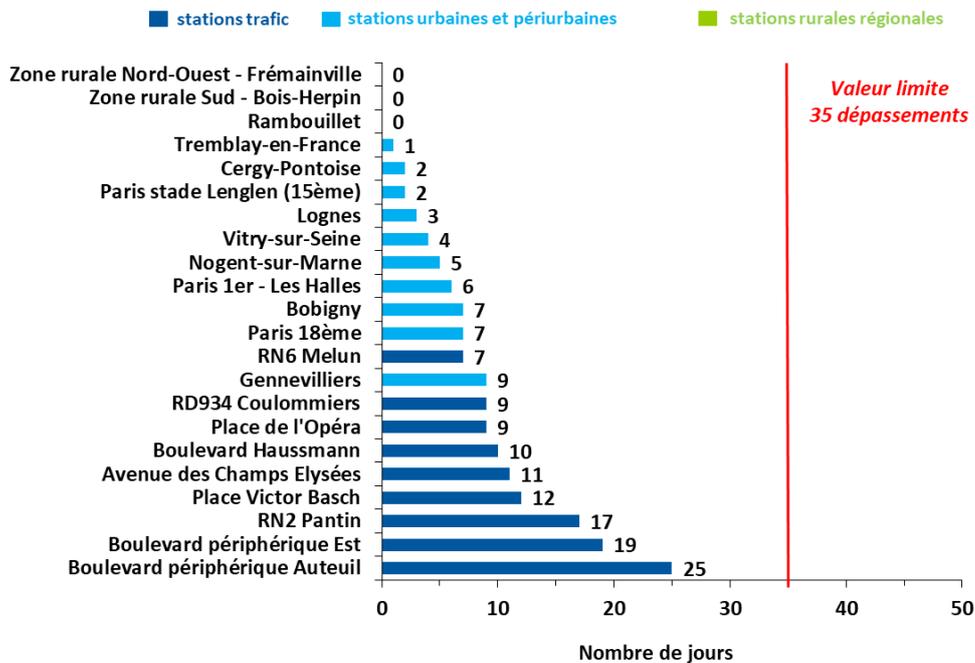


Figure 9 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ en particules PM₁₀ en Île-de-France en 2021

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 2021. **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 2021, moins de 1 000 de Franciliens sont potentiellement exposés à un dépassement de la valeur limite journalière en 2021, contre plus de 40 % en 2007 (Figure 10).

Le nombre d'habitants potentiellement exposés à un dépassement de la valeur limite journalière (35 jours supérieurs à 50 µg/m³ maximum) est le plus faible des 10 dernières années.

En revanche, les deux tiers des Franciliens sont exposés à un air qui ne respecte pas la nouvelle recommandation de l'OMS (abaissée à 45 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an).



Figure 10 : évolution du nombre de Franciliens concernés par le dépassement de la valeur limite journalière pour les particules PM₁₀

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 2.

Valeur limite annuelle (40 µg/m³ en moyenne)

Les cartes de la Figure 11 illustrent les concentrations moyennes annuelles en particules PM₁₀ en 2021 en Île-de-France, ainsi qu'un zoom sur la petite couronne parisienne.

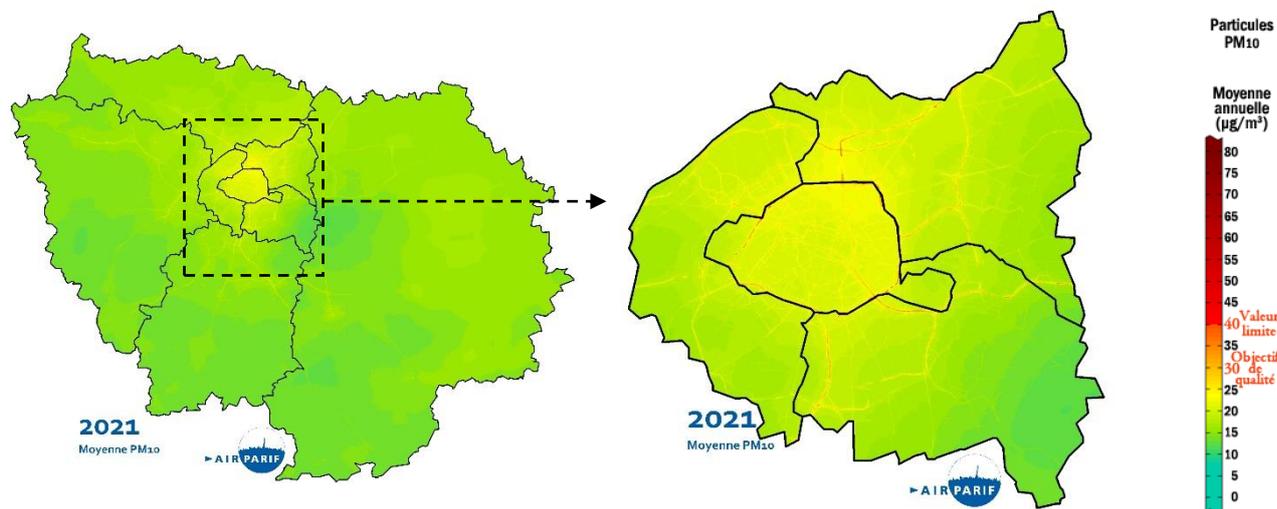


Figure 11 : concentrations moyennes annuelles de particules PM₁₀ en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne en 2021

Comme lors des dernières années, **les niveaux de fond moyens en PM₁₀ enregistrés au sein de la zone sensible francilienne restent globalement homogènes** (entre 15 et 19 µg/m³) avec cependant des concentrations légèrement plus fortes relevées dans le nord. Une légère décroissance est observée entre le cœur dense de l'agglomération et la périphérie de l'Île-de-France. La variabilité des PM₁₀ est moins importante que celle du NO₂ en raison d'une plus grande diversité des sources d'émissions. Les niveaux moyens de fond urbains mesurés en 2021 sont globalement similaires à ceux de 2020, mais inférieurs à ceux de 2019.

En zone rurale, les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ mesurées sont comprises entre 14 et 15 µg/m³.

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 21 à 31 µg/m³). Les niveaux de PM₁₀ en situation de proximité au trafic en 2021 sont globalement légèrement supérieurs à ceux de 2020 et inférieurs à ceux de 2019.

Les valeurs réglementaires en moyenne annuelle pour les PM₁₀ (valeur limite annuelle et objectif de qualité) sont largement respectées en situation de fond urbain et rural, ainsi que sur les stations trafic de grande couronne.

Les concentrations en bordure du périphérique parisien sont proches, voire légèrement supérieures à l'objectif de qualité. Le résultat de la station Autoroute A1, présentant habituellement la moyenne maximale du réseau de mesure, est indisponible en 2021 en raison d'un impact important des travaux de construction du site du complexe nautique des Jeux Olympiques de Paris 2024. Cependant, les estimations montrent que cette station n'aurait probablement pas dépassé la valeur limite annuelle de 40 µg/m³.

En revanche, la recommandation de l'OMS est tout juste respectée en zone rurale mais dépassée sur l'ensemble des sites urbains et trafic.

La Figure 12 présente la concentration moyenne annuelle de particules PM₁₀ relevée sur l'ensemble des stations de mesure réparties en Île-de-France en 2021.

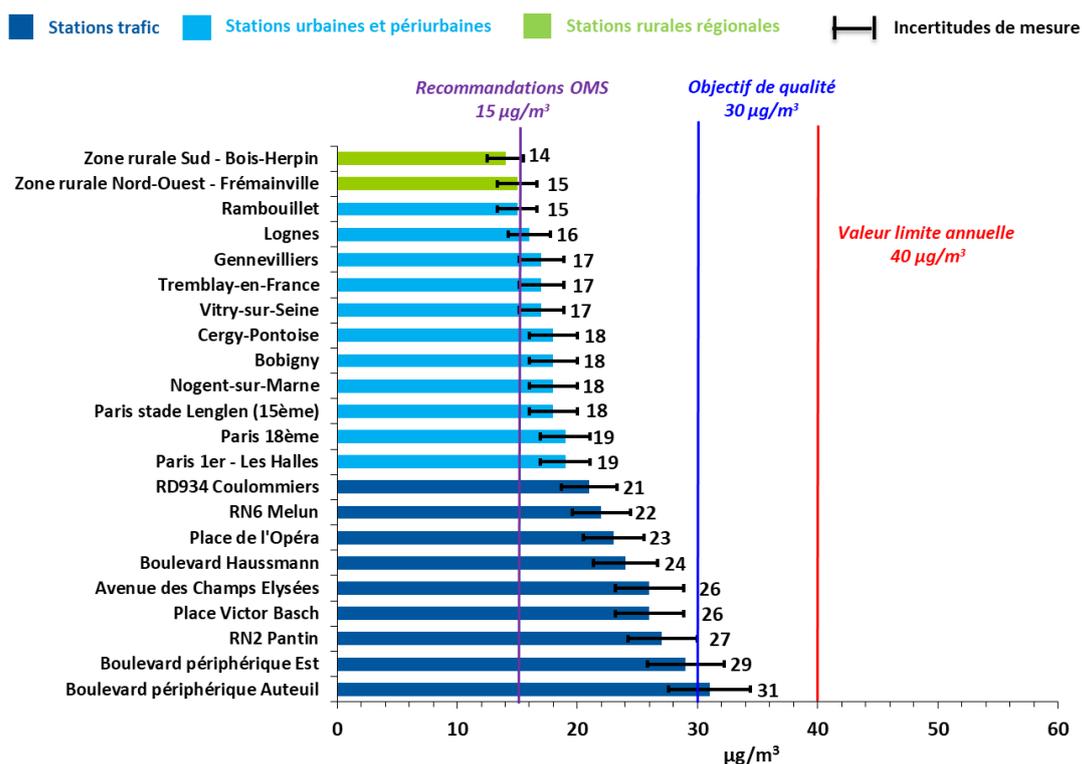


Figure 12 : concentrations moyennes annuelles de particules PM₁₀ en Île-de-France en 2021

Comme en 2019, 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 2021.

Moins de 10 000 de Franciliens sont potentiellement exposés³ à un air excédant l'objectif de qualité annuel français pour les particules PM₁₀. En 2007, près de 30 % de la population francilienne était concernée par ce dépassement de l'objectif de qualité.

En 2021, plus de 9 millions de Franciliens, soit environ 80 % de la population régionale, sont potentiellement concernés par le dépassement de la nouvelle recommandation annuelle de l'OMS (abaissé à 15 µg/m³ en 2021).

Ce nombre est en diminution par rapport à 2019, où 90 % des franciliens étaient soumis à ce dépassement. A titre de comparaison pour illustrer cette baisse tendancielle, en 2007 et 2012, la totalité des Franciliens était concernée par le dépassement des 15 µg/m³ en moyenne annuelle (Figure 13).



Figure 13 : évolution du nombre de Franciliens potentiellement concernés par le dépassement de la recommandation de l'OMS (abaissée en 2021 à 15 µg/m³ en moyenne annuelle, valeur recalculée pour les années antérieures) pour les particules PM₁₀

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 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

Les particules PM₁₀ montrent une tendance globale à la baisse entre 2007 et 2021, comme l'illustrent les cartes de la Figure 14, notamment dans le cœur de l'agglomération parisienne.

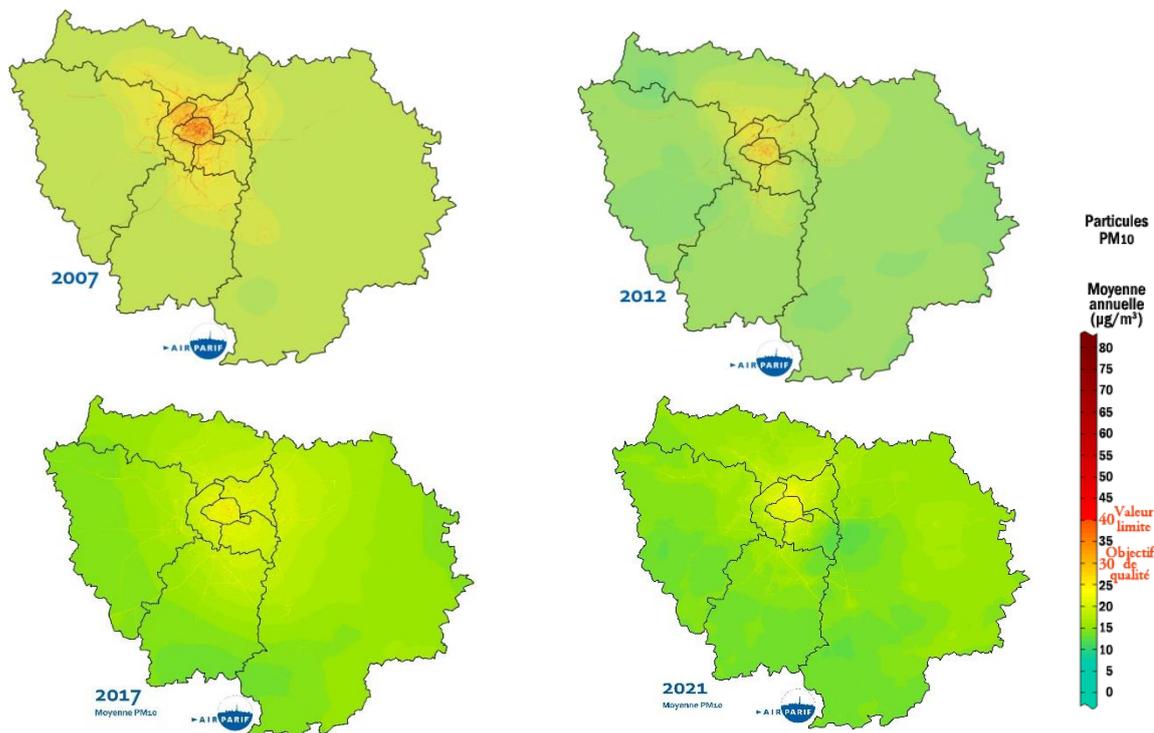


Figure 14 : concentrations moyennes annuelles de particules PM₁₀ de 2007 à 2021 en Île-de-France

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 15). **Entre 2011 et 2021, 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 (Airparif, 2018). **En situation de fond, cette baisse est plus marquée sur les dernières années. Ce constat s'observe également en zone hors agglomération.**

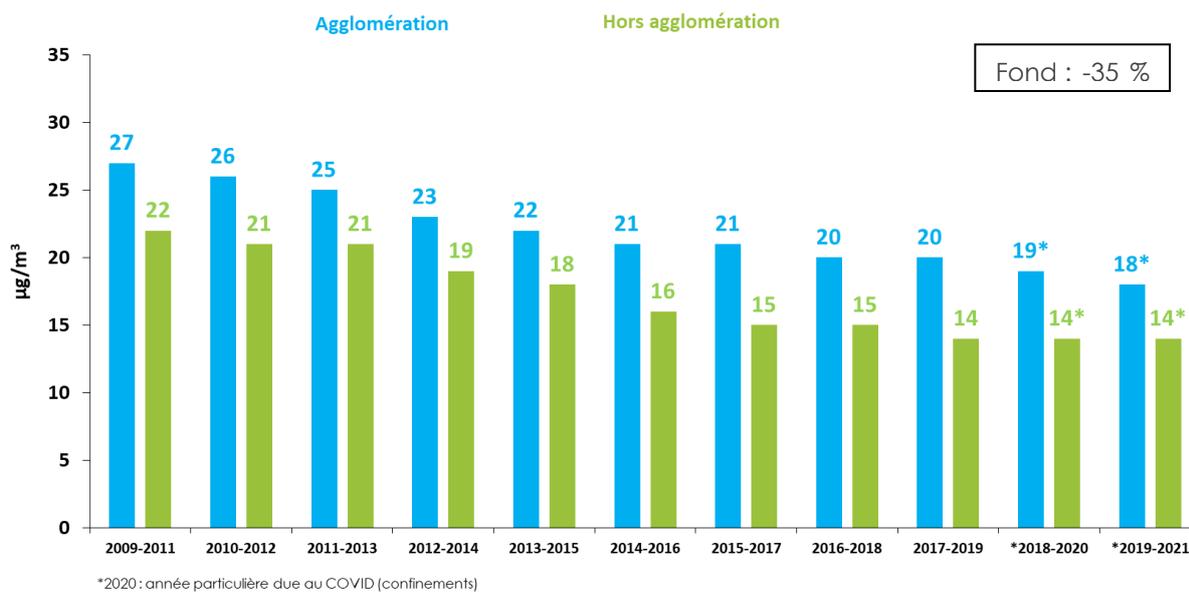


Figure 15 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, des concentrations moyennes sur 3 ans en particules PM₁₀ de 2009-2011 à 2019-2021 dans l'agglomération parisienne (en bleu) et hors agglomération (en vert)

La Figure 16 montre une **baisse des niveaux de PM₁₀ sur deux stations de proximité au trafic routier, de l'ordre de 40 % entre 2011 et 2021**. Cette tendance peut s'expliquer par une diminution plus importante des émissions de particules primaires issues du trafic routier, notamment liée à **l'introduction progressive des filtres à particules sur les véhicules diesel**.

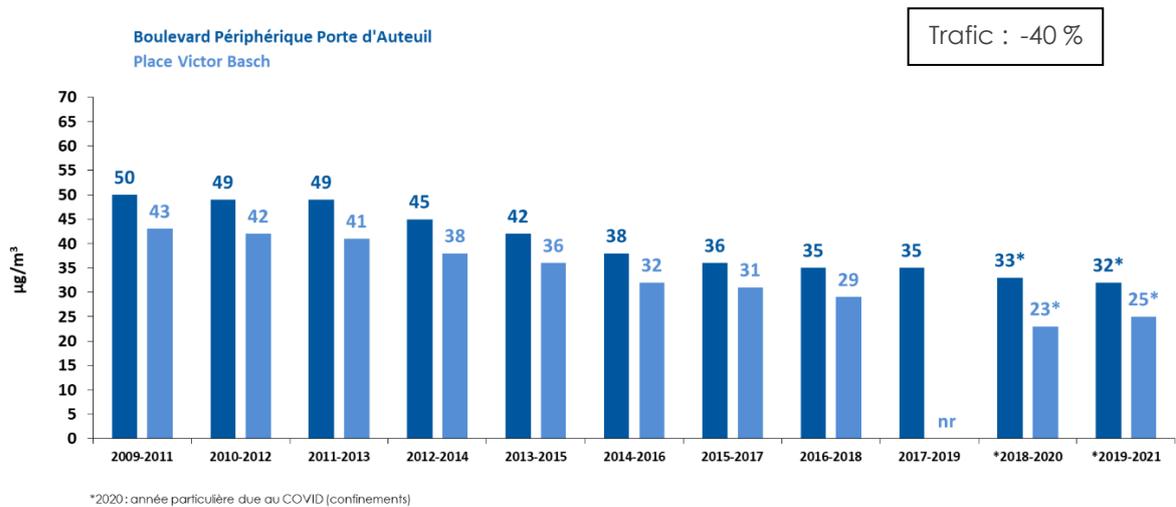


Figure 16 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM₁₀ sur 2 stations trafic à Paris de 2009-2011 à 2019-2021
nr : non représentatif

Pour la station Victor Basch, l'année 2019 ayant été non représentative, les moyennes 3 ans 2018-2020 et 2019-2021 ne sont calculées qu'à partir de 2 années, dont l'année 2020 si particulière, ce qui a potentiellement induit une sous-estimation des niveaux.

PARTICULES PM_{2.5}

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

Les cartes de la Figure 17 illustrent les concentrations moyennes annuelles en particules fines PM_{2.5} en 2021 en Île-de-France, ainsi qu'un zoom sur la petite couronne.

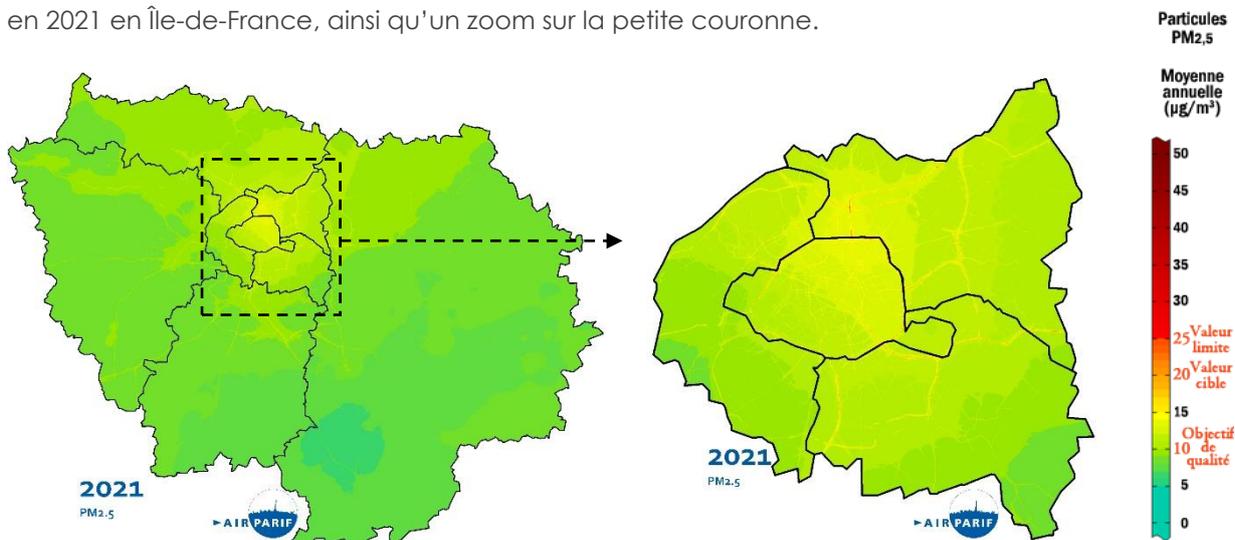


Figure 17 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM_{2.5} en 2021 en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne

Comme lors des dernières années, **une faible variabilité des teneurs en particules PM_{2.5} apparaît entre l'agglomération parisienne et la zone rurale en 2021, les niveaux sont plutôt homogènes sur la région.** En effet, les concentrations moyennes annuelles de particules fines sont comprises entre 6 et 10 µg/m³ en milieu rural et entre 9 et 12 µg/m³ sur les sites urbains de fond du cœur de l'agglomération (Figure 18).

