



Bilan de la qualité de l'air Année 2017

SURVEILLANCE ET INFORMATION EN ÎLE-DE-FRANCE



SURVEILLANCE ET INFORMATION SUR LA QUALITÉ DE L'AIR EN ÎLE-DE-FRANCE BILAN ANNÉE 2017

Le présent rapport décrit et commente les données de qualité de l'air de l'année 2017 en Île-de-France pour l'ensemble des polluants réglementés et les tendances observées sur le long terme. Les données sont comparées aux normes de qualité de l'air en vigueur.

L'ensemble des données statistiques relatives aux mesures de pollution en Île-de-France sont disponibles sur le site internet d'Airparif à l'adresse suivante : <http://www.airparif.asso.fr/telechargement/telechargement-statistique>. Toutes les cartes annuelles de pollution sont également disponibles à l'adresse <http://www.airparif.asso.fr/etat-air/bilan-annuel-cartes>.

L'ensemble des données, des rapports de résultats et des études produits par Airparif sont publics et librement accessibles sur le site internet d'Airparif. Toute reprise même partielle de ce rapport doit mentionner la source "Airparif".

Airparif ne peut en aucune façon être tenue pour responsable des interprétations, travaux intellectuels ou de toute publication utilisant ses données et ses rapports, pour lesquels Airparif n'aurait pas donné son accord préalable.

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

Photo de couverture : cartographie de la concentration annuelle en NO₂ – 2017 (Données Airparif – Images Google Earth et Landsat)

Pour nous contacter

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

SOMMAIRE

LA POLLUTION DE L'AIR EN 2017 : UNE SITUATION SIMILAIRE À 2016, AVEC UNE LÉGÈRE AMÉLIORATION.....7

I. POLLUTION CHRONIQUE : LA QUALITÉ DE L'AIR PAR POLLUANT EN 2017 9

SITUATION DE L'ÎLE-DE-FRANCE PAR RAPPORT AUX NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR POUR LES DIFFÉRENTS POLLUANTS RÉGLEMENTÉS	10
ÉVOLUTION GÉNÉRALE DES NIVEAUX DE POLLUTION EN ÎLE-DE-FRANCE DEPUIS PLUS DE VINGT-CINQ ANS.....	10
POLLUANTS DÉPASSANT LES NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR DE FAÇON RÉCURRENTÉ	11
Particules PM₁₀ et PM_{2.5}.....	11
PARTICULES PM ₁₀	13
SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	13
ÉVOLUTION PLURI-ANNUELLE	18
ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE	20
RECORDS HISTORIQUES.....	21
PARTICULES PM _{2.5}	22
SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	22
ÉVOLUTION PLURI-ANNUELLE	25
RECORDS HISTORIQUES.....	27
MESURE DU CARBONE SUIE	28
LA MESURE HISTORIQUE : LA MÉTHODE DES FUMÉES NOIRES	28
MESURE DU CARBONE SUIE PAR AETHALOMÈTRE.....	29
VERS UNE CONNAISSANCE APPROFONDIE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES PARTICULES EN TEMPS RÉEL	31
Dioxyde d'azote (NO₂)	33
SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	34
ÉVOLUTION PLURI-ANNUELLE	39
RECORDS HISTORIQUES.....	43
Ozone (O₃)	45
SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	46
ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME POUR LA PROTECTION DE LA SANTÉ.....	49
RECORDS HISTORIQUES.....	51
Benzène (C₆H₆).....	53
SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	54
ÉVOLUTION PLURI-ANNUELLE	56
AUTRES HYDROCARBURES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES (HAM)	59
POLLUANTS NE DÉPASSANT PAS LES NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR.....	60
BENZO(A)PYRÈNE.....	61
SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	61
ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME	62
Autres HAP.....	63
Métaux : plomb, arsenic, cadmium et nickel.....	64
SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION ET ÉVOLUTION SUR LE LONG TERME.....	65
Monoxyde de carbone (CO).....	68
SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	69
ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME	69
RECORDS HISTORIQUES.....	70
Dioxyde de soufre (SO₂)	71
SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION	72
ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME	72
RECORDS HISTORIQUES.....	73

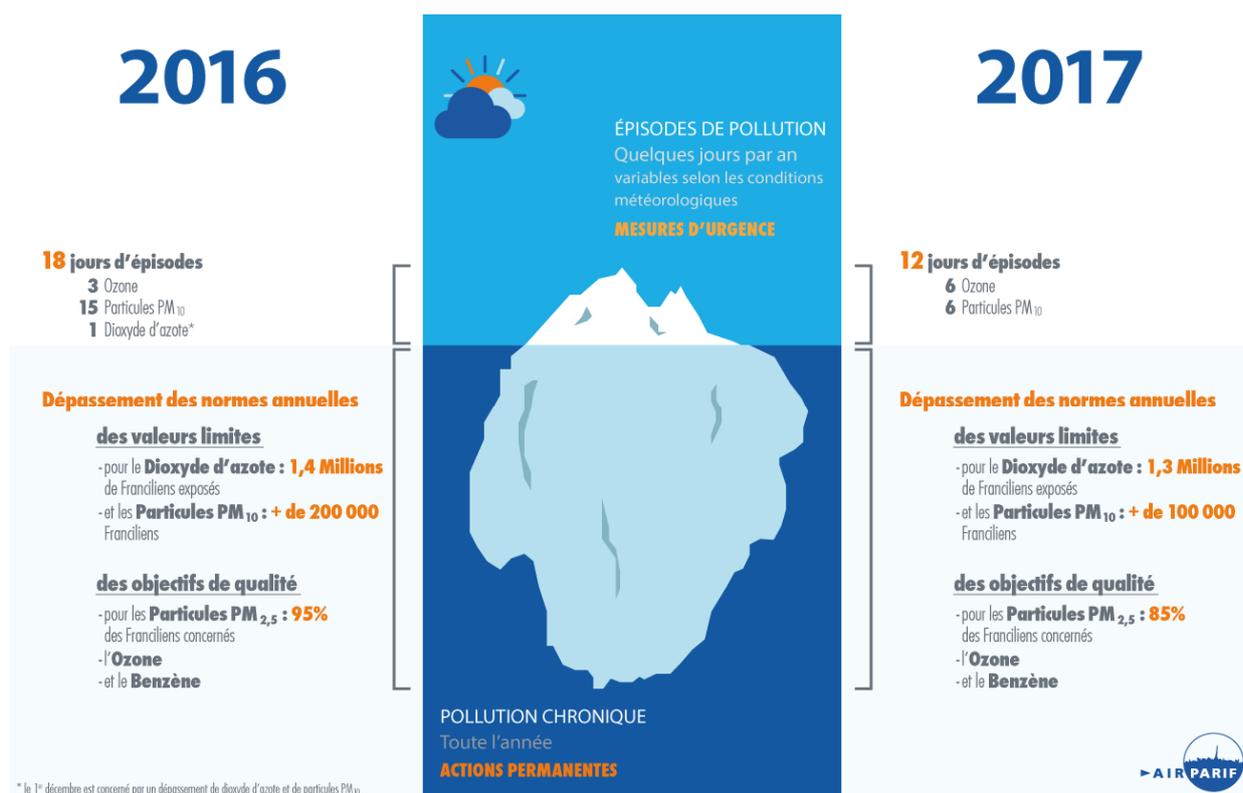
Les aldéhydes.....	74
AUTRES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS PRÉCURSEURS DE L'OZONE	76
II. ÉPISODES DE POLLUTION	78
Procédure d'information et d'alerte régionale	78
Retour sur les épisodes de pollution aux PM ₁₀ de janvier 2017	81
Indice de qualité de l'air réglementaire ATMO	83
Indices de qualité de l'air européens CITEAIR	85
III. BILAN MÉTÉOROLOGIQUE 2017 EN ÎLE-DE-FRANCE.....	87
ANNEXES	95
ANNEXE 1 : NORMES FRANÇAISES ET EUROPEENNES DE QUALITE DE L'AIR APPLICABLES EN 2017.	95
ANNEXE 2 : SUPERFICIE ET KILOMETRAGES CUMULES DE VOIES ROUTIERES CONCERNES PAR UN	
DEPASSEMENT DES VALEURS REGLEMENTAIRES EN ÎLE-DE-FRANCE	98
Particules PM ₁₀	98
Dioxyde d'azote (NO ₂)	99
Benzène (C ₆ H ₆).....	100
ANNEXE 3 : DEFINITION DE LA ZONE SENSIBLE EN ÎLE-DE-FRANCE	101
RÉFÉRENCES	104
TABLE DES FIGURES	106

LA POLLUTION DE L'AIR EN 2017 : UNE SITUATION SIMILAIRE À 2016, AVEC UNE LÉGÈRE AMÉLIORATION

En 2017, les concentrations de particules et de dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France restent problématiques, avec des dépassements importants des valeurs limites. L'année 2017 confirme toutefois la tendance à la baisse des niveaux de pollution chronique pour ces polluants. Pour l'ozone (O₃), les dépassements de l'objectif de qualité sont encore nombreux.