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 11 et 17 µg/m³ (en moyenne annuelle).

Comme pour les PM₁₀, les concentrations moyennes annuelles en particules PM_{2.5} relevées en 2021 sont légèrement supérieures à celles de 2020 mais inférieures à celles de l'année 2019.

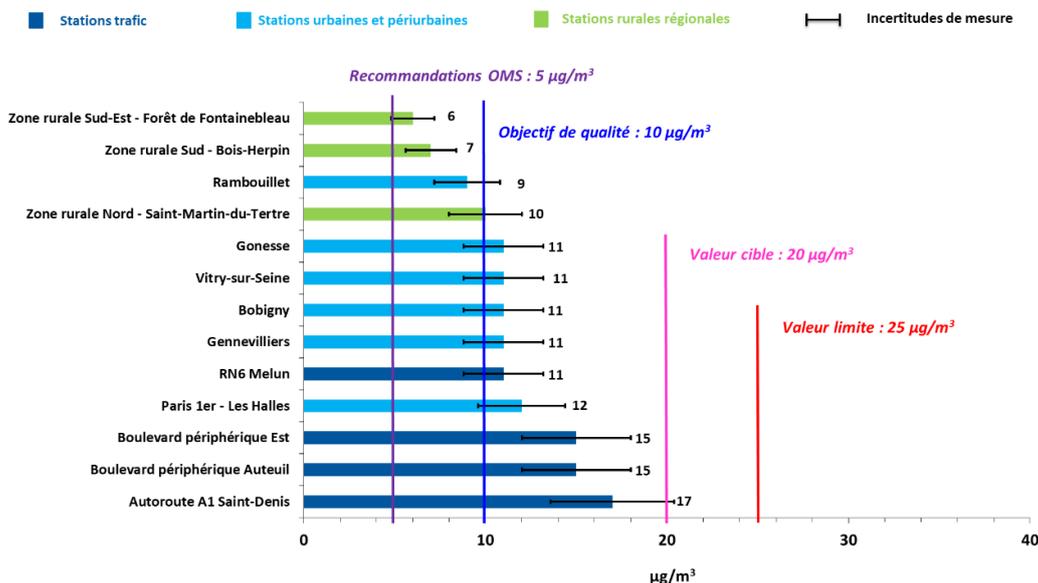


Figure 18 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM_{2.5} en Île-de-France en 2021

Comme depuis plusieurs années maintenant, la **valeur limite annuelle en PM_{2.5}** (25 µg/m³ en moyenne annuelle) **est respectée en Île-de-France en 2021, tout comme la valeur cible** (fixée à 20 µg/m³).

En 2021, l'objectif de qualité français (10 µg/m³), est dépassé exclusivement dans la zone sensible francilienne⁴ et le long de certaines voies de circulation majeures. Il concerne environ 6 millions de Franciliens (soit environ 50 %).

Dans la continuité des baisses observées ces deux dernières années, **ce nombre est en diminution par rapport à 2019, où ce dépassement concernait environ 6,5 millions de franciliens.**

A titre de comparaison, en 2007 et 2012, la totalité des Franciliens était concernée par ce dépassement.

La recommandation de l'OMS en moyenne annuelle (abaissée à 5 µg/m³ en 2021), tout comme la recommandation de l'OMS au niveau journalier (abaissée en 2021 à 15 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an) sont dépassées sur la totalité de la région Île-de-France en 2021.

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 représente donc **un enjeu important en termes de santé publique**.

⁴ 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 2021**, comme l'illustrent les cartes de la Figure 19.

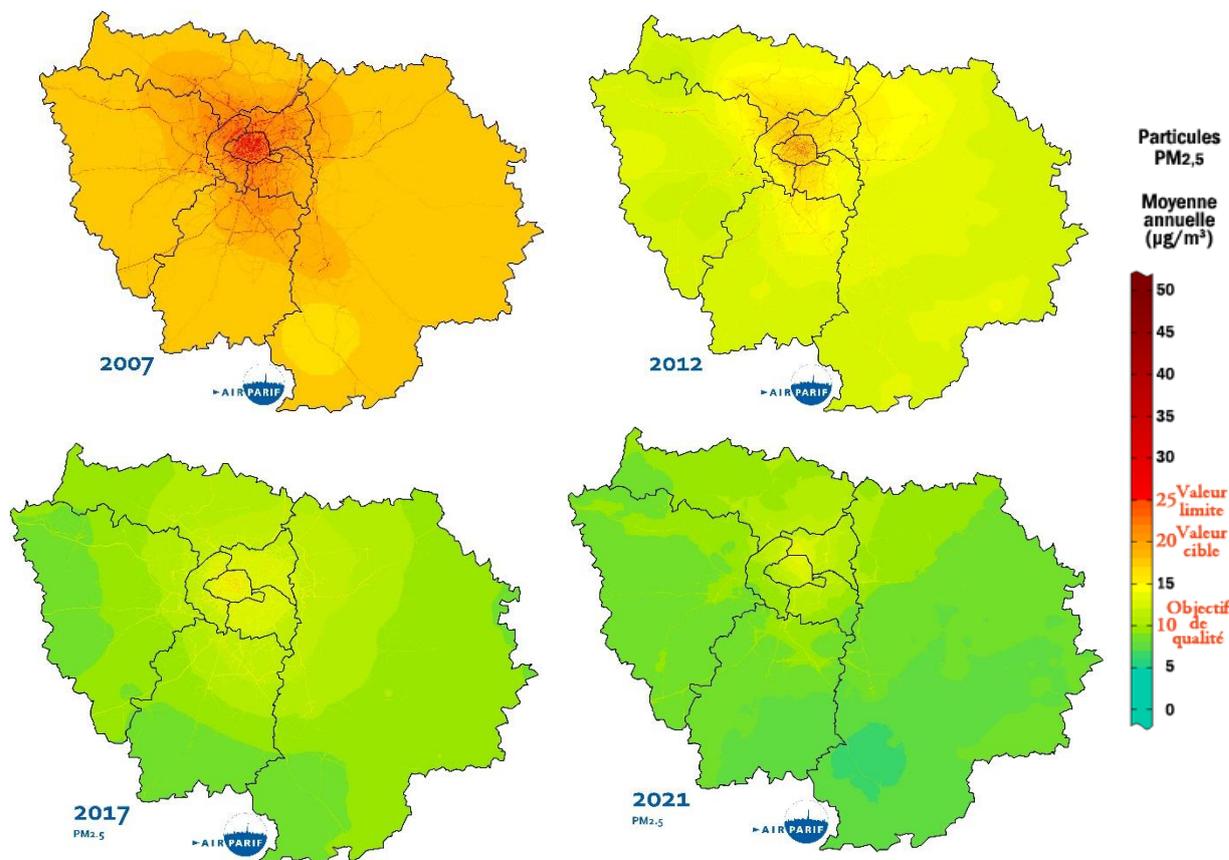


Figure 19 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM_{2.5} de 2007 à 2021 en Île-de-France

Entre 2009 et 2021, les niveaux de particules PM_{2.5} montrent **une baisse de plus de 40 %** en situation de fond (Figure 20). Cette baisse s'explique par **la diminution des émissions de particules primaires notamment celles émises par le transport routier et par le secteur résidentiel**.

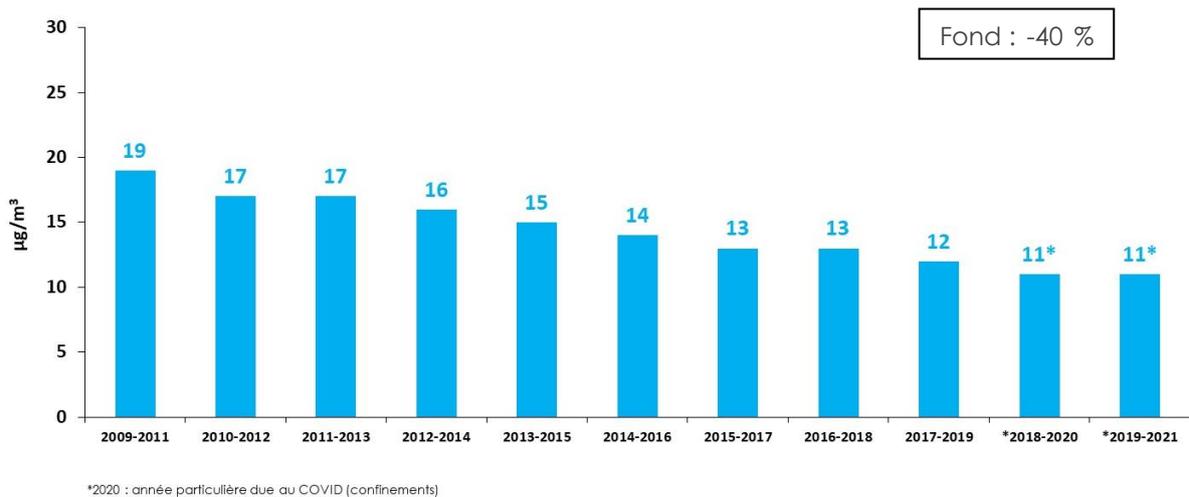


Figure 20 : évolution, sur un échantillon évolutif de stations urbaines de fond, des concentrations moyennes sur 3 ans en particules PM_{2.5} dans l'agglomération parisienne de 2009-2011 à 2019-2021

La baisse des concentrations en PM_{2.5} est plus marquée sur la station trafic du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil (Figure 21). **Une baisse de l'ordre de 50 % est ainsi relevée entre 2011 et 2021**. Comme pour les PM₁₀, cette décroissance s'explique par la **diminution des particules primaires émises à l'échappement des véhicules diesel**, en lien avec le renouvellement du parc routier. **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, non impactées par le renouvellement des véhicules.

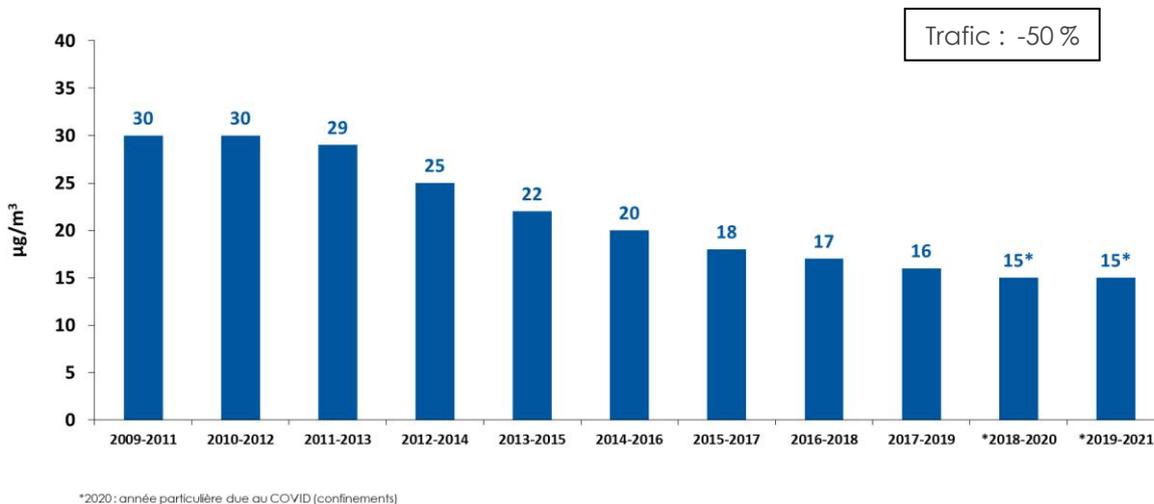


Figure 21 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM_{2.5} sur la station du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil de 2009-2011 à 2019-2021

VERS UNE CONNAISSANCE APPROFONDIE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES PARTICULES

Au-delà de la mesure des particules réglementées au regard de leur granulométrie (PM₁₀ et PM_{2,5}), Airparif effectue des mesures complémentaires sur la composition des particules et sur des particules de taille encore plus petite (Particules Ultrafines). Ces mesures permettent de renforcer la compréhension de la pollution particulaire, du fait de ses effets sanitaires et de ses sources, en appui aux politiques publiques, notamment en cas d'épisode de pollution.

Grâce à la mesure du carbone suie (à l'aide d'un Aéthalomètre AE33) 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.

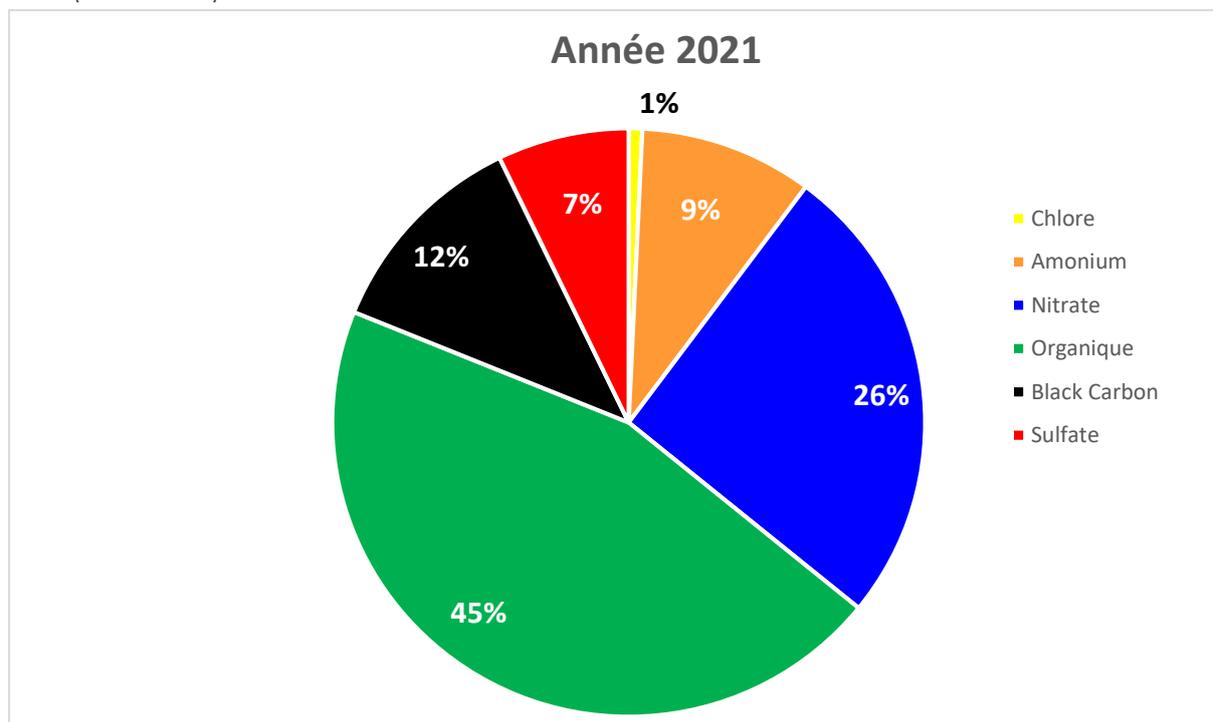


Figure 22 : composition chimique détaillée des particules de fraction PM_{2,5} mesurées à la station de fond urbain de Paris 1^{er} les Halles sur l'année 2021

Les proportions des différentes espèces chimiques composant les particules permettent de déterminer leur origine. Les niveaux moyens de particules observés durant l'année 2021 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.

CARBONE SUIE

En 2021, la mesure du carbone suie (ou Black Carbon, BC) est réalisée à l'aide d'appareils de type « aéthalomètre » sur 5 sites de mesure : deux sites trafic (Boulevard Périphérique Est et Boulevard Haussmann) et trois sites urbains de fond (Paris 1er Les Halles, Gennevilliers et Tremblay-en-France).

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 23). De l'ordre de 1.1 à 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en zone urbaine de fond, elles peuvent atteindre jusqu'à 4.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site trafic le plus chargé en particules (Boulevard Périphérique Est). **Par rapport à l'année 2020, les niveaux de carbone suie enregistrés en 2021 ont augmenté sur l'ensemble des stations de mesure. Cependant, ils sont en baisse par rapport à l'année 2019.** Ce constat est essentiellement lié à :

- une reprise des activités en 2021 sans être revenues à une activité normale (plus de télétravail, moins de tourisme, etc).
- la baisse tendancielle des émissions du secteur résidentiel, ainsi que du trafic routier du fait de l'amélioration technologique due au renouvellement du parc routier, accentué par la Zone à faibles émissions métropolitaine, et aux mesures de réduction du trafic routier au cœur de l'agglomération parisienne et notamment dans Paris avec le développement des mobilités douces (pistes cyclables, piétonisation ...)
- des conditions météorologiques dispersives en 2021, et des températures globalement clémentes en période hivernale, qui ont limité les émissions du chauffage résidentiel.

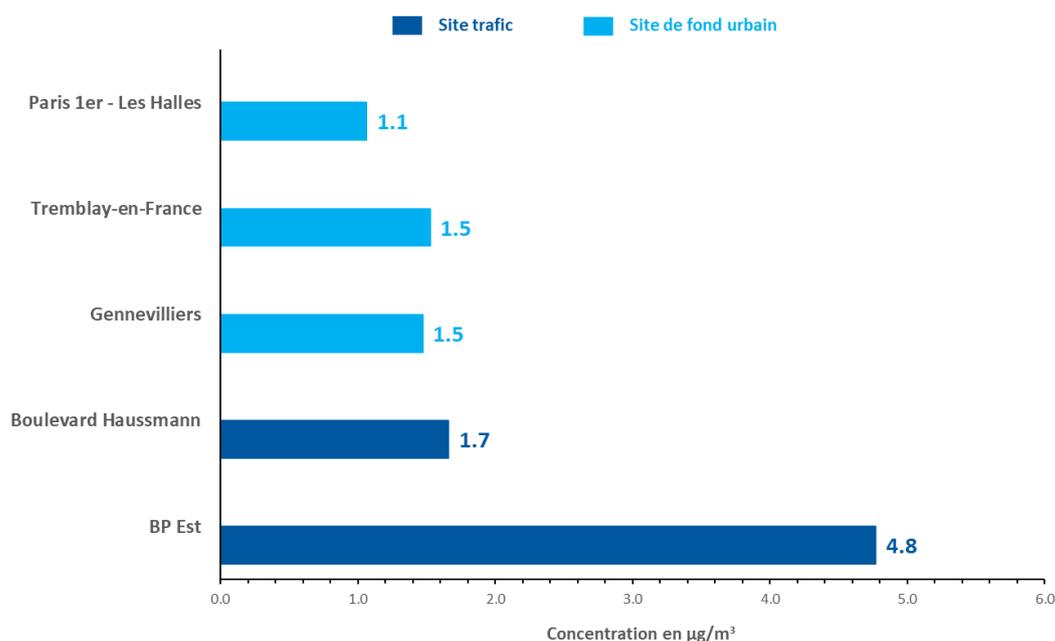


Figure 23 : concentrations moyennes annuelles en carbone suie en Île-de-France en 2021

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**. En effet, les aéthalomètres permettent de distinguer le carbone suie émis par la combustion des dérivés pétroliers (principalement par le trafic routier, eBC_{f.i}) 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 sur le court terme d'apporter aux autorités des informations sur la nature d'un épisode particulaire pour définir les mesures d'urgence les plus appropriées. Sur le moyen et long terme, il permet de suivre et d'évaluer l'efficacité de plans d'action pour la 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 75 à 80 %, les 20 à 25 % restants étant attribuables à la combustion de la biomasse** (Figure 24).

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 plus importante au cours de la période hivernale (jusqu'à 30 %). Cette contribution est non nulle en période estivale (11 %), pouvant être due entre autres au brûlage de déchets verts. **En 2021, on observe une augmentation par rapport à 2019 et 2020, de la proportion du carbone suie issu de la combustion de la biomasse par rapport au carbone suie issu du trafic routier.** Cette augmentation est à mettre en lien proportionnellement avec une diminution des émissions de carbone suie par le trafic routier.

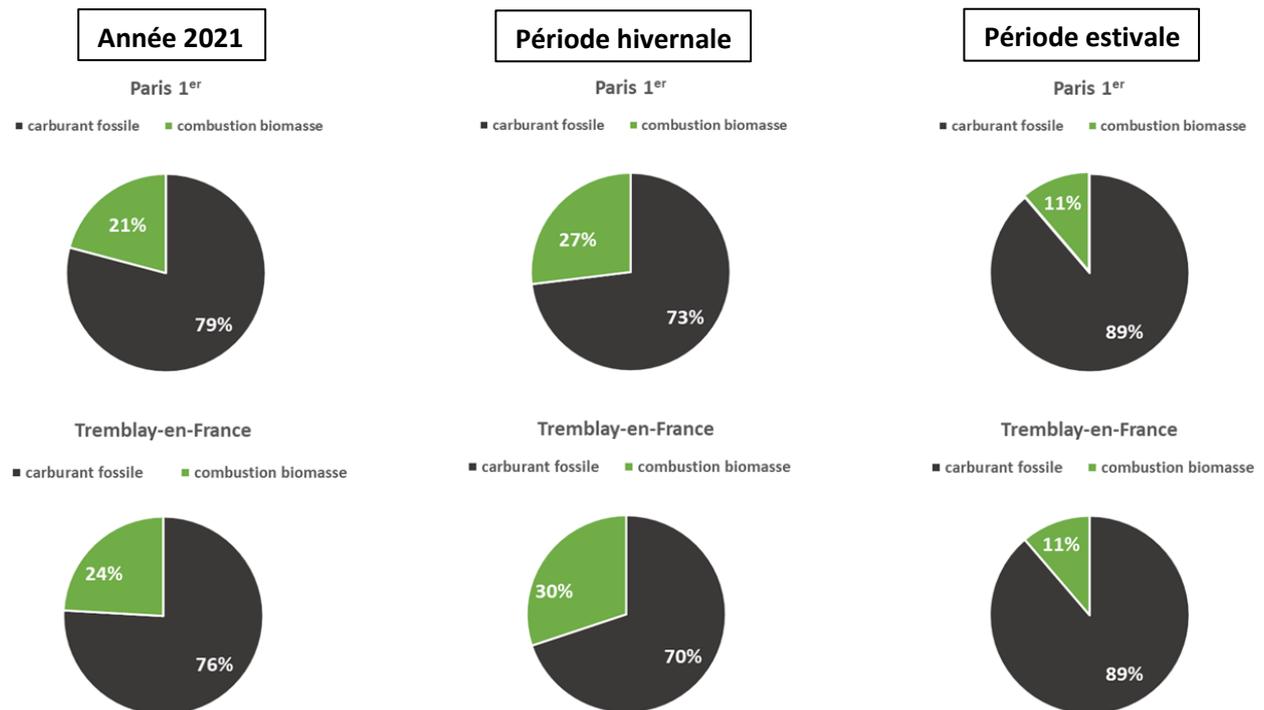


Figure 24 : pourcentages de carbone suie issu de la combustion d'hydrocarbures fossiles et de biomasse en situation de fond en Île-de-France sur l'année 2021, avec une distinction hiver/été.

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.

AMMONIAC

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 hebdomadaire 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**. En 2021, des mesures ont été initiées à l'aide d'analyseurs automatiques en continu afin de suivre l'évolution journalière du NH₃.

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 notamment lors d'épisodes de pollution**. Leur formation reste à ce jour difficile à prévoir.

En 2021, des mesures de NH₃ ont été réalisées au moyen de tubes passifs sur 5 sites, 2 sites de fond et 3 sites trafic (

Figure 25).

Les concentrations de NH₃ mesurées sur les sites de fond (de 2.7 à 4.6 µg/m³) ont présenté des concentrations inférieures à celles des sites trafic (de 4.8 à 5.7 µg/m³) (

Figure 25). La teneur maximale moyenne est relevée à proximité du trafic routier, sur le site de RN2 - Pantin. En 2021, les niveaux d'ammoniac sont similaires à ceux mesurés en 2020.

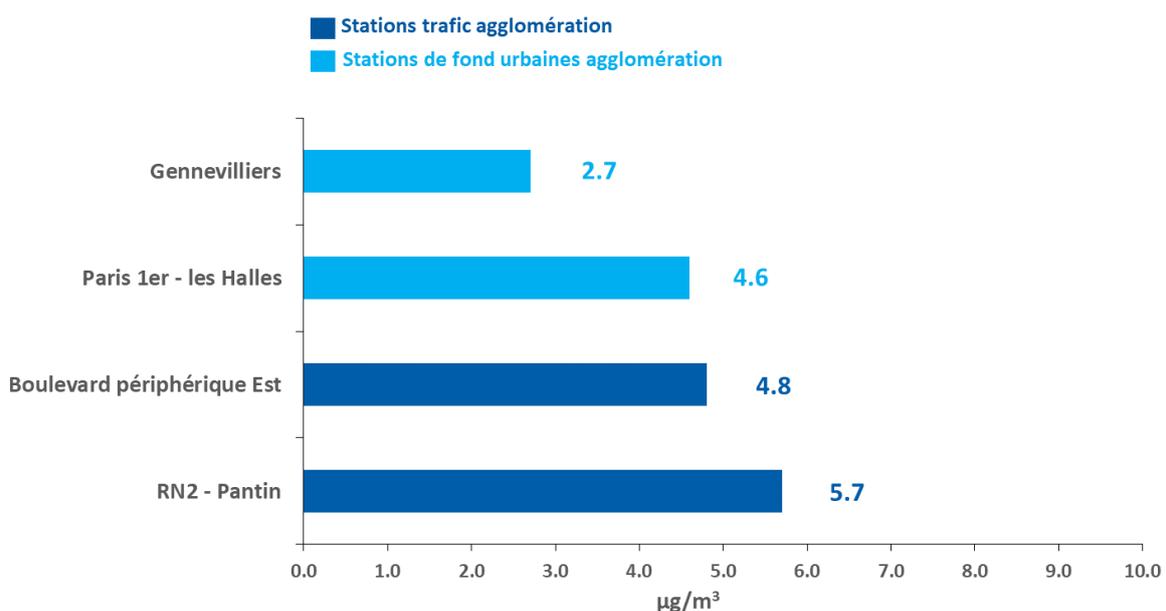


Figure 25 : concentrations moyennes d'ammoniac mesurées en situation de fond urbain et à proximité du trafic routier en 2021

Les particules ultra-fines

Les particules ultra-fines (PUF : 0,01 à 0,1 μm) sont les plus nombreuses (près de 90 %), alors qu'en termes de masse elles ne pèsent pratiquement rien, compte-tenu de leur extrême petite taille : les données de comptage sont donc importantes en complément des données en masse.

Ces particules proviennent de sources d'émissions variées et de processus physico-chimiques dans l'atmosphère, dont les procédés de combustion. Elles constituent un risque avéré pour la santé en particulier parce qu'elles pénètrent plus profondément dans l'organisme du fait de leur extrême petite taille.

Un appareil de mesure permanent des particules ultrafines SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer), est installé de manière permanente sur le réseau de mesure d'Airparif (station urbaine de fond, Paris 1^{er} - Les Halles) depuis la fin de l'année 2019. Il permet de renseigner les variations temporelles du nombre de particules ultrafines par classes granulométriques au centre de l'agglomération parisienne.

Cette surveillance permet de tracer le profil granulométrique annuel du nombre de particules submicroniques sur 136 classes granulométriques, comprenant les PUF (0,01 à 0,1 μm), et allant jusqu'à 1 μm (Figure 26). Le nombre de particules ayant un diamètre inférieur à 100 nm (PUF) étant prépondérant, il est usuel de représenter l'axe des diamètres des particules en échelle logarithmique.

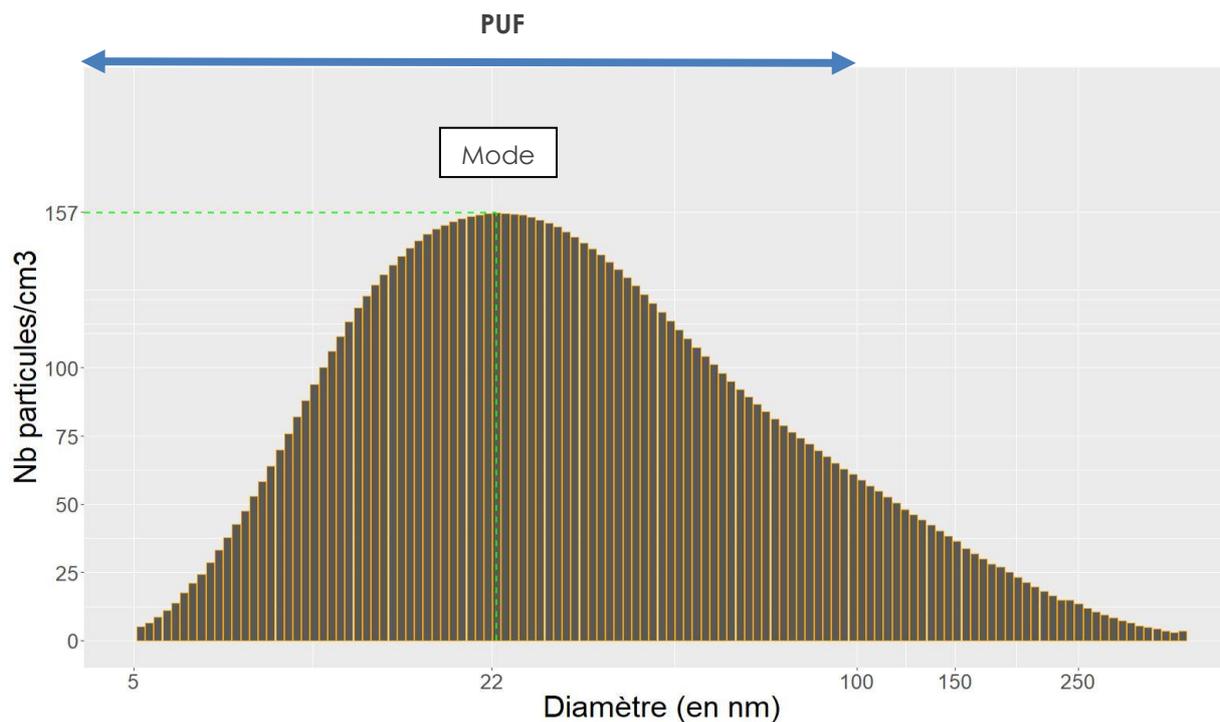


Figure 26 : Distribution granulométrique moyenne annuelle du nombre de particules submicroniques du 01/01/2021 au 31/12/2021

La littérature permet de recenser « l'empreinte » granulométrique de nombreuses sources urbaines et naturelles et de les comparer aux profils granulométriques observés sur la région parisienne. Le profil granulométrique moyen annuel de la Figure 26 illustre le profil type présentant un mode majeur centré sur 28 nm, ciblant une source majoritaire de particules ultrafines issues du trafic routier.

La variabilité temporelle des concentrations en PUF mesurées sur le site de Paris 1^{er} – Les Halles depuis fin 2019 fera l'objet d'une analyse approfondie qui sera publiée fin 2022.

En complément, Airparif et ses membres ont souhaité renforcer la connaissance des PUF, en menant une étude exploratoire d'évaluation de la variabilité spatiale et temporelle des niveaux en nombre et en classes granulométriques des PUF dans différents environnements en Ile-de-France (en situation de fond, le long du trafic routier et à proximité des plateformes aéroportuaires franciliennes). Les résultats de la campagne de mesure en situation de fond sont d'ores et déjà disponibles : [Les particules ultrafines dans le viseur d'Airparif | Airparif](#). Ceux à proximité du trafic le seront fin 2022.

En résumé pour les particules

La tendance à la baisse des niveaux de particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) observée ces dernières années se poursuit tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier (de l'ordre de -40 % en 10 ans).

Des dépassements récurrents des valeurs limites pour les PM₁₀ sont néanmoins toujours ponctuellement observés à proximité du trafic mais tendent à diminuer.

Moins de 1000 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 10 000 Franciliens.

Près de 80 % 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). Environ 50 % des Franciliens sont concernés par un dépassement de ce seuil.

De plus, la totalité des Franciliens reste exposée à un air qui ne respecte pas les nouvelles recommandations annuelles et journalières de l'OMS.

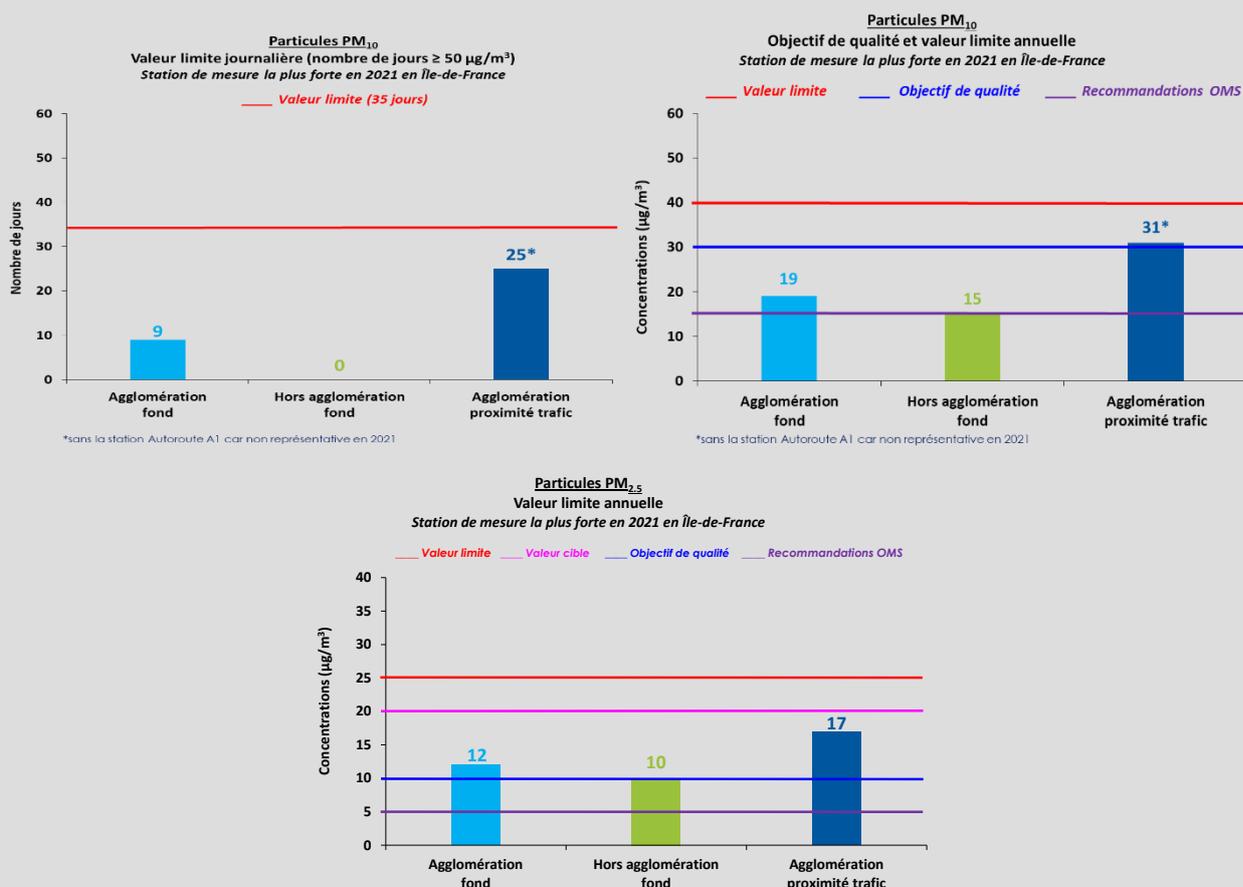


Figure 27 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en particules PM₁₀ et PM_{2,5} en Île-de-France en 2021

Ozone



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 **nécrosante** sur les feuilles et dégrade les matériaux de construction. Il contribue également à l'effet de serre.

TENDANCES *



+25%
Loin du trafic

* Tendance sur 10 ans

NORMES FRANÇAISES ET RECOMMANDATIONS OMS

Santé		Végétation		Recommandations OMS	
Valeur cible	Objectif de qualité Objectif à long terme	Valeur cible	Objectif de qualité Objectif à long terme	100 µg/m ³	60 µg/m ³
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	AOT40* = 18 000 µg/m ³ .h ⁻¹ en moyenne sur 5 ans	AOT40* = 6 000 µg/m ³ .h ⁻¹ sur une année	en moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 3 jours par an	en moyenne de la concentration moyenne en O ₃ max sur 8 heures et 6 mois consécutifs, avec la plus forte concentration en O ₃ des moyennes glissantes sur 6 mois
Respectée	Dépassé	Respectée	Dépassé	Dépassées	

*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 2021, le nombre de jours de dépassement des seuils réglementaires aux stations est bien inférieur à celui des années précédentes du fait d'un été maussade. Malgré cela, les objectifs de qualité ainsi que les recommandations de l'OMS sont dépassées en Île-de-France, comme les années précédentes.

OZONE (O₃)

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

L'ozone est un polluant secondaire dont les teneurs sont très influencées par les conditions météorologiques, notamment printanières et estivales. En effet, un fort ensoleillement et des températures élevées 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 2021 a connu un été maussade, il en résulte des teneurs en ozone inférieures à celles enregistrées ces dernières années.

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 à ne pas dépasser dans l'année) **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.

À l'image des années précédentes, **l'objectif de qualité français et à long terme européen relatif à la protection de la santé est dépassé sur la région en 2021** (Figure 28). En raison d'une insolation et de températures relativement peu élevées entre juin et septembre, **l'année 2021 a enregistré un nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité le plus faible de l'historique, bien inférieur à celui de 2020 et 2019** (-15 jours en moyenne pour les stations automatiques du réseau).

Ozone (O₃)

Cette diminution ne présage cependant pas d'une tendance, et dépend entièrement des conditions météorologiques dominantes de l'année, en particulier les conditions estivales.

Les zones périurbaines et rurales sont généralement plus touchées que le cœur de l'agglomération parisienne, phénomène dû 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. En 2021, la zone la plus touchée se situe au sud-ouest de la région.

Pour ce qui est du seuil recommandé par l'OMS (100 µg/m³ à ne pas dépasser sur une période de 8 heures), il est dépassé en tout point de la région en 2021.

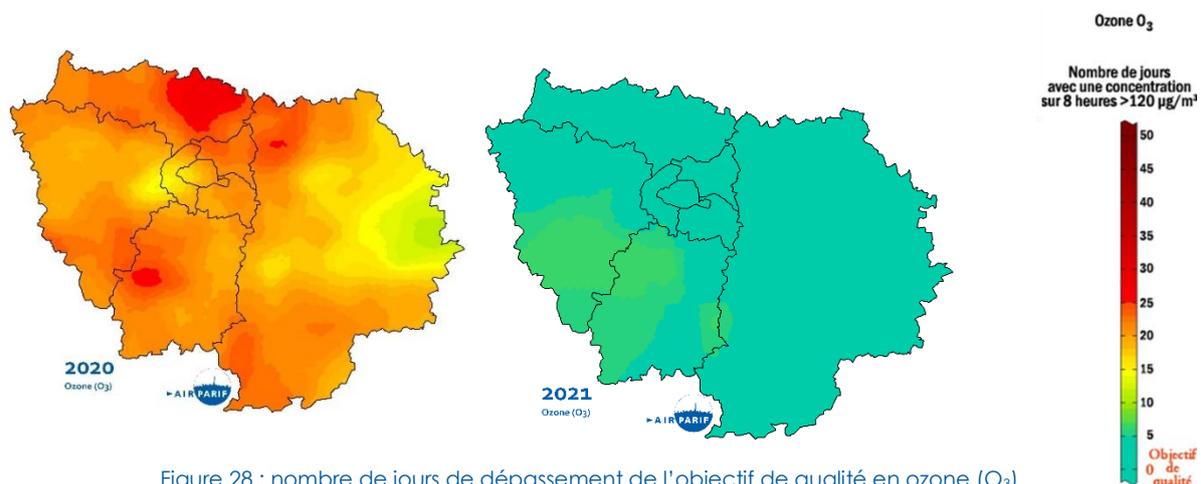


Figure 28 : nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité en ozone (O₃) (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures) en Île-de-France de 2020 et 2021

En 2021, la **valeur cible relative à la protection de la santé** (120 µg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 h à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans) **est respectée sur la région francilienne** (

Figure 29). Cette valeur cible était dépassée sur les périodes 2017-2019 et 2018-2020 du fait des étés intenses de 2018 à 2020.

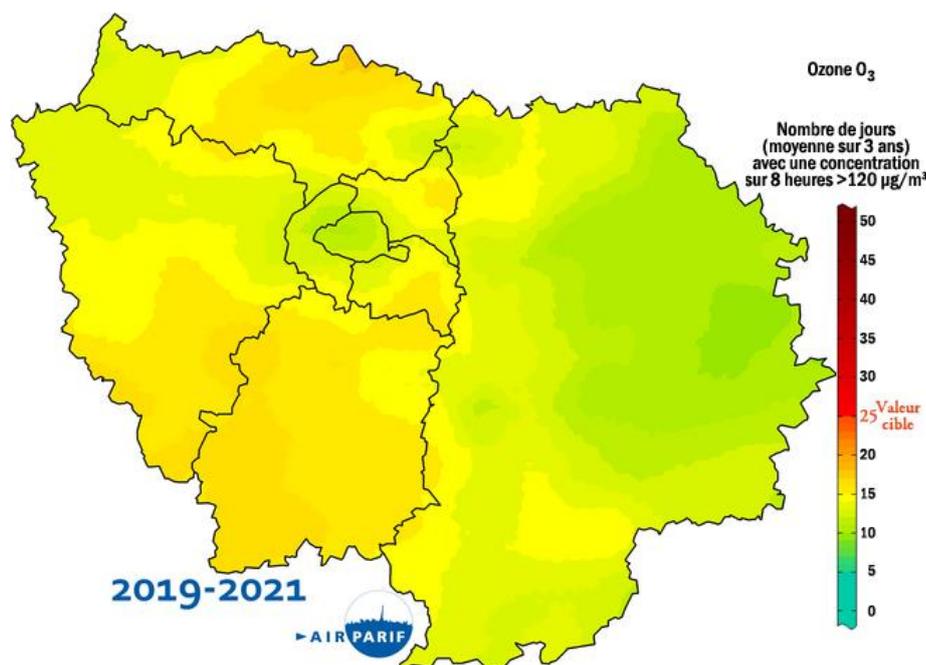


Figure 29 : situation de l'Île-de-France au regard de la valeur cible en ozone (O₃) pour la santé (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans) en Île-de-France – Période 2019-2021

La moyenne du nombre de jours de dépassement du seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures reste plus élevée majoritairement dans les zones rurales et périurbaines que dans le cœur de l'agglomération parisienne (Figure 30).

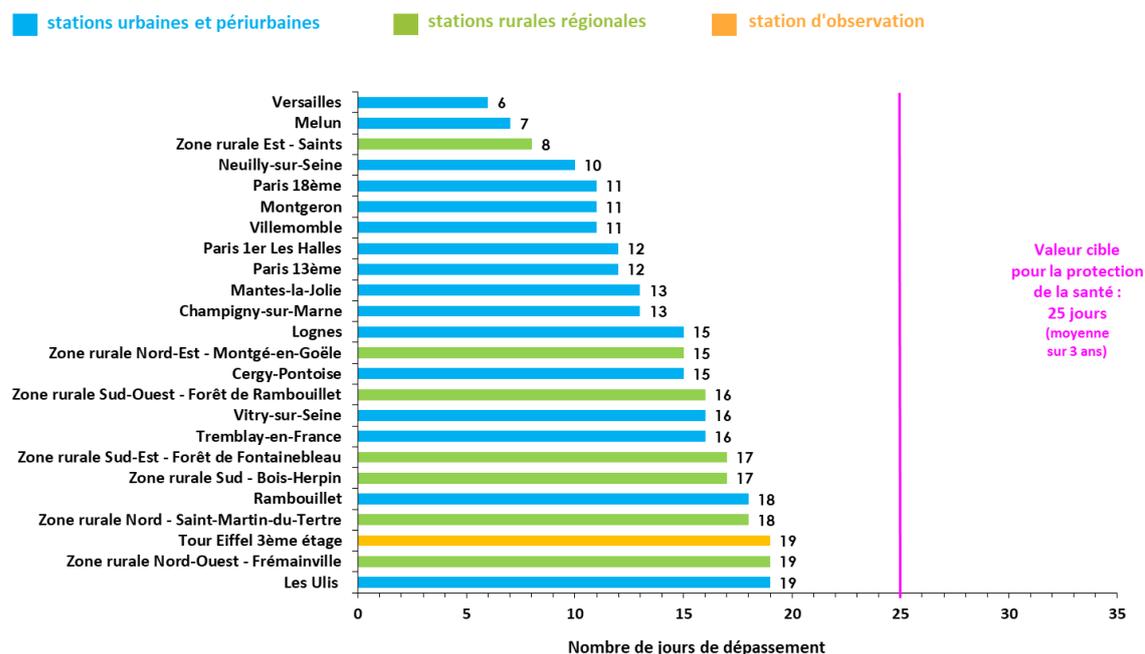


Figure 30 : nombre de jours de dépassement de la valeur cible en ozone (O₃) pour la protection de la santé (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans à ne pas dépasser plus de 25 jours par sur une moyenne de 3 ans) en Île-de-France (moyenne 2019-2021)

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.

En 2021, les teneurs en ozone constituant l'AOT40 ont été inférieures à celles relevées en 2020.

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 2021, la valeur cible est encore respectée en tout point de l'Île-de-France**. La plus forte moyenne enregistrée par station sur la période 2017-2021 est de 15 297 µg/m³.h⁻¹.

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 2021, plus de la moitié des stations du réseau d'Airparif enregistrent des teneurs supérieures à l'objectif de qualité pour la protection de la végétation. Le constat de dépassement est généralement prononcé dans les zones rurales et périurbaines visées par ce seuil de protection (Figure 31).

Ozone (O₃)

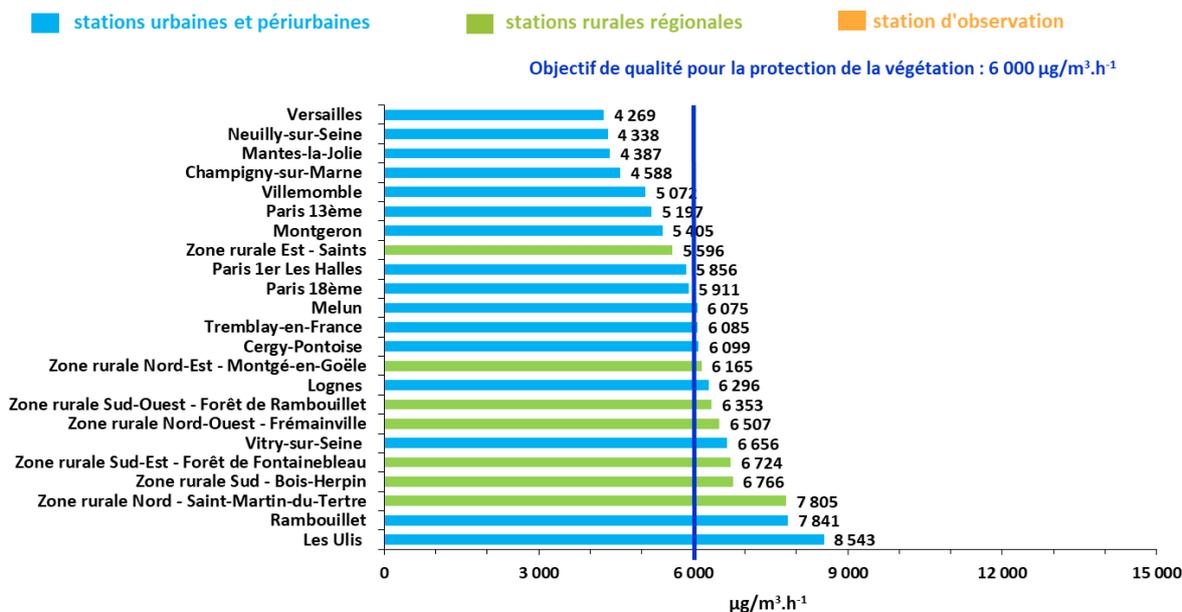


Figure 31 : situation par rapport à l'objectif de qualité en ozone (O₃) pour la protection de la végétation (AOT40, seuil de 6 000 µg/m³.h⁻¹) en Île-de-France en 2021

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

L'année 2021 se caractérise par une faible insolation et un nombre de jours de forte chaleur inférieur à la moyenne. Les nombres de jours moyens de dépassement de l'objectif de qualité dans l'agglomération et en zone rurale en 2021 sont les plus faibles de l'historique et très largement inférieurs aux 3 dernières années qui avaient connu des conditions météorologiques estivales exceptionnelles (Figure 32).

Sur la période 2001-2021, **le nombre de jours de dépassement ne montre pas de tendance claire, avec une intensité qui varie en fonction des conditions météorologiques estivales. Il reste cependant continuellement supérieur à l'objectif de qualité** (aucun dépassement autorisé).

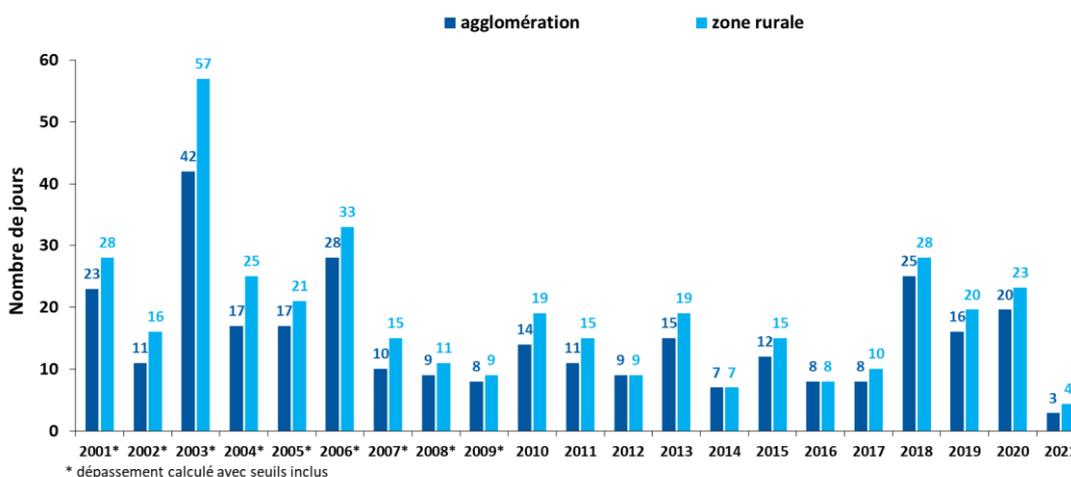


Figure 32 : nombre moyen de jours de dépassement de l'objectif de qualité en ozone (O₃) (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures) en Île-de-France de 2001 à 2021

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 33 illustre la situation en ozone par rapport à la valeur cible pour la protection de la santé, calculée en moyenne sur 3 ans et à ne pas dépasser plus de 25 jours par an.

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 de tout l'historique.

Après un dépassement de la valeur cible sur les 2 dernières années, 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 baisse sur la période 2019-2021 et ne dépasse plus ce seuil du fait des conditions estivales limitées en 2021.

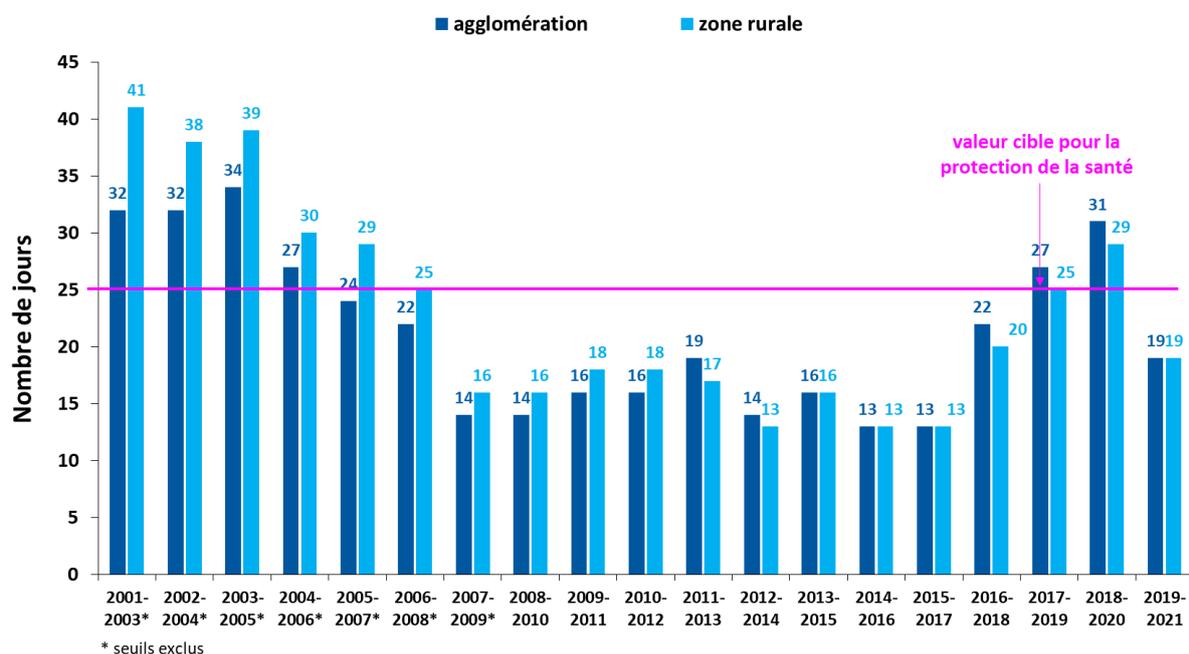


Figure 33 : nombre de jours de dépassement du seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures en ozone en moyenne sur 3 ans (valeur cible pour la protection de la santé) sur la station de mesure la plus forte en Île-de-France de 2001-2003 à 2019-2021

Entre 2011 et 2021, les niveaux moyens annuels d'ozone mesurés dans l'agglomération parisienne ont augmenté de plus de 25 % (Figure 34). **Entre la période 2009-2011 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 2018-2020 étant les plus fortes de l'historique du fait notamment de l'année 2020 où la crise sanitaire a engendré des baisses d'émissions de NO₂ et par conséquent une augmentation des concentrations en O₃ (cf. Bilan régional 2020).** La période 2019-2021 présente une légère baisse par rapport à la période précédente du fait des conditions estivales maussades en 2021.

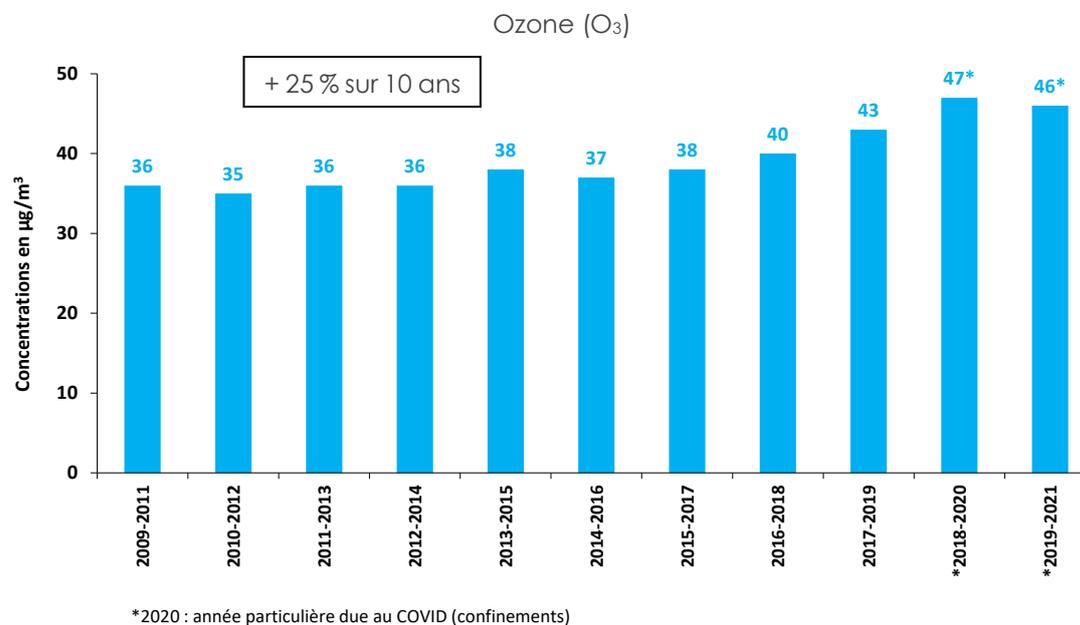


Figure 34 : évolution, à échantillon constant de trois stations urbaines de fond, de la concentration moyenne sur 3 ans en ozone (O₃) dans l'agglomération parisienne de 2009-2011 à 2019-2021

Cette hausse tendancielle 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 à 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 reste 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). De ce fait, le changement climatique affectera les futures concentrations d'ozone, en raison de l'évolution des conditions météorologiques, avec notamment plus d'épisodes caniculaires, 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).

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 valeurs cibles relatives à la protection de la santé et de la végétation sont respectées en 2021.

Les objectifs de qualité relatifs à la protection de la santé et de la végétation sont dépassés sur la région en 2021.

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

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

L'ozone est le seul polluant pour lequel une tendance à la hausse est mesurée pour les concentrations moyennes annuelles.

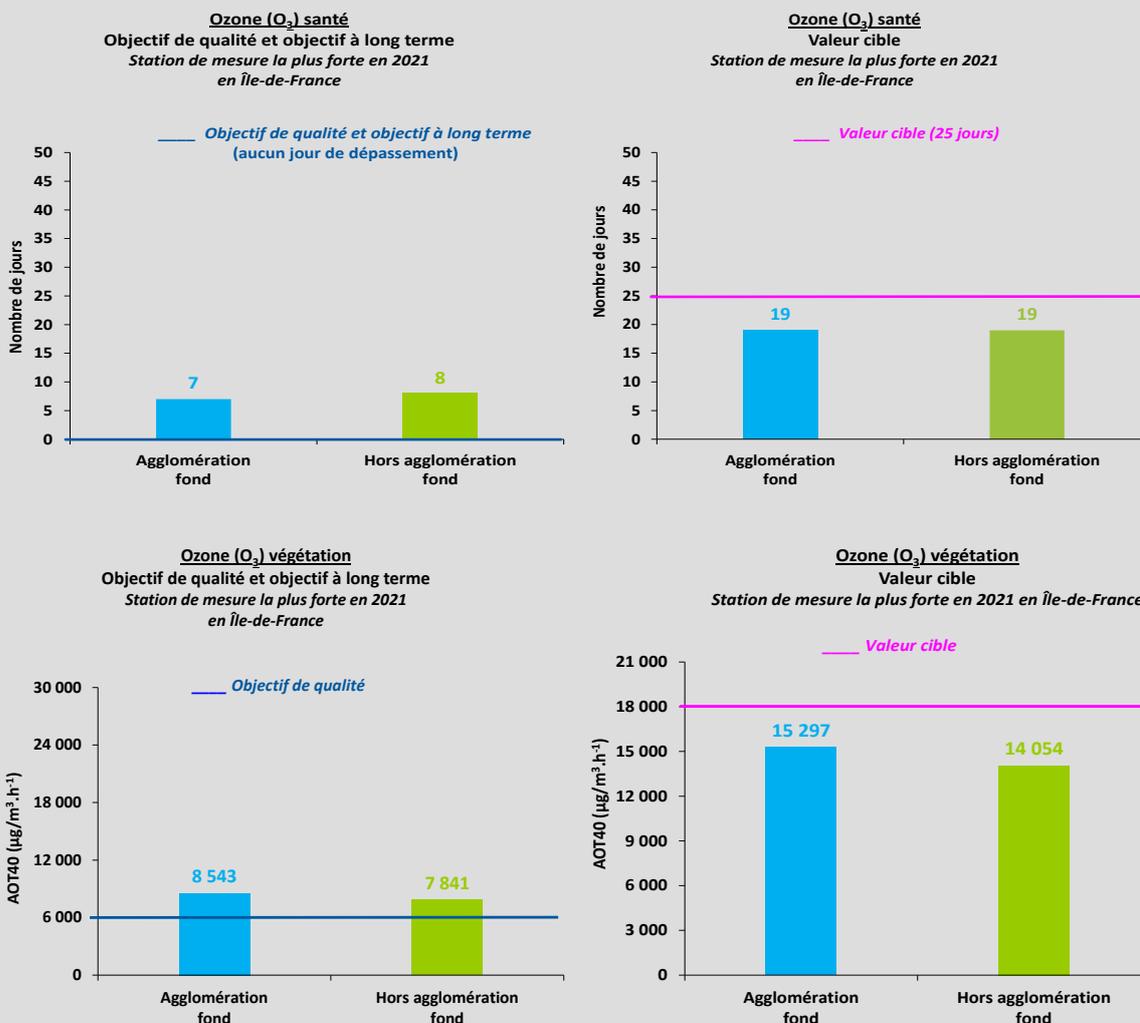
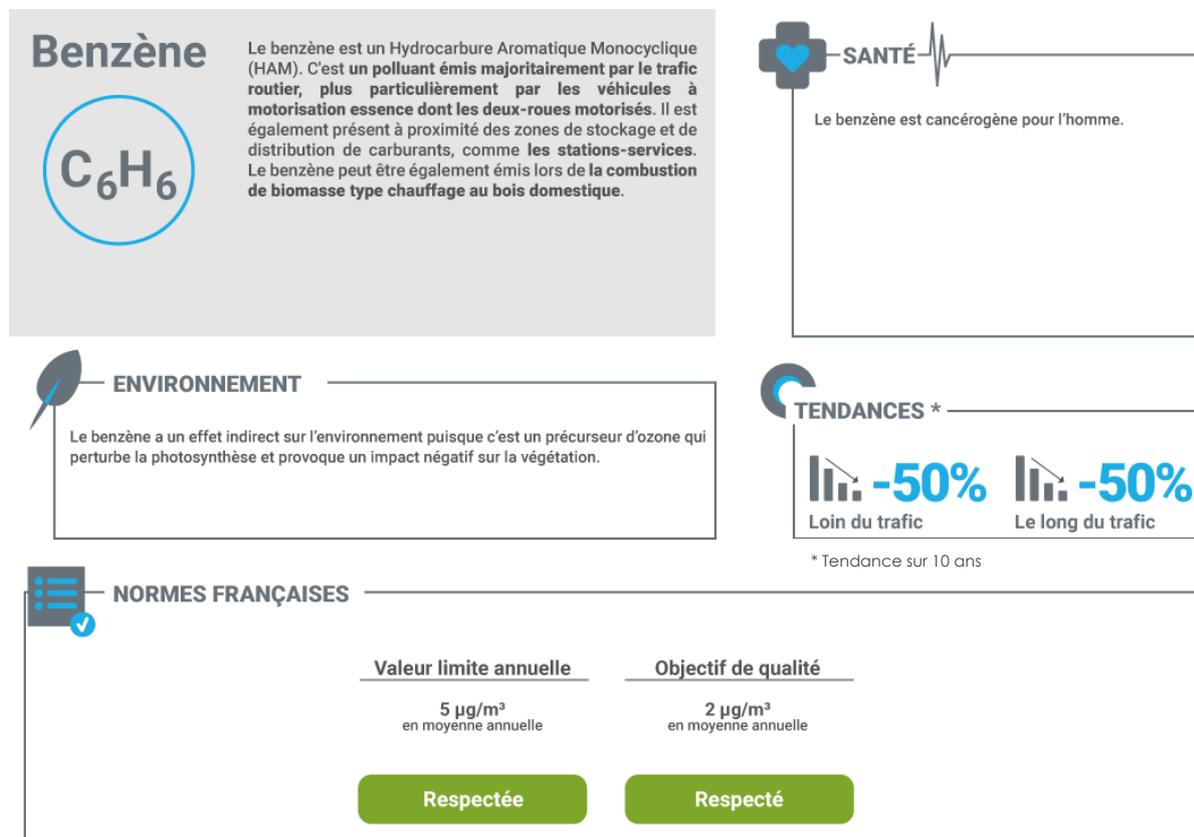


Figure 35 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en ozone (O₃) en Île-de-France en 2021

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



Tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier, les niveaux annuels de benzène ont baissé en 2021 par rapport à 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)

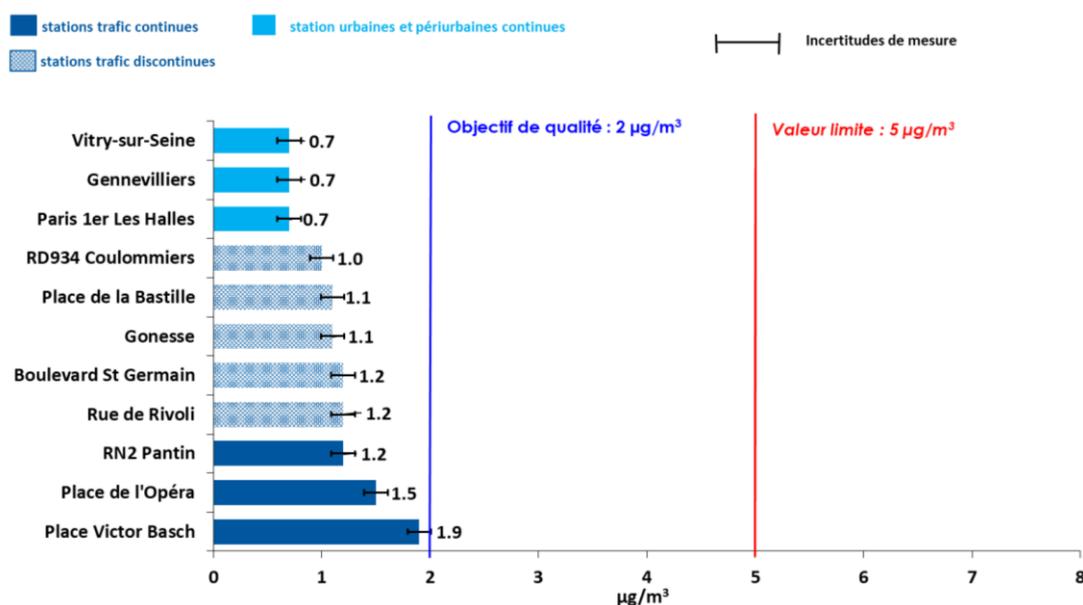
SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

En situation de fond, les concentrations de benzène sont homogènes et 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 2021, 0,7 µg/m³, sont les plus faibles de l'historique (Figure 36), 2020 mise à part, où des concentrations de 0,6 µg/m³ avaient été mesurées du fait des confinements et des activités humaines ralenties, notamment par la diminution du trafic routier.

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 1,0 et 1,9 µg/m³. Cette gamme de concentrations est également la plus faible de l'historique, hormis 2020. De même, l'écart entre les concentrations mesurées sur les stations de fond et les stations de proximité au trafic n'a jamais été aussi faible.

À proximité du trafic routier, les niveaux moyens annuels en benzène sont largement inférieurs au seuil de la valeur limite européenne. **De plus, en 2021, aucun Francilien n'est exposé à un dépassement de l'objectif de qualité français (fixé à 2 µg/m³).** Toutefois, il n'est pas exclu que cette valeur soit dépassée 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. Ces mesures sont effectuées au moyen de tubes à diffusion durant 12 semaines, réparties uniformément sur l'année. 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.

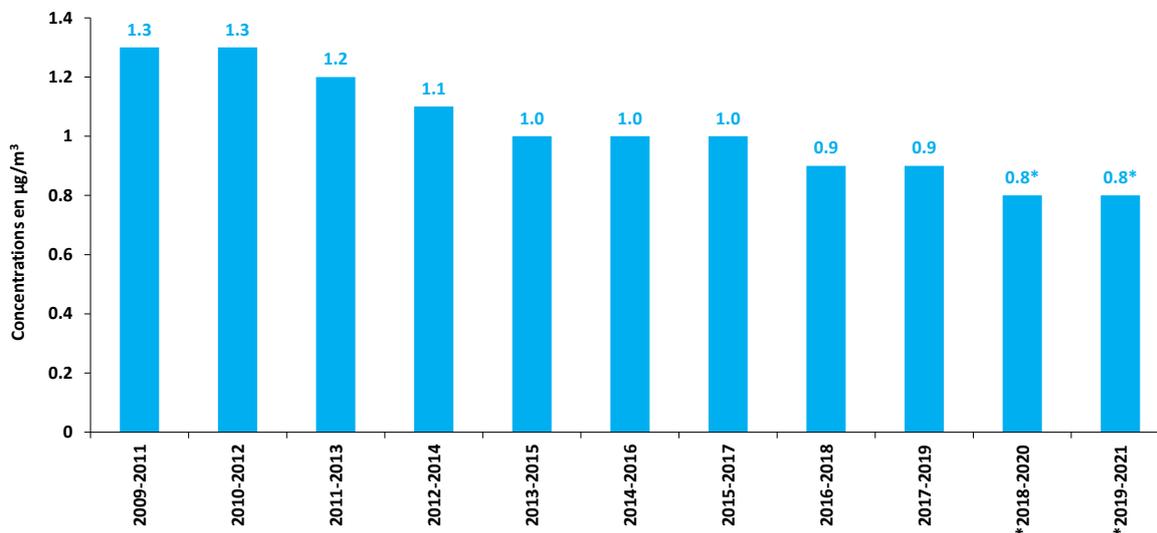
Figure 36 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France en 2021

Du fait des faibles concentrations en benzène sur certaines stations, certaines ont été fermées en 2021 au profit de l'ouverture de stations de proximité au trafic afin de mesurer des niveaux plus forts.

ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE

Après une très forte baisse enregistrée jusqu'au début des années 2000 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 37). Les niveaux moyens en benzène mesurés sur la période 2018-2020 et 2019-2021 sont les plus faibles de l'historique.

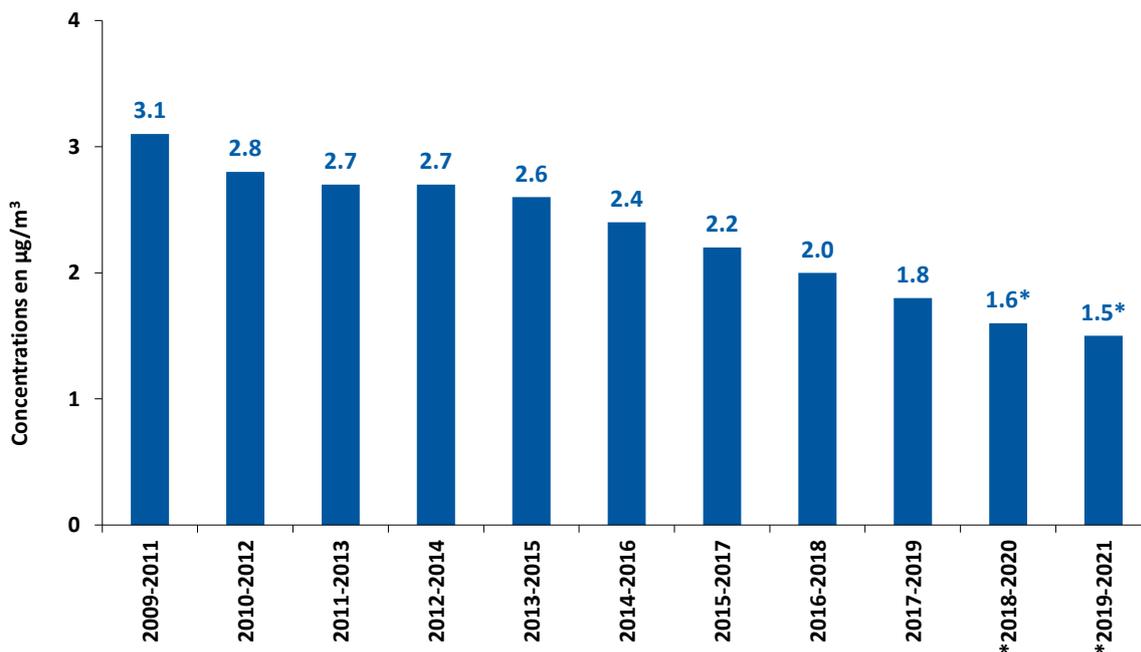
Benzène (C6H6)



*2020 : année particulière due au COVID (confinements)

Figure 37 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, de la concentration moyenne en benzène sur 3 ans dans l'agglomération parisienne de 2009-2011 à 2019-2021

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 européenne a limité le taux de benzène dans les carburants. **Depuis 2007, la baisse observée s'est sensiblement ralentie** (de l'ordre de -50 % entre 2011 et 2021) (Figure 38).



*2020 : année particulière due au COVID (confinements)

Figure 38 : évolution, à échantillon évolutif de stations trafic, de la concentration moyenne en benzène sur 3 ans dans l'agglomération parisienne de 2009-2011 à 2019-2021

En résumé pour le benzène

La baisse tendancielle de ces dernières années se poursuit et les concentrations mesurées sont les plus basses de l'historique (hormis 2020, année particulière du fait des restrictions d'activités dues à la COVID).

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 toutefois très ponctuellement dépassé le long de certains voies de circulation parisiennes.

Aucun Francilien n'est exposé à un dépassement de l'objectif de qualité en benzène.

Sur les 10 dernières années, la baisse est constante.

Tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier, les niveaux de benzène ont baissé entre 2019 et 2021.

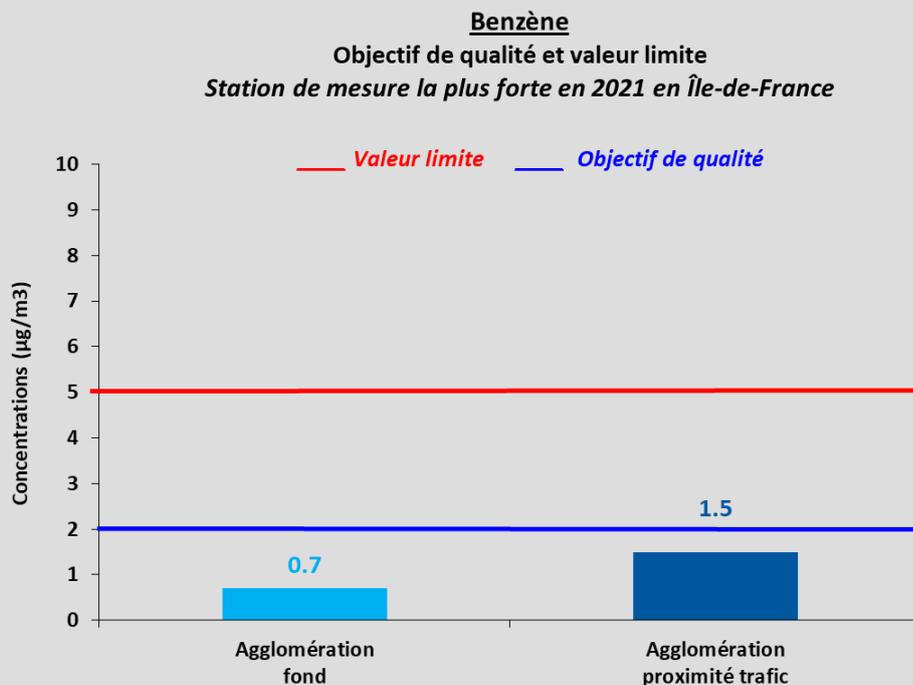


Figure 39 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en benzène (C₆H₆) en Île-de-France pour l'année 2021

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 contraignantes pour la qualité de l'air ambiant. L'OMS recommande néanmoins de ne pas dépasser la teneur de 4800 µg/m³ d'air en moyenne journalière pour les xylènes, de 260 µg/m³ d'air en moyenne hebdomadaire pour le toluène et de 22 000 µg/m³ d'air en moyenne annuelle pour l'éthylbenzène [OMS, 2000]. Ces recommandations sont toutes largement respectée en 2021.

La Figure 40 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 2021.

	Concentrations moyennes annuelles (µg/m ³)				
	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	M+p xylène	O-xylène
Paris 1er Les Halles	0.7	1.6	0.3	1.0	0.4
Gennevilliers	0.7	1.8	0.3	0.9	0.4
Vitry-sur-Seine	0.7	1.6	0.2	0.7	0.3
Moyenne agglomération fond	0.7	1.7	0.3	0.9	0.4
Place Victor Basch	1.9	9.9	1.4	4.7	1.7
Place de l'Opéra	1.5	7.1	1.1	3.7	1.4
RN2 Pantin	1.2	5.2	0.8	2.6	1.0
Moyenne Stations trafic	1.6	7.4	1.1	3.7	1.4

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

Figure 40 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en continu en Île-de-France en 2021

La concentration moyenne annuelle en toluène relevée sur les sites trafic (7,4 µg/m³) est plus de quatre fois plus élevée qu'en situation de fond (Figure 41).

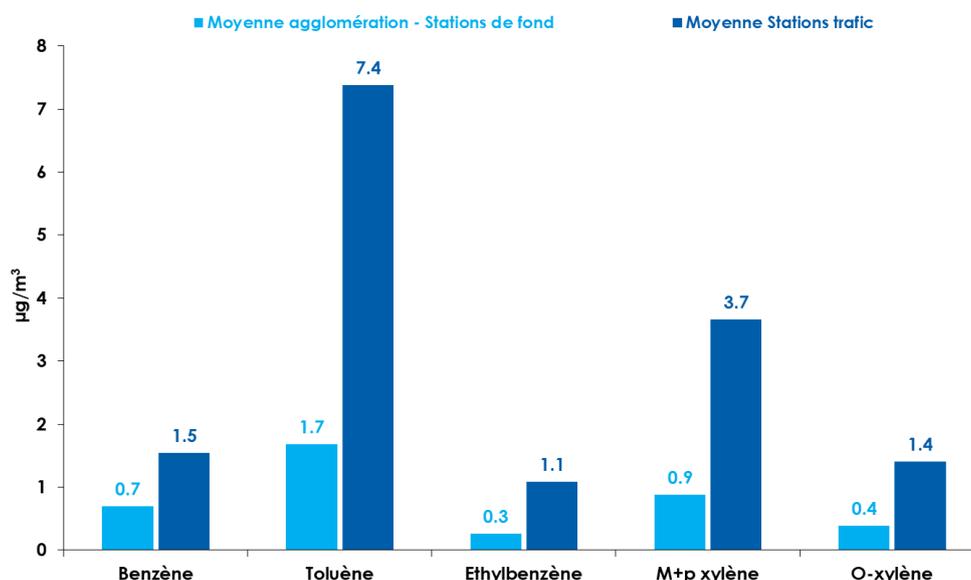


Figure 41 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en 2021 en situation de fond urbain et trafic

Hydrocarbure aromatique polycyclique

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 *



-65% Loin du trafic **-60%** Le long du trafic

* Tendance sur 10 ans

NORMES FRANÇAISES

Le long du trafic	Loin du trafic
Valeur cible	Valeur cible
1 ng/m ³ en moyenne annuelle	1 ng/m ³ en moyenne annuelle
Respectée	Respectée

BENZO(A)PYRÈNE

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

La **valeur cible européenne** (fixée à 1 ng/m³ en moyenne annuelle) **est largement respectée** sur l'ensemble des sites de mesure d'Airparif. En 2021, les niveaux de BaP mesurés en Île-de-France ont tous légèrement augmenté par rapport à ceux de 2020, et sont similaires à ceux de 2019.

Des différences de concentrations en benzo(a)pyrène peuvent être observées entre les sites de fond (Figure 42). 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 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 (environ 3.5 fois supérieures à l'autre station de fond du réseau située dans Paris).

Le site trafic Boulevard Périphérique Est enregistre des niveaux supérieurs à ceux mesurés à Paris 1^{er} Les Halles.

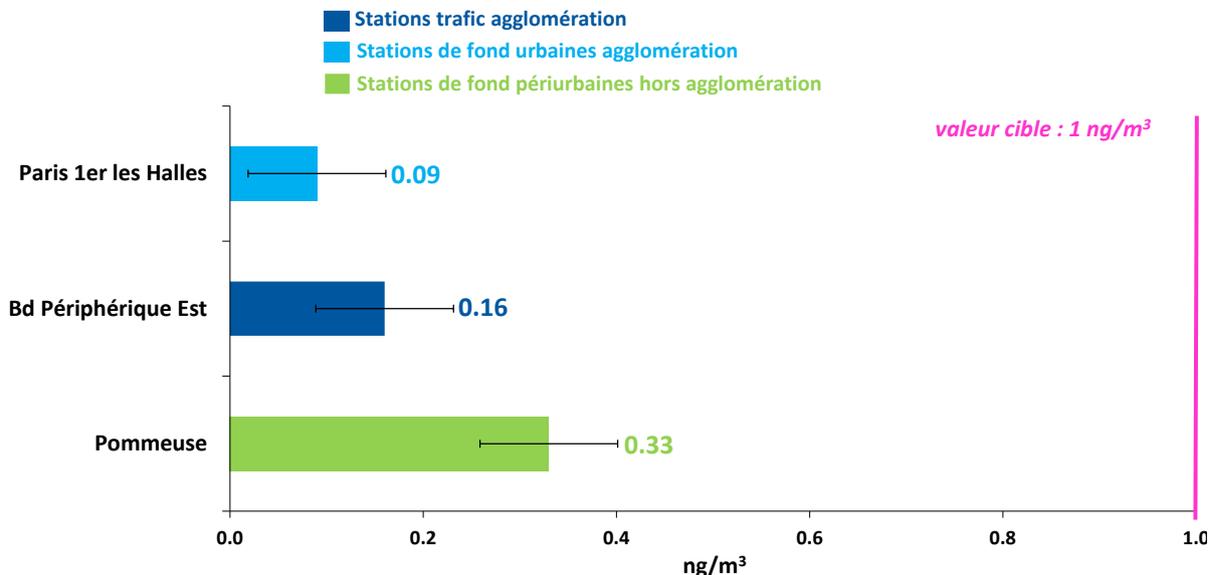


Figure 42 : concentrations moyennes annuelles de benzo(a)pyrène (BaP) en Île-de-France en 2021

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME

Une **baisse sensible des niveaux de BaP** est observée **à proximité du trafic** au cours des 10 dernières années en **lien avec le renouvellement progressif du parc roulant**. Une baisse des niveaux moyens de BaP de l'ordre de 60 % est notable depuis 2011 (Figure 43).

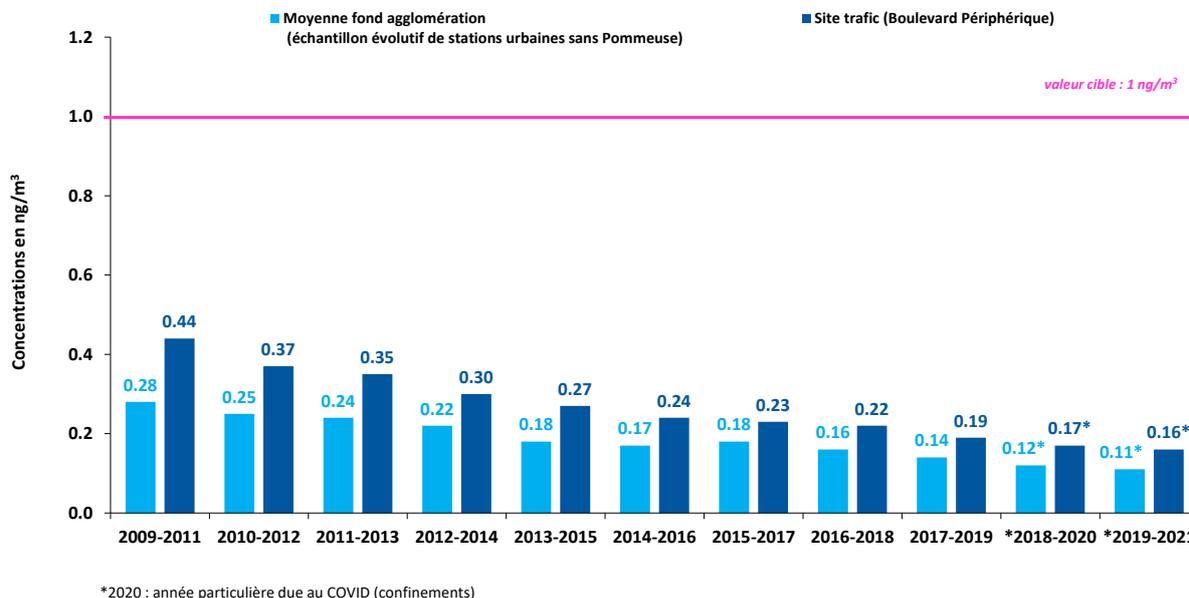


Figure 43 : évolution de la concentration moyenne sur 3 ans de benzo(a)pyrène (BaP) dans l'agglomération parisienne sur un échantillon évolutif de stations urbaines de fond et en site trafic (le long du Boulevard Périphérique) de 2009-2011 à 2019-2021

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 2021 se caractérise par des températures plutôt clémentes, globalement proches de la normale. Ces températures clémentes ont potentiellement induit **un recours moins important au chauffage**, entraînant ainsi **de faibles émissions liées à cette source sur l'ensemble de l'année 2021**.

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 44). En 2021, les plus fortes teneurs journalières de benzo(a)pyrène ont été comprises entre 1.0 (Paris 1^{er} – Les Halles) et 2.7 ng/m³ (fond hors agglomération). Les teneurs maximales en BaP enregistrées en 2021 sont légèrement supérieures aux années précédentes pour le site trafic, mais les plus faibles de l'historique pour les deux sites de fond. Ces valeurs ont été observées lors d'un épisode particulière enregistré le 11 novembre 2021, ayant favorisé l'accumulation des polluants émis par les sources locales (trafic routier, chauffage au bois) sous l'effet de conditions anticycloniques persistantes.

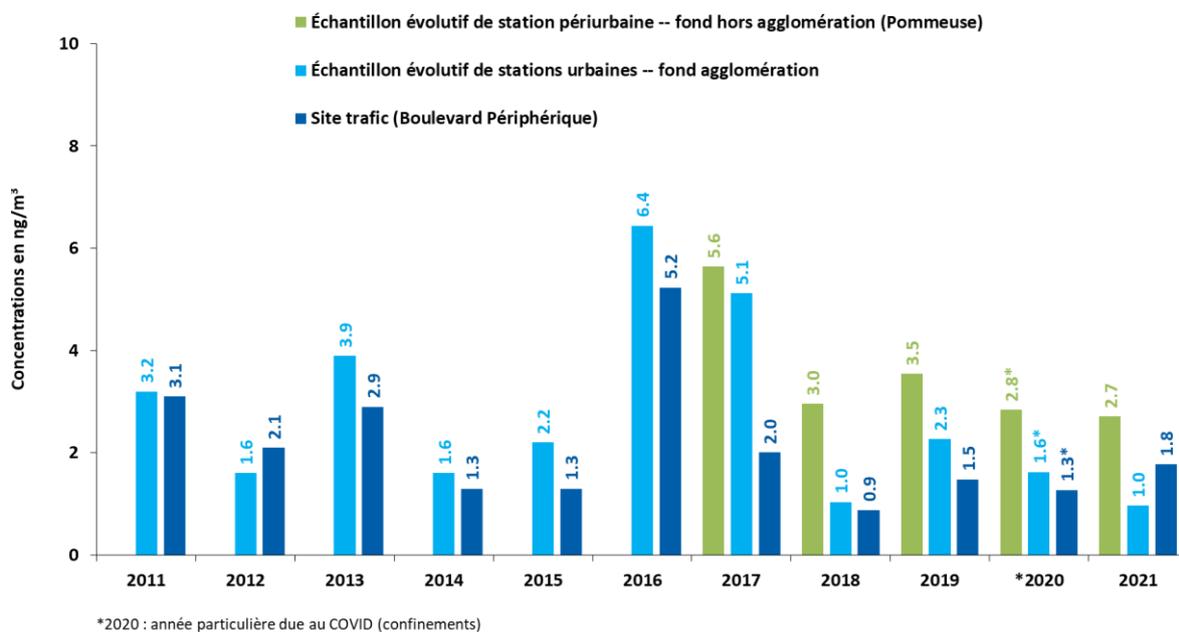


Figure 44 : évolution de la concentration maximale journalière de benzo(a)pyrène (BaP) en et hors agglomération parisienne et à proximité du trafic routier (le long du Boulevard Périphérique) de 2011 à 2021

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 2021 sont mentionnées en Figure 45.

En 2021, toutes les stations ont enregistré des concentrations moyennes pour tous les HAP similaires à celles de 2019, soit en très légère hausse par rapport à celles de 2020.

Teneurs moyennes annuelles en ng/m ³	Stations de fond		Station trafic
	urbaine	périurbaine	
	Paris 1er Les Halles	Pommeuse	Boulevard Périphérique Est
BENZO(a)PYRENE (BaP)	0.09	0.33	0.16
BENZO(a)ANTHRACENE (BaA) ^(*)	0.05	0.22	0.14
BENZO(b)FLUORANTHENE (BbF) ^(*)	0.14	0.37	0.21
BENZO(g,h,i)PERYLENE (BghiP)	0.14	0.29	0.25
BENZO(j)FLUORANTHENE (BjF) ^(*)	0.09	0.25	0.13
BENZO(k)FLUORANTHENE (BkF) ^(*)	0.06	0.18	0.09
DIBENZO(ah)ANTHRACENE (dB) ^(*)	0.02	0.02	0.02
INDENO(1,2,3-c,d)PYRENE (IP) ^(*)	0.11	0.31	0.16
Total 8 HAP mesurés	0.70	2.00	1.20

^(*) mesure recommandée par la directive européenne

Figure 45 : concentrations moyennes annuelles des huit HAP mesurés en Île-de-France en 2021

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 *

	Plomb	Arsenic	Nickel	Cadmium
Loi du trafic	-55%	-45%	-40%	-55%

*Tendance sur 10 ans



NORMES FRANÇAISES

Plomb		Arsenic	Autres métaux
Valeur limite annuelle	Objectif de qualité	Valeur cible	Valeur cible
0,5 µg/m ³ <small>en moyenne annuelle</small>	0,25 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	Respectée	Respectées

Deux sites de mesures fixes sont implantés au voisinage de sites industriels émetteurs de métaux réglementés, à Limay (78) et à Bagneaux-sur-Loing (77).

Afin de disposer d'une référence de fond dans le cœur de l'agglomération, un point de mesure des métaux (Pb, As, Ni et Cd) est par ailleurs implantée 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}.

MÉTAUX : PLOMB, ARSENIC, CADMIUM ET NICKEL

SITUATION EN 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION ET ÉVOLUTION SUR LE LONG TERME

Le **plomb** (Pb), qui a progressivement disparu des carburants à partir de 2000 a ainsi vu ses teneurs diminuer de manière très importante et ne représente plus aujourd'hui un indicateur pertinent du trafic routier. En situation de fond, les teneurs sont, chaque année, très faibles et voisines des limites de quantification (Figure 46). **La valeur limite et l'objectif de qualité** (fixés à 0,5 et 0,25 µg/m³, respectivement) **sont tous deux très largement respectés sur l'ensemble des sites. En 2021, les concentrations moyennes annuelles en plomb sont 25 à 50 fois inférieures aux normes.**

Métaux

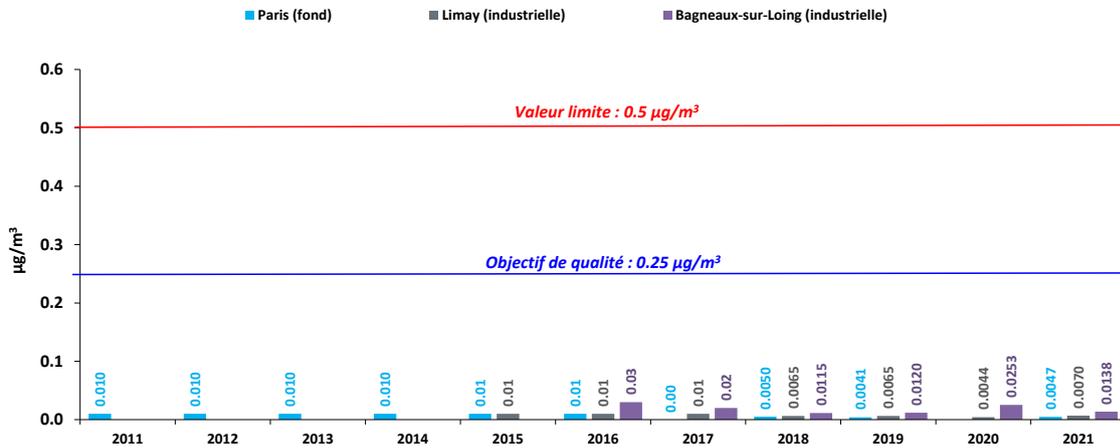


Figure 46 : évolution de la concentration moyenne annuelle de plomb (Pb) à Paris (fond), à Limay et à Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 2011 à 2021

Depuis 2011, les concentrations en **arsenic** (As) sont globalement en baisse. En 2021, le niveau moyen annuel d'arsenic relevé en site de fond urbain est légèrement supérieur à celui de 2019 qui constituait le plus faible de tout l'historique (0.26 ng/m³ en 2021 contre 0.22 ng/m³ en 2019) mais reste inférieur à celui des années précédentes (Figure 47).

La station de Limay, implantée à proximité d'une installation émettrice de ce composé, relève des niveaux plus élevés que ceux des dernières années mais toujours largement inférieurs à la valeur cible.

Pour la station de Bagneaux-sur-Loing, qui enregistrait des niveaux supérieurs à la valeur cible en 2019, les concentrations en arsenic ont diminué de plus de la moitié, repassant largement sous la valeur cible.

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 teneurs 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.

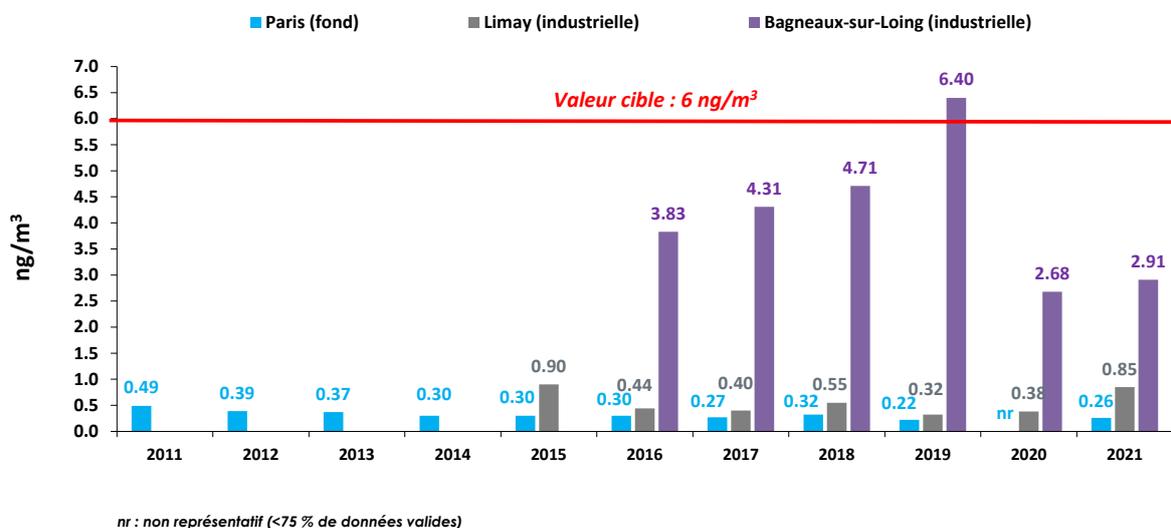


Figure 47 : évolution de la concentration moyenne annuelle d'Arsenic (As) sur les stations de Paris (fond), Limay et Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 2011 à 2021

Concernant le **cadmium** (Cd), les concentrations de fond tendent à stagner depuis 2015 malgré une légère hausse en 2021 (Figure 48). La moyenne annuelle relevée en fond en 2021 est 50 fois inférieure à la valeur cible européenne (fixée à 5 ng/m³). Le site de Limay (industriel) a observé une augmentation de ses concentrations, tout en restant plus de 10 fois inférieures à la valeur cible. 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.

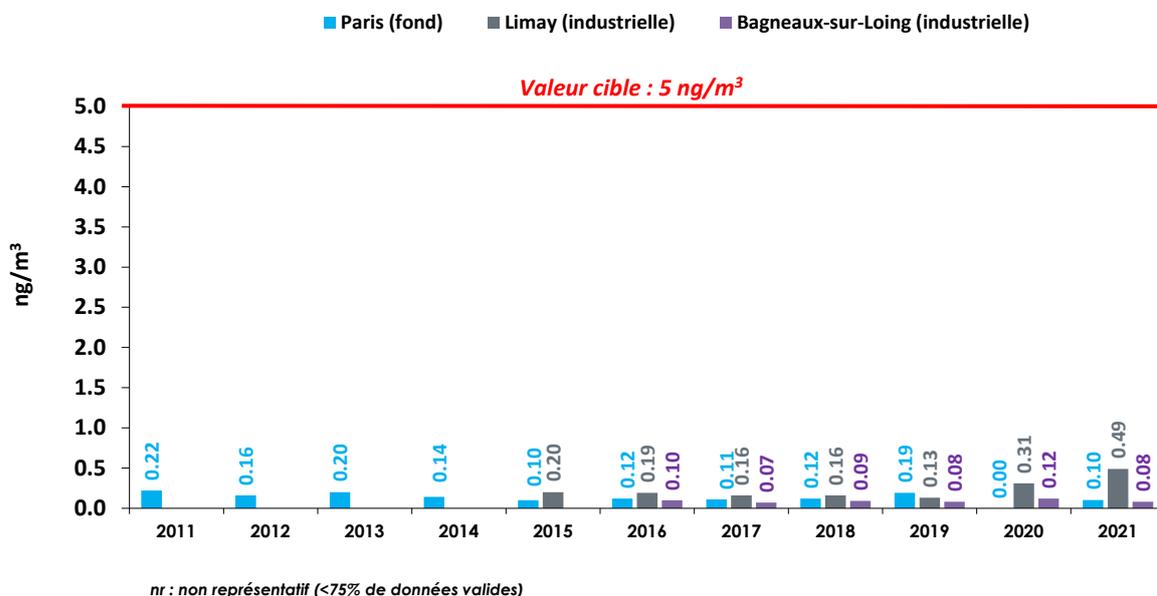


Figure 48 : évolution de la concentration moyenne annuelle de cadmium (Cd) sur les stations de Paris (fond), Limay et Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 2011 à 2021

Pour ce qui est du **nickel** (Ni), les concentrations de fond baissent progressivement depuis 2011 et sont comprises entre 1.53 et 0.90 ng/m³, soit **des teneurs 13 à plus de 20 fois inférieures à la valeur cible** (fixée à 20 ng/m³) (Figure 49). En 2021, Le site de Limay a enregistré des concentrations moyennes annuelles en nickel les plus fortes de l’historique (4.14 ng/m³), du fait de quelques semaines de très fortes émissions durant l’été. La cause de ces fortes concentrations est en cours d’investigation. La concentration moyenne annuelle reste cependant près de 5 fois inférieure à la valeur cible. Le site de Bagneaux-sur-Loing observe quant à lui une baisse progressive régulière.

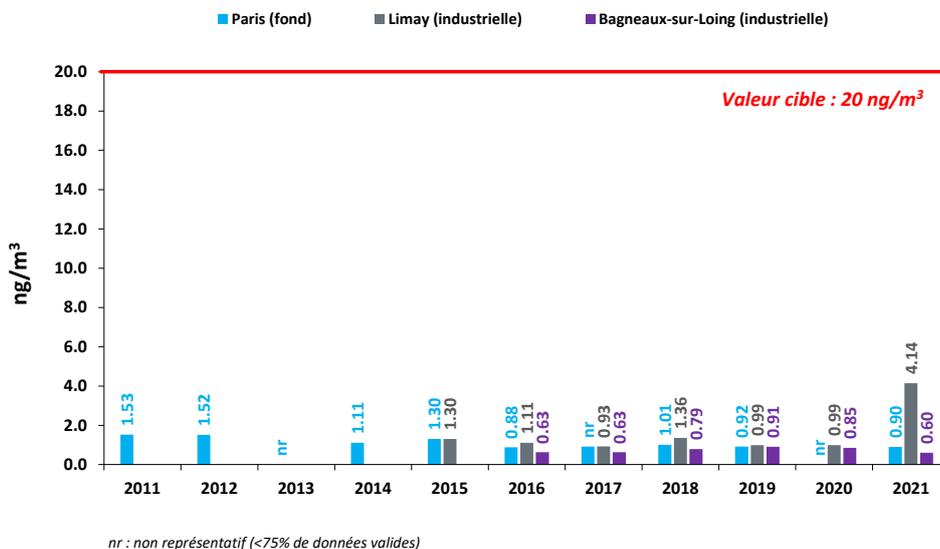


Figure 49 : évolution de la concentration moyenne annuelle de Nickel (Ni) sur les stations de Paris (fond), Limay et Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 2011 à 2021

Monoxyde de carbone

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.

CO

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 *

-45%

Le long du trafic

*Tendance sur 10 ans

NORMES FRANÇAISES ET RECOMMANDATIONS OMS

Valeur limite journalière	Recommandation OMS
10 mg/m ³ en moyenne glissante sur 8 heures	4 mg/m ³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an
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 2021 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 en proximité du trafic routier** (station Autoroute A1) (Figure 50). En 2021, les niveaux moyens de CO sont légèrement plus forts que ceux mesurés en 2020 sur ce site mais légèrement inférieurs à ceux de 2019.

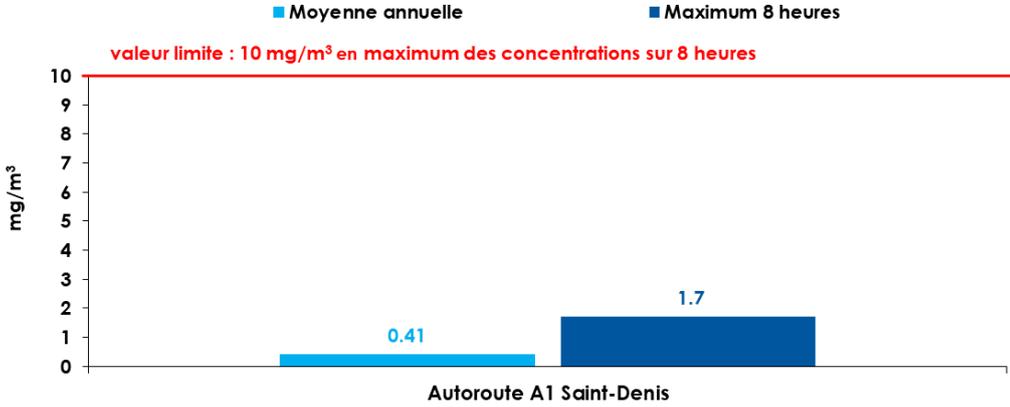


Figure 50 : concentrations moyennes annuelles et maximales sur 8 heures de monoxyde de carbone (CO) en Île-de-France en 2021

En 2021, du fait des concentrations en CO qui respectent largement les valeurs limites sur toutes les stations, il a été décidé de ne garder que la station Autoroute A1 – St-Denis, où sont mesurés les niveaux les plus importants.

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME

Une baisse des concentrations en CO est observée sur les sites trafic entre 2011 et 2021 (près de -50 %). 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 51). Toutefois, l'écart tend à se réduire d'année en année.

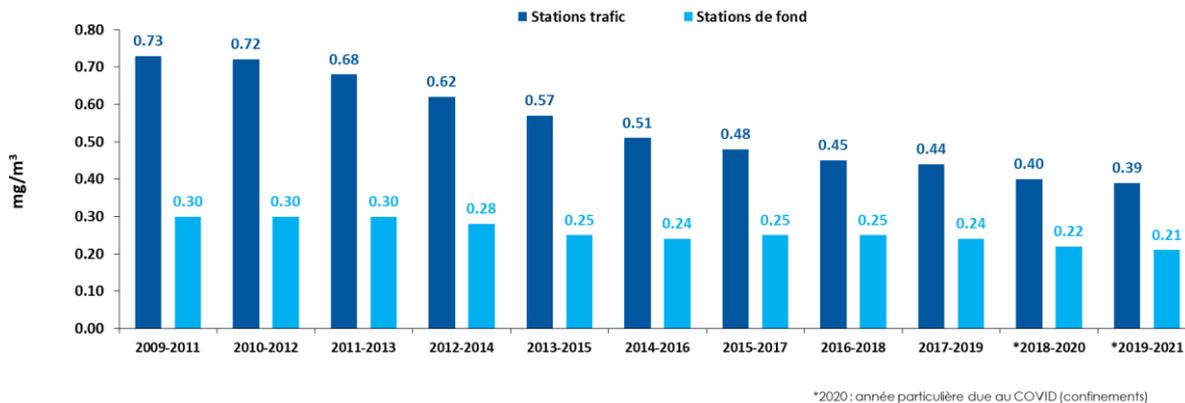


Figure 51 : évolution de la concentration moyenne 3 ans en monoxyde de carbone (CO) à proximité au trafic routier et en situation de fond dans l'agglomération parisienne de 2009-2011 à 2019-2021

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 mais la station de mesure Autoroute A1 a été conservée en 2021.

Dioxyde de soufre



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.



NORMES FRANÇAISES ET RECOMMANDATIONS OMS

Valeur limite horaire	Valeur limite journalière	Objectif de qualité	Recommandation OMS
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	40 µg/m ³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an
Respectée	Respectée	Respecté	Respectée

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 2021 VIS-À-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

En 2021, 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.**

Les niveaux mesurés depuis plus de 10 ans sont tous inférieurs à la limite de détection (< LD).

La surveillance en site fixe n'est donc plus obligatoire en Île-de-France mais la station de mesure de Vitry-sur-Seine a été conservée en 2021.

Aldéhydes



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...



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



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.



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

Des mesures d'aldéhydes par tubes à diffusion passive sont mises en œuvre sur un site de fond urbain (Paris 1^{er} Les Halles et Vitry-sur-Seine) et deux sites trafic (Boulevard Périphérique Est et Place Victor Basch). La Figure 52 présente les teneurs moyennes annuelles de formaldéhyde et d'acétaldéhyde mesurées en 2021 sur ces quatre sites.

	Formaldéhyde				Acétaldéhyde			
	Station urbaine de fond		Stations urbaines trafic		Station urbaine de fond		Stations urbaines trafic	
	Paris 1 ^{er} Les Halles	Vitry-sur-Seine	BP Est	Place Victor Basch	Paris 1 ^{er} Les Halles	Vitry-sur-Seine	BP Est	Place Victor Basch
Moyenne annuelle en µg/m ³	1.7	1.5	2.2	2.6	1.6	1.4	1.8	2.1

Figure 52 : concentrations moyennes annuelle (µg/m³)s de formaldéhyde et d'acétaldéhyde mesurés en Île-de-France en 2021

Les niveaux d'aldéhydes sont **plus élevés en situation de proximité au trafic routier qu'en fond urbain**. Ce résultat est en lien direct avec le transport routier qui est la source principale identifiée d'aldéhydes (en particulier de formaldéhyde). L'écart entre les sites de mesure est légèrement plus marqué pour le formaldéhyde (de 30 à 55 % de plus à BP Est et Basch qu'à Paris 1^{er} Les Halles) que pour l'acétaldéhyde (de 10 à 30 % de plus à BP Est et Basch qu'à Paris 1^{er} Les Halles).

En 2021, les stations fond et trafic enregistrent des concentrations moyennes de formaldéhyde inférieures à celles de 2019 et de 2020. Pour ce qui est de l'acétaldéhyde, une très légère hausse des concentrations moyennes est observée par rapport à 2020 sur les stations de fond et trafic mais elles restent en dessous de celles de 2019, sauf pour la station Place Victor Basch.

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 2008/50/CE du Parlement Européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe](#) 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.

La Figure 53 présente les teneurs moyennes annuelles des COV mesurés sur la station de Paris 1^{er} – Les Halles en 2021.

	Moyenne annuelle 2021 (µg/m ³)
Ethane	4.21
Propane	2.69
Isobutane	2.02
n-Butane	3.88
Isopentane	1.60
n-Pentane	0.92
n-Hexane	0.21
n-Heptane	0.22
Iso-Octane	0.28
n-Octane	0.09
Benzène	0.45
Toluène	1.35
Ethylbenzène	0.23
m+p - Xylène	0.85
o - Xylène	0.34
1,3,5 Triméthylbenzène	0.08
1,2,3 Triméthylbenzène	0.31
Acétylène	0.64
Ethylène	1.34
Propène	0.49
T2 - Butène	0.12
1 - Butène	0.20
C2 - Butène	0.10
1,3 - Butadiène	0.26
T2 - Pentène	0.09
1 - Pentène	NR
C2 - Pentène	NR
Isoprène	0.29
1,2,4 Triméthylbenzène	0.23

Figure 53 : concentrations moyennes annuelles des 29 COV mesurés au siège d'Airparif (Paris 1^{er} – Les Halles) (fond urbain) en 2021.
nr : non représentatif

II. ÉPISODES DE POLLUTION

Procédure d'information et d'alerte régionale

Le nombre et l'occurrence des épisodes de pollution sont étroitement liés à des conditions météorologiques particulières qui vont concentrer les émissions et la pollution. Il est ainsi délicat de parler de « tendance ». Une année avec davantage de périodes « anticycloniques » peut entraîner davantage d'épisodes de pollution.

Le nombre de journées de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte régionale est le plus bas des 10 dernières années.

L'année 2021 a comptabilisé **11 journées de dépassement des seuils réglementaires** (Figure 54).

Ces dépassements ont concerné les particules PM₁₀ et l'ozone (O₃). Dix jours de dépassement du seuil d'information ont été enregistrés pour les particules PM₁₀, et 1 jour de dépassement du seuil d'information pour l'ozone.

Date	Seuil dépassé	Polluant
02/01/2021	Information	Particules PM ₁₀
22/02/2021	Information	Particules PM ₁₀
24/02/2021	Information	Particules PM ₁₀
25/02/2021	Information	Particules PM ₁₀
02/03/2021	Information	Particules PM ₁₀
03/03/2021	Information	Particules PM ₁₀
31/03/2021	Information	Particules PM ₁₀
01/04/2021	Information	Particules PM ₁₀
15/06/2021	Information	Ozone O ₃
10/11/2021	Information	Particules PM ₁₀
11/11/2021	Information	Particules PM ₁₀

Figure 54 : jours de dépassement des seuils réglementaires en Île-de-France en 2021, seuil dépassé (information ou alerte) et polluant concerné (PM₁₀ et O₃)

La Figure 55 illustre le nombre de dépassements des seuils d'information et d'alerte de 2011 à 2021, tous polluants confondus (NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂).

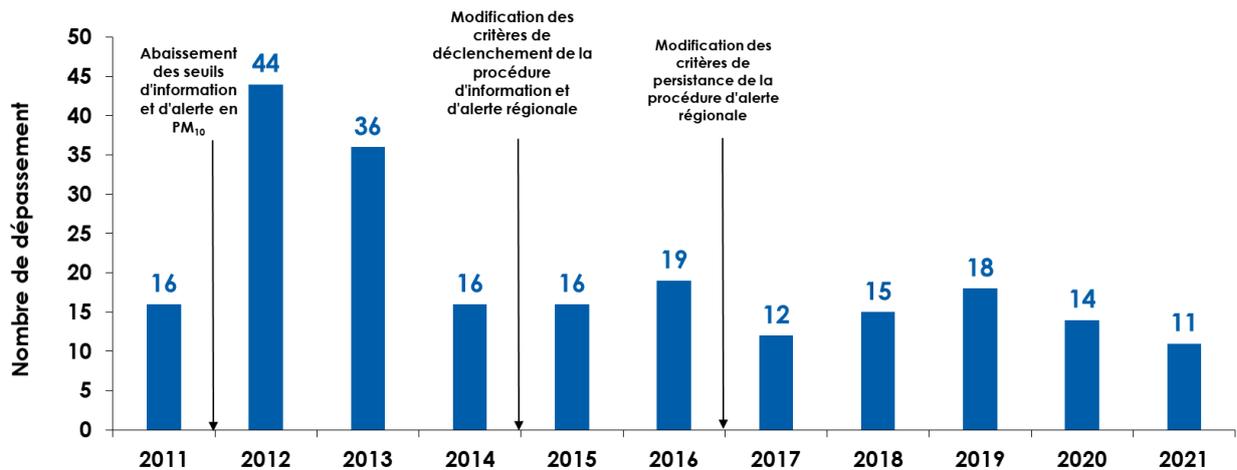


Figure 55 : nombre de dépassement des seuils d'information et d'alerte en Île-de-France de 2011 à 2021, tous polluants confondus

la Figure 56 présente le nombre de dépassement des seuils d'information et d'alerte pour les PM₁₀ entre 2011 (recalculée) et 2021 selon les critères de l'arrêté inter-préfectoral du 7 avril 2016 : d'une quarantaine au début de la période contre moins d'une dizaine ces dernières années.

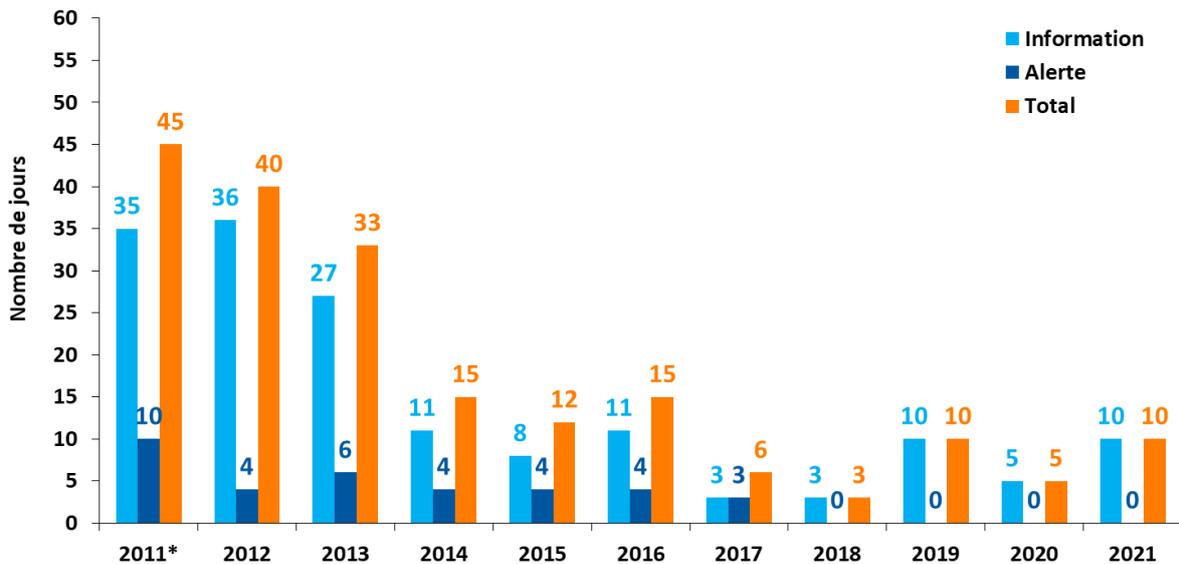


Figure 56 : nombre de jours de dépassement des seuils d'information et d'alerte en particules PM₁₀ en Île-de-France de 2011 à 2021 selon les critères de déclenchement de l'arrêté inter-préfectoral du 27 octobre 2011 (* simulation rétrospective en 2011)

L'année 2021 enregistre une hausse du nombre de jours de déclenchement de la procédure régionale lié aux particules PM₁₀ par rapport à 2020, et retrouve des niveaux similaires à ceux de 2019.

Bien que l'hiver ait été globalement doux, des **conditions météorologiques ponctuellement froides et peu dispersives**, survenues au cours des mois de janvier et novembre, **ont entraîné 3 dépassements du seuil d'information en PM₁₀** (fixé à 50 µg/m³ en moyenne journalière). Du fait des conditions printanières favorables à la formation d'aérosols inorganiques secondaires, 7 dépassements du seuil d'information ont été constatés de février à avril 2021. Ces épisodes de pollution sont décrits à la page suivante.

Le mois de juin 2021 a enregistré 1 jour de dépassement du seuil d'information en ozone (fixé à 180 µg/m³ en moyenne horaire). La journée du dépassement a relevé des températures atteignant 32°C. Les conditions météorologiques survenues au cours de cette journée, **forte température et fort ensoleillement, ont été propices à la formation d'ozone à partir des précurseurs gazeux** (oxydes d'azote et COV). Globalement, l'été 2021 a été marqué par des conditions météorologiques estivales maussades, avec peu de journées chaudes et ensoleillées, et donc peu propices aux épisodes de pollution à l'ozone.

Retour sur les épisodes de pollution aux particules PM₁₀ de mars et avril 2021

Les mois de février, mars et d'avril 2021 ont enregistré 7 jours de dépassement du seuil d'information pour les particules PM₁₀ (Figure 57).

Lors des journées des 22-24-25 février, 2-3 mars et des 31 mars-1^{er} avril 2021, l'Île-de-France a connu une augmentation des concentrations en particules PM₁₀ allant jusqu'à dépasser le seuil d'information et de recommandations fixé à 50 µg/m³ en moyenne sur la journée. Les teneurs en particules ont augmenté sur la région en raison de l'accumulation des émissions locales, auxquelles s'est ajouté un import de sable saharien. En effet, lors de ces journées, un vent de secteur sud a fait remonter une masse d'air chargée en sable du Sahara depuis l'Afrique du Nord. Ce genre de phénomène n'est pas exceptionnel mais relativement rare. Ces particules sont venues se cumuler à celles émises par des sources locales (le trafic automobile, le chauffage résidentiel, notamment au bois, et les épandages agricoles). Dès que le vent a changé de direction, les vendredi 26 février, jeudi 4 mars et vendredi 2 avril, cet import saharien a été stoppé et les concentrations en particules ont baissé. Pour la journée du mardi 23 février, bien que toujours sous un vent venant du sud, les concentrations sont restées sous le seuil d'information et de recommandations du fait d'un vent fort qui a permis de disperser la pollution émise localement, contrairement à la journée précédente et aux jours suivants.

Ces épisodes ont conduit à la mise en place de mesures de réduction des émissions de polluants par les autorités préfectorales, notamment la circulation différenciée.

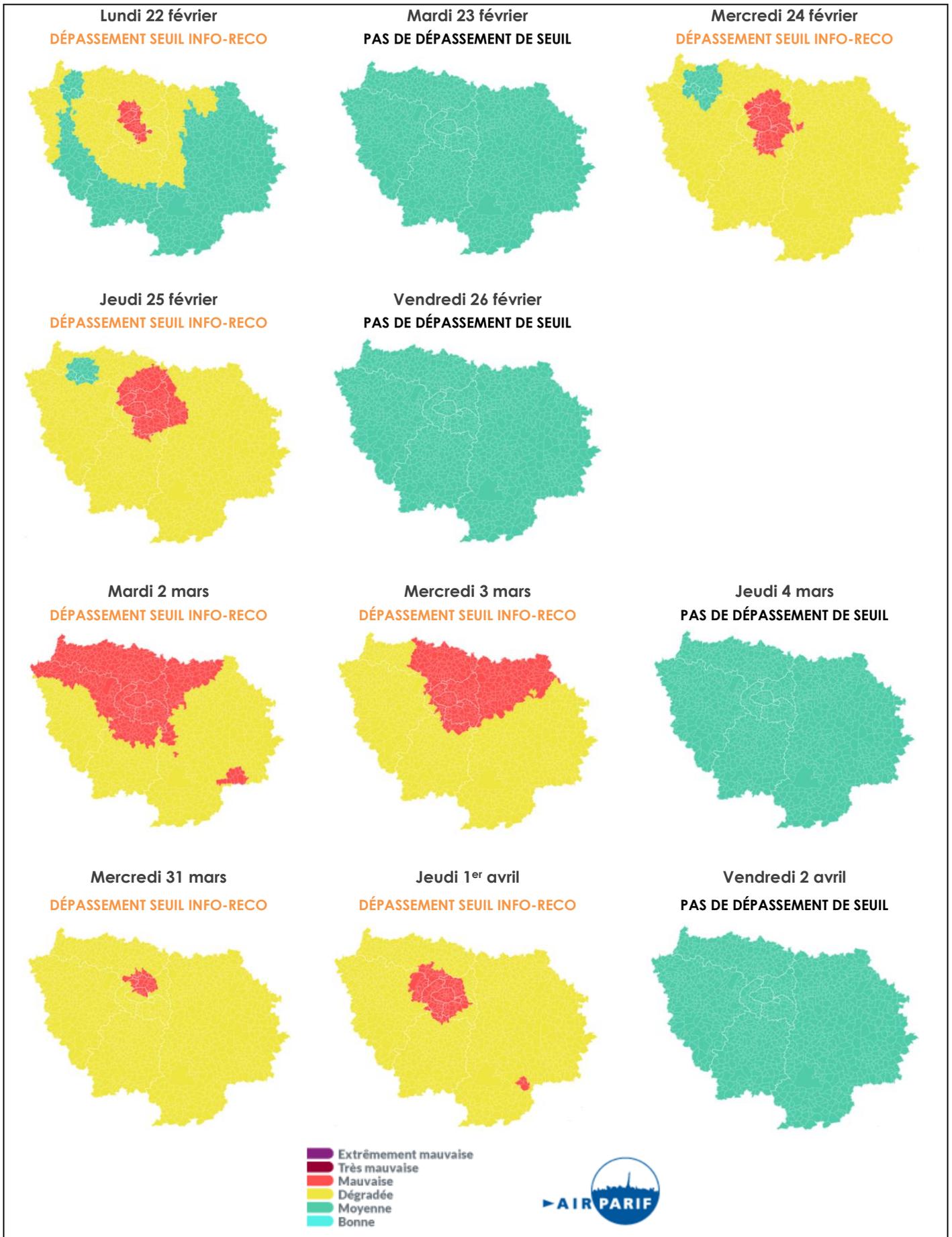


Figure 57 : cartes journalières de la qualité de l'air en Île-de-France des épisodes de pollution aux particules PM₁₀ ayant eu lieu en mars et avril 2021

III. BILAN MÉTÉOROLOGIQUE 2021 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 2021 se caractérise globalement par un ensoleillement et des températures proches de la normale et un excédent de précipitations.

En 2021, les températures moyennes ont été globalement dans les normes avec cependant des mois plus chauds (février, juin, septembre, décembre) et d'autres plus froids (avril, mai, octobre, novembre). **Les premiers mois de l'année se sont caractérisés par une alternance de conditions dispersives, douces et venteuses, et de rares périodes plus froides et plus anticycloniques**, peu favorables à la dispersion des polluants primaires émis localement. **L'été 2021 a été marqué par des conditions maussades, avec peu de journées chaudes et ensoleillées et de nombreuses précipitations notamment en juin et juillet.**

L'ensoleillement annuel a été proche de la normale sur l'ensemble de la région Île-de-France. Les mois de janvier, juillet et août ont connu un déficit d'insolation par rapport à la normale mensuelle. Les autres mois de l'année ont été plus ensoleillés qu'à l'accoutumée, plus particulièrement de février à avril et de septembre à novembre.

Sur l'ensemble de l'année 2021, **la quantité de précipitations a été globalement excédentaire, avec toutefois des saisons contrastées.** La fin de l'hiver et le début du printemps ont été très secs tandis que la fin du printemps et l'été 2021 ont été particulièrement pluvieux.

En 2021, 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). Par ailleurs, le passage de la tempête Aurore a frappé la région en octobre 2021.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Législation relative à la qualité de l'air ambiant applicable en 2021 et lignes directrices de l'OMS

Afin de juger de la qualité de l'air d'une année, la réglementation française et européenne fixe plusieurs valeurs de référence contraignantes.

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.

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 France, un arrêté inter-ministériel définit la procédure d'information et d'alerte en cas d'épisode de pollution et organisent les mesures d'urgence visant à informer les populations et réduire et/ou limiter l'émission des polluants dans l'atmosphère afin de limiter les effets sur la santé (cf. [arrêté interministériel du 07 avril 2016](#) et sa [mise à jour](#)). Cette procédure est déclinée par un arrêté interpréfectoral pour l'Île-de-France ([arrêté inter-préfectoral du 19 décembre 2016](#).)

La procédure d'information et d'alerte s'applique à **3 polluants** : l'Ozone (O₃) - le Dioxyde d'azote (NO₂) - les particules PM₁₀ et comporte deux niveaux de gravité croissante, le seuil d'information et de recommandation et le seuil d'alerte.

En parallèle, Organisation Mondiale de la Santé apporte des lignes directrices pour la qualité de l'air. Ces recommandations sont relatives à des seuils de référence ainsi que des objectifs intermédiaires pour six polluants atmosphériques principaux.

Ces seuils, non contraignants, constituent la référence partout dans le monde fondée sur les impacts de la pollution sur la santé. En septembre 2021 l'OMS a actualisé, et abaissé, ses lignes directrices, reconnaissant que « les effets sur la santé se produisent à des niveaux de pollution atmosphérique plus faibles qu'on ne le croyait auparavant ». Depuis les précédentes recommandations de 2005, l'OMS met en effet en évidence que « la quantité et la qualité des données factuelles montrant que la pollution atmosphérique a une incidence sur différents aspects de la santé a sensiblement augmenté ».

L'OMS apporte également des recommandations en termes de bonnes pratiques pour certains types de particules en suspension (PM), par exemple le carbone suie, les particules ultrafines et les particules provenant de tempêtes de sable et de poussière, pour lesquelles on ne dispose pas d'assez de données quantitatives pour établir des seuils de référence⁵. De ce fait, l'OMS pointe certains polluants émergents, qui ne sont pas réglementées, mais dont l'impact sanitaire est d'ores et déjà observé ainsi que les liens entre pollution de l'air et changement climatique.

⁵ [Lignes directrices mondiales de l'OMS sur la qualité de l'air \(who.int\)](https://www.who.int/air-quality-guidelines)

NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR FRANÇAISES (F) ET EUROPEENNES (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, NO_x, 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	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	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 58 : 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
(mise à jour 2021)**

Valeurs en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

POLLUANT	Durée d'exposition							
	10 min	15 min	30 min	1 heure	8 heures	24 heures	Semaine	Année
Dioxyde d'azote (NO_2)				120		25 ¹		10
Dioxyde de soufre (SO_2)	500					40 ¹		
Monoxyde de carbone (CO)		100.000	60.000	30.000	10.000	4.000 ¹		
Ozone (O_3)					100			
					60 ²			
Particules (PM_{10})						45 ¹		15
Particules ($\text{PM}_{2,5}$)						15 ¹		5
Plomb								0.5
Cadmium								0.005
Toluène							260	
Xylènes						4800 ¹		
Ethylbenzène								22000

(1) : valeurs à ne pas dépasser plus de 3 jours par an

(2) : Moyenne de la concentration moyenne en O_3 maximale sur 8 heures et six mois consécutifs, avec la plus forte concentration en O_3 des moyennes glissantes sur six mois

RECOMMANDATIONS OMS



Figure 59 : Nouvelles valeurs guides de la qualité de l'air de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) applicables en 2021 et détails des changements des recommandations de l'OMS de 2005 par rapport aux recommandations 2021.

ANNEXE 2 : Superficie et kilométrages cumulés de voies routières concernés par un dépassement des seuils réglementaires en Île-de-France entre 2007 et 2021

Particules PM₁₀

En 2021, le dépassement de la valeur limite journalière en PM₁₀ (35 jours supérieurs à 50 µg/m³ autorisés) est constaté sur **moins de 1 % des axes routiers franciliens** soit **environ 60 km de voirie** (Figure 60). En 2011, plus de 30 % du réseau régional (3490 km) était concerné par ce dépassement.

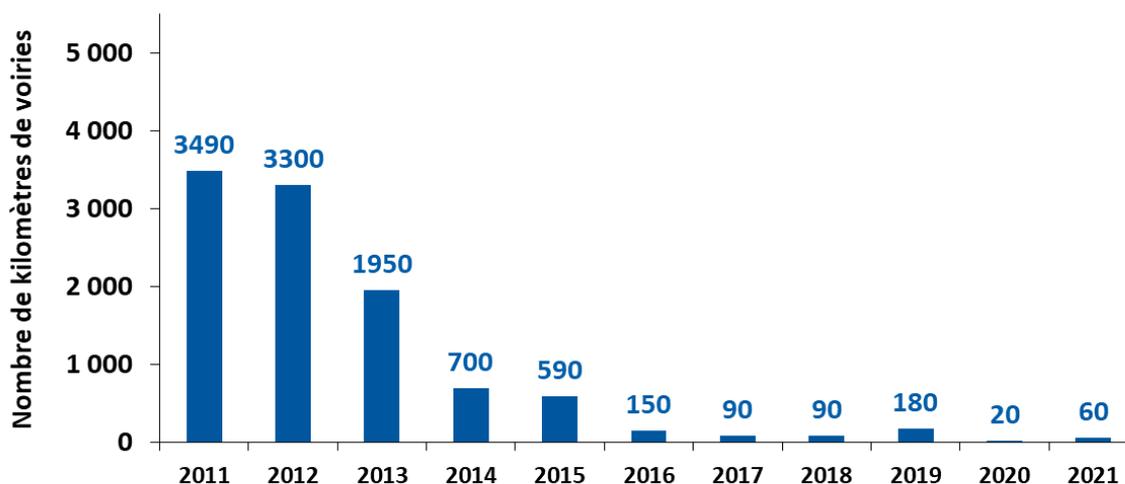


Figure 60 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant la valeur limite journalière PM₁₀ en Île-de-France de 2011 à 2021

En 2021, la superficie concernée par le dépassement de la valeur limite journalière est estimée à **moins de 1 % de la superficie régionale** (Figure 61).

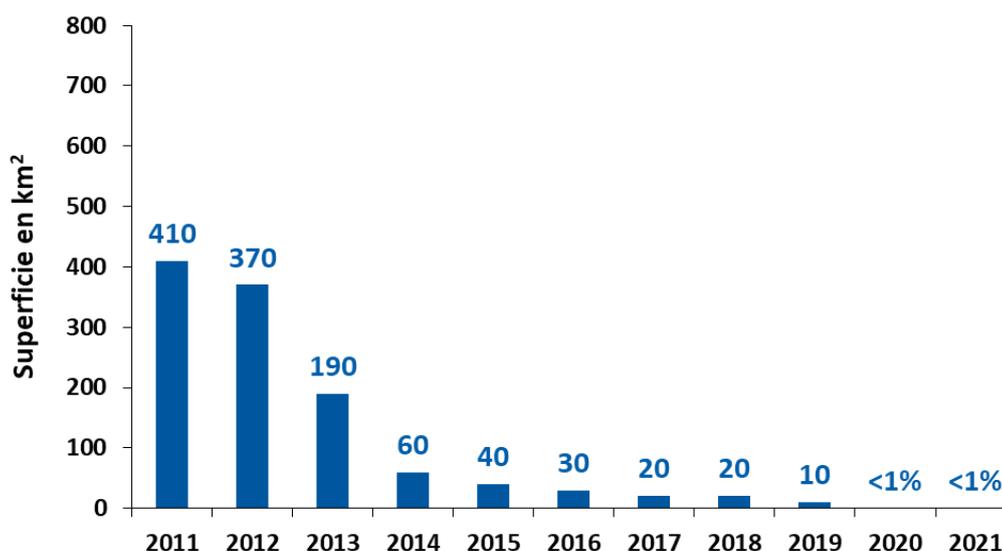


Figure 61 : évolution de la superficie concernée par un dépassement de la valeur limite journalière en particules PM₁₀ en Île-de-France de 2011 à 2021

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 2021, les valeurs réglementaires (VLA/OQ/Recommandations OMS) en NO₂ (fixées à 40 µg/m³ en moyenne annuelle) est dépassée sur **environ 600 km², soit environ 5 % du réseau francilien modélisé** par Airparif (environ 11 000 kilomètres comprenant notamment les principaux axes régionaux)(Figure 62). **Ces axes sont principalement situés dans l'agglomération parisienne.**

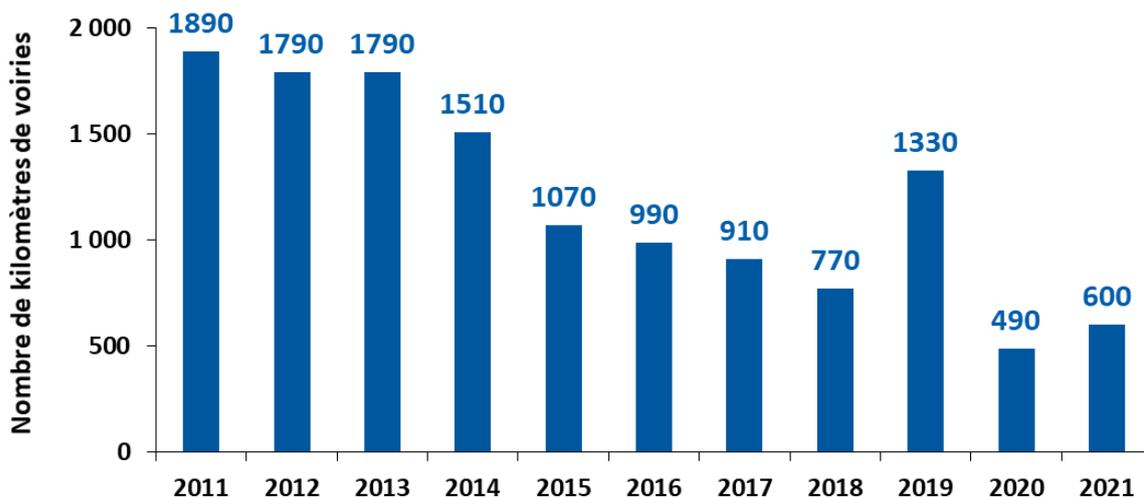


Figure 62 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant les seuils réglementaires en dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France de 2011 à 2021

Le dépassement des normes réglementaires en NO₂ en Île-de-France représente en 2021 une **superficie d'environ 20 km² soit moins de 1 % de la superficie régionale** (Figure 63).

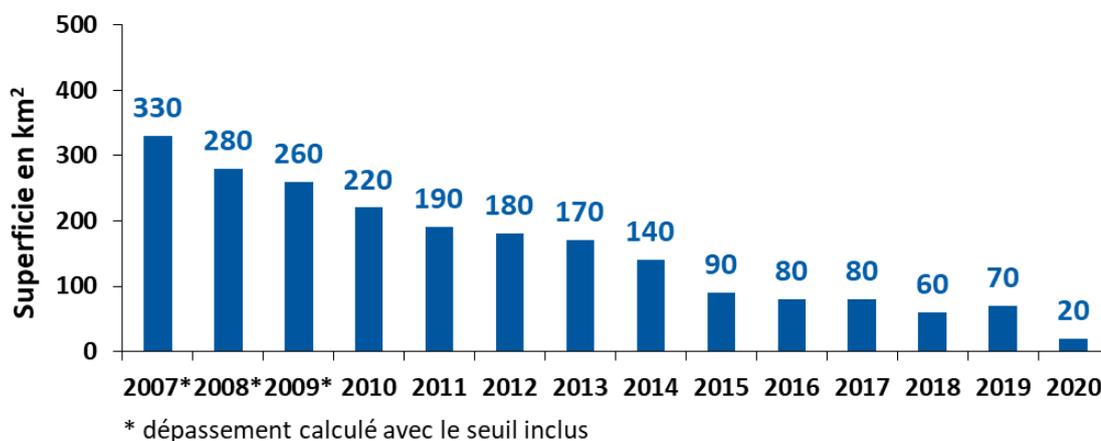


Figure 63 : évolution de la superficie cumulée concernée par un dépassement potentiel de la valeur limite annuelle (40 µg/m³) en dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France de 2011 à 2021

ANNEXE 3 : 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.

Liste des communes comprises dans la zone sensible⁶

PARIS (75)

SEINE-ET-MARNE (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, CHESSY, COLLEGIEN, COMBS-LA-VILLE, CONCHES-SUR-GONDOIRE, COUPVRAY, COURTRY, CREGY-LES-MEAUX, CROISSY-BEAUBOURG, DAMMARIE-LES-LYS, DAMPMART, EMERAINVILLE, ESBLY, FERRIERES-EN-BRIE, GOUVERNES, GUERMANTES, ISLES-LES-VILLENNOY, 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, OZOIR-LA-FERRERE, POINCY, POMPONNE, PONTAULT-COMBAULT, PRINGY, ROCHETTE, ROISSY-EN-BRIE, RUBELLES, SAINT-FARGEAU-PONTHIERRY, SAINT-THIBAULT-DES-VIGNES, SAVIGNY-LE-TEMPLE, SEINE-PORT, SERVON, THORIGNY-SUR-MARNE, TORCY, TRILPORT, VAIRES-SUR-MARNE, VAUX-LE-PENIL, VERT-SAINT-DENIS, VIGNELY, VILLENNOY, VILLEPARISIS.

YVELINES (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, EVECQUEMONT, FLINS-SUR-SEINE, FOLLAINVILLE-DENNEMONT, FONTENAY-LE-FLEURY, FOURQUEUX, GAILLON-SUR-MONTCIENT, GARGENVILLE, GUYANCOURT, HARDRICOURT, HOUILLES, ISSOU, JOUARS-PONTCHARTRAIN, JOUY-EN-JOSAS, JUZIERS, 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, VERT, VESINET, VILLENES-SUR-SEINE, VILLEPREUX, VILLIERS-SAINT-FREDERIC, VIROFLAY, VOISINS-LE-BRETONNEUX.

⁶ Suivant l'[arrêté du 26 décembre 2016 relatif au découpage des régions en zones administratives de surveillance de la qualité de l'air ambiant](#).

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, TIGERY, 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-PARIS, COURDIMANCHE, DEUIL-LA-BARRE, DOMONT, EAUBONNE, ECOUEN, ENGHEN-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, PIERRELAZE, 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

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 64). 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.

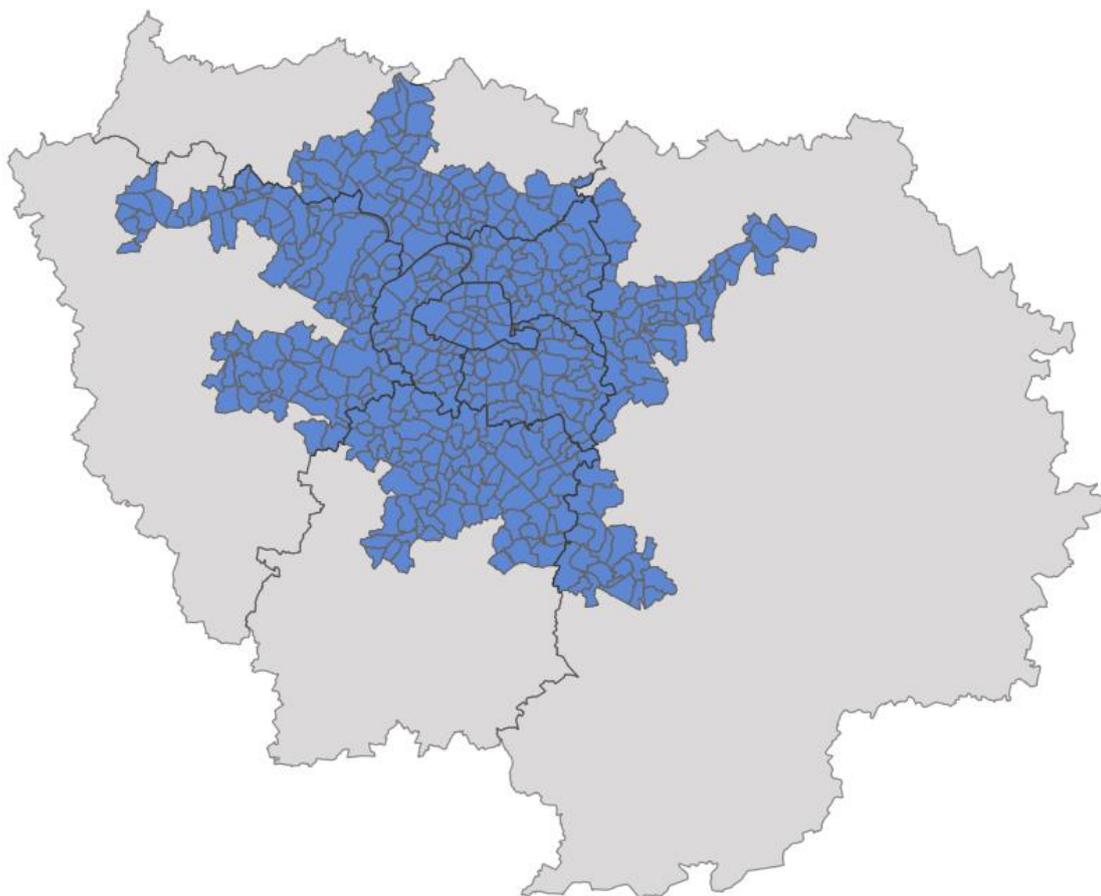


Figure 64 : zones sensibles à la qualité de l'air en Île-de-France

RÉFÉRENCES

- Airparif**, Campagne de mesure du mercure dans l'air ambiant en Île-de-France, Novembre 2010
- Airparif**, 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
- 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 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
- Guerreiro, C. B.B, Foltescu, V., de Leeuw, F.:** Air quality status and trends in Europe, *Atmospheric Environment* 98(2014), 376-384, 2014
- 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**, WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide and carbon monoxide. World Health Organization, 2021
- 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

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 2021	12
Figure 2 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO ₂) en 2021 en Île-de-France, avec un zoom sur Paris et la petite couronne parisienne	14
Figure 3 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO ₂) pour l'ensemble des stations de mesure en Île-de-France en 2021	16
Figure 4 : évolution du nombre de Franciliens concernés par le dépassement de la réglementation pour le dioxyde d'azote.....	17
Figure 5 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO ₂) de 2007 à 2021 en Île-de-France.....	18
Figure 6 : 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 2009-2011 à 2019-2021	19
Figure 7 : synthèse des dépassements de la valeur limite en dioxyde d'azote (NO ₂) en Île-de-France en 2021	20
Figure 8 : 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 2021	22
Figure 9 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m ³ en particules PM ₁₀ en Île-de-France en 2021	23
Figure 10 : évolution du nombre de Franciliens concernés par le dépassement de la valeur limite journalière pour les particules PM ₁₀	24
Figure 11 : concentrations moyennes annuelles de particules PM ₁₀ en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne en 2021	24
Figure 12 : concentrations moyennes annuelles de particules PM ₁₀ en Île-de-France en 2021	25
Figure 13 : évolution du nombre de Franciliens potentiellement concernés par le dépassement de la recommandation de l'OMS (abaissée en 2021 à 15 µg/m ³ en moyenne annuelle, valeur recalculée pour les années antérieures) pour les particules PM ₁₀	26
Figure 14 : concentrations moyennes annuelles de particules PM ₁₀ de 2007 à 2021 en Île-de-France	27
Figure 15 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, des concentrations moyennes sur 3 ans en particules PM ₁₀ de 2009-2011 à 2019-2021 dans l'agglomération parisienne (en bleu) et hors agglomération (en vert)	27
Figure 16 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM ₁₀ sur 2 stations trafic	28
Figure 17 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM _{2.5} en 2021 en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne	29
Figure 18 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM _{2.5} en Île-de-France en 2021	29
Figure 19 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM _{2.5} de 2007 à 2021 en Île-de-France.....	31
Figure 20 : 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 2009-2011 à 2019-2021	31
Figure 21 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM _{2.5} sur la station du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil de 2009-2011 à 2019-2021	32
Figure 22 : composition chimique détaillée des particules de fraction PM _{2.5} mesurées à la station de fond urbain de Gennevilliers sur l'année 2021	33
Figure 23 : concentrations moyennes annuelles en carbone suie en Île-de-France en 2021	34

Figure 24 : 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 2021, avec une distinction hiver/été.	35
Figure 25 : concentrations moyennes d'ammoniac mesurées en situation de fond urbain et à proximité du trafic routier en 2021	36
Figure 26 : Distribution granulométrique moyenne annuelle du nombre de particules submicroniques du 01/01/2021 au 31/12/2021	37
Figure 27 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en particules PM ₁₀ et PM _{2,5} en Île-de-France en 2021	39
Figure 28 : 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 2020 et 2021	41
Figure 29 : 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 à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans) en Île-de-France – Période 2019-2021	41
Figure 30 : 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 à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans à ne pas dépasser plus de 25 jours par sur une moyenne de 3 ans) en Île-de-France (moyenne 2019-2021)	42
Figure 31 : 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 2021	43
Figure 32 : 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 2001 à 2021	43
Figure 33 : 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 2001-2003 à 2019-2021	44
Figure 34 : 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 2009-2011 à 2019-2021	45
Figure 35 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en ozone (O ₃) en Île-de-France en 2021	46
Figure 36 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France en 2021	48
Figure 37 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, de la concentration moyenne en benzène sur 3 ans dans l'agglomération parisienne de 2009-2011 à 2019-2021	49
Figure 38 : évolution, à échantillon évolutif de stations trafic, de la concentration moyenne en benzène sur 3 ans dans l'agglomération parisienne de 2009-2011 à 2019-2021	49
Figure 39 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en benzène (C ₆ H ₆) en Île-de-France pour l'année 2021	50
Figure 40 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en continu en Île-de-France en 2021	51
Figure 41 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en 2021 en situation de fond urbain et trafic.....	51
Figure 42 : concentrations moyennes annuelles de benzo(a)pyrène (BaP) en Île-de-France en 2021	53
Figure 43 : 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 2009-2011 à 2019-2021	53
Figure 44 : 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 2011 à 2021	54
Figure 45 : concentrations moyennes annuelles des huit HAP mesurés en Île-de-France en 2021 ...	55
Figure 46 : évolution de la concentration moyenne annuelle de plomb (Pb) à Paris (fond), à Limay et à Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 2011 à 2021	57
Figure 47 : évolution de la concentration moyenne annuelle d'Arsenic (As) sur les stations de Paris (fond), Limay et Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 2011 à 2021	57

Figure 48 : évolution de la concentration moyenne annuelle de cadmium (Cd) sur les stations de Paris (fond), Limay et Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 2011 à 2021	58
Figure 49 : évolution de la concentration moyenne annuelle de Nickel (Ni) sur les stations de Paris (fond), Limay et Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 2011 à 2021	58
Figure 50 : concentrations moyennes annuelles et maximales sur 8 heures de monoxyde de carbone (CO) en Île-de-France en 2021	59
Figure 51 : 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 2009-2011 à 2019-2021	60
Figure 52 : concentrations moyennes annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)s de formaldéhyde et d'acétaldéhyde mesurés en Île-de-France en 2021	62
Figure 53 : concentrations moyennes annuelles des 29 COV mesurés au siège d'Airparif (Paris 1 ^{er} – Les Halles) (fond urbain) en 2021.	63
Figure 54 : jours de dépassement des seuils réglementaires en Île-de-France en 2021, seuil dépassé (information ou alerte) et polluant concerné (PM_{10} et O_3)	64
Figure 55 : nombre de dépassement des seuils d'information et d'alerte en Île-de-France de 2011 à 2021, tous polluants confondus	65
Figure 56 : nombre de jours de dépassement des seuils d'information et d'alerte en particules PM_{10} en Île-de-France de 2011 à 2021 selon les critères de déclenchement de l'arrêté inter-préfectoral du 27 octobre 2011 (* simulation rétrospective en 2011)	65
Figure 57 : cartes journalières de la qualité de l'air en Île-de-France des épisodes de pollution aux particules PM_{10} ayant eu lieu en mars et avril 2021	67
Figure 58 : normes françaises et européennes de qualité de l'air applicables en 2019.....	72
Figure 59 : Nouvelles valeurs guides de la qualité de l'air de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) applicables en 2021 et détails des changements des recommandations de l'OMS de 2005 par rapport aux recommandations 2021.	73
Figure 60 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant la valeur limite journalière PM_{10} en Île-de-France de 2011 à 2021	74
Figure 61 : évolution de la superficie concernée par un dépassement de la valeur limite journalière en particules PM_{10} en Île-de-France de 2011 à 2021	74
Figure 62 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant les seuils règlementaires en dioxyde d'azote (NO_2) en Île-de-France de 2011 à 2021	75
Figure 63 : évolution de la superficie cumulée concernée par un dépassement potentiel de la valeur limite annuelle ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en dioxyde d'azote (NO_2) en Île-de-France de 2011 à 2021.....	75
Figure 64 : zones sensibles à la qualité de l'air en Île-de-France.....	78