Du point de vue de la météorologie, **2017 est une année chaude et assez pluvieuse**. Hormis un mois de janvier plutôt froid, l'année 2017 a connu des températures hivernales plutôt douces. Les printemps et l'été ont été chauds, avec notamment des pics de chaleurs en mai et en août. Cette météorologie particulière a fortement impacté la qualité de l'air francilienne sur l'année (émissions locales fortes en hiver, photochimie en été).

Les niveaux de pollution moyens de 2017 sont, globalement, proches de ceux de 2016.



→ Malgré une tendance à l'amélioration sur le moyen terme, les valeurs limites journalières et annuelles pour les **particules PM₁₀** sont toujours dépassées à proximité du trafic routier. Au total, en 2017, **ce sont plus de 100 000 habitants situés dans l'agglomération et qui résident au voisinage de grands axes de circulation qui sont potentiellement concernés par un dépassement de la valeur limite journalière pour les particules PM₁₀** (35 jours supérieurs à 50 µg/m³ autorisés). C'est légèrement moins qu'en 2016, du fait de conditions favorables à la dispersion des polluants sur une large partie de l'année ayant conduit à un nombre plus restreint d'épisodes de pollution.

Pour les **particules fines PM_{2.5}**, **10 millions de Franciliens sont potentiellement concernés en 2017 par le dépassement de l'objectif de qualité français** (fixé à 10 µg/m³). Les teneurs sont en moyenne 1,2 fois supérieures à l'objectif en situation de fond (éloignée des axes de circulation) et jusqu'à 1,6 fois en proximité au trafic routier. **Le dépassement de la valeur cible en PM_{2.5} (20 µg/m³) est peu probable sur l'ensemble de l'Île-de-France. Le seuil de la valeur limite annuelle (25 µg/m³) est, quant à lui, respecté pour la quatrième année consécutive.**

→ **2017 confirme une légère baisse des niveaux de dioxyde d'azote (NO₂) dans l'agglomération parisienne.** Ceci est cohérent avec la baisse des émissions franciliennes d'oxydes d'azote (trafic routier, industrie, chauffage).

À proximité du trafic, sur les axes les plus chargés, les niveaux sont toujours en moyenne deux fois supérieurs à la valeur limite annuelle (fixée à 40 µg/m³). Sur la plupart des sites de mesure, les niveaux sont proches de 2016. **Au total, 1.3 millions de Franciliens (soit environ 10 % de la population régionale) restent potentiellement exposés en 2017 au dépassement de la valeur limite annuelle en NO₂, dont près de 1 parisien sur 2.**

→ S'agissant de **l'ozone (O₃)**, l'ensemble de l'Île-de-France connaît, comme tous les ans, **des dépassements de l'objectif de qualité** pour ce polluant, **plus particulièrement dans les zones périurbaines et rurales.**

→ Après une longue période de forte baisse amorcée à la fin des années 1990, les niveaux de benzène continuent de diminuer lentement et tendent à se stabiliser sur l'ensemble de la région (tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier). **Moins de 1 % des Franciliens, situés dans l'agglomération et habitant au voisinage du trafic routier, sont potentiellement concernés par le dépassement de l'objectif annuel de qualité pour le benzène (2 µg/m³).**

→ Du point de vue des **épisodes de pollution**, **12 journées de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte ont été enregistrées en 2017 (soit six jours de moins qu'en 2016).**

Ces déclenchements sont dus pour moitié aux particules PM₁₀ : 3 jours de dépassement du seuil d'information et 3 jours de dépassement du seuil d'alerte (tous enregistrés entre le 21 janvier et le 11 février 2017). Six dépassements du seuil d'information pour l'ozone ont été enregistrés. C'est deux fois plus qu'en 2016, du fait des conditions météorologiques très estivales (fortes températures, ensoleillement excédentaire) fin mai et en juin 2017.

Le tableau ci-dessous résume les tendances et la situation de l'année 2017 vis-à-vis des normes réglementaires.

	Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible		Tendances
	Valeur limite	Valeur cible	Objectif de qualité	2007-2017
PM ₁₀	Dépassée		Dépassé	↘
PM _{2.5}	Respectée	Dépassement peu probable	Dépassé	↘
NO ₂	Dépassée		Dépassé	↘
O ₃		Respectée	Dépassé	→
Benzène	Respectée		Dépassé	↘

I. POLLUTION CHRONIQUE :

LA QUALITÉ DE L'AIR PAR POLLUANT EN 2017

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

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

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

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

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

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

La Figure 1 indique si, en 2017, les normes de qualité de l'air (valeur limite, valeur cible et objectif de qualité) sont respectées ou dépassées en Île-de-France pour les différents polluants réglementés.

Polluants en 2017	Valeur limite	Valeur cible	Objectif de qualité
PM ₁₀	Dépassée		Dépassé
PM _{2,5}	Respectée	Dépassement peu probable	Dépassé
NO ₂	Dépassée		Dépassé
NO _x (végétation)	Respectée		
O ₃		Respectée	Dépassé
Benzène	Respectée		Dépassé
CO	Respectée		
SO ₂	Respectée		Respecté
Benzo(a) pyrène		Respectée	
Plomb	Respectée		Respecté
Arsenic		Respectée	
Cadmium		Respectée	
Nickel		Respectée	

Figure 1 : situation des différents polluants réglementés par rapport aux normes de qualité de l'air en Île-de-France en 2017

Les définitions des seuils réglementaires (valeur limite, valeur cible, objectif de qualité), ainsi que le détail de l'ensemble des normes de qualité de l'air européennes et françaises applicables en 2017 sont présentés dans l'Annexe 1.

ÉVOLUTION GÉNÉRALE DES NIVEAUX DE POLLUTION EN ÎLE-DE-FRANCE DEPUIS PLUS DE VINGT-CINQ ANS

La Figure 2 reporte les tendances observées en Île-de-France depuis plus de vingt-cinq ans pour les concentrations des différents polluants réglementés.

Polluants	Tendance long terme (1990-2017)	Tendance période récente (2007-2017)	Évolution 2017/2016
PM ₁₀	nd	↘	↘
PM _{2,5}	nd	↘	↘
NO ₂	↘	↘	↘
O ₃	↗↗	→	↗
Benzène	↘↘	↘	→
Benzo(a)pyrène	↘	↘	→
Plomb	↘	→	↘
Arsenic	↘	↘	↘
Cadmium	↘	↘	↘
Nickel	↘	↘	→
CO	↘↘	↘	↘
SO ₂	↘↘	↘	→

↘↘ baisse forte ↘ baisse modérée → stable ↗ hausse modérée ↗↗ hausse forte nd non disponible

Figure 2 : tendances observées à long et court terme pour les concentrations des différents polluants réglementés en Île-de-France

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

Particules PM₁₀ et PM_{2.5}

Les particules sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et de différentes tailles. Une distinction est faite entre les particules PM₁₀ (de diamètre inférieur à 10 µm) et les PM_{2.5} (de diamètre inférieur à 2.5 µm). Les particules PM₁₀ sont majoritairement formées de particules PM_{2.5} : en moyenne annuelle, les PM_{2.5} représentent environ 60 à 70 % des PM₁₀.



Les sources de **particules** sont multiples.

Il existe d'une part des rejets directs dans l'atmosphère (particules primaires). Les sources majoritaires de particules primaires sont le secteur résidentiel et tertiaire (notamment le chauffage au bois), le trafic routier, les chantiers et carrières, ainsi que l'agriculture. Elles peuvent également être d'origine naturelle (érosion des sols).

La contribution du secteur résidentiel et tertiaire aux émissions de PM_{2.5} est plus importante que pour les PM₁₀. À l'inverse, la contribution de l'agriculture et des chantiers aux émissions de PM_{2.5} est plus faible. Cela s'explique par la nature des phénomènes prépondérants dans la formation des particules. Les particules primaires PM_{2.5} sont majoritairement formées par des phénomènes de combustion (secteurs résidentiel et tertiaire, trafic routier). Les activités mécaniques, telles que le secteur agricole (labours, moissons et phénomènes d'abrasion par les engins agricoles) et les chantiers favorisent la formation de particules de taille plus importante (PM₁₀) [Airparif, 2012].

Les sources de particules sont également indirectes : transformations chimiques de polluants gazeux (NO₂, SO₂, NH₃, COV,...) qui réagissent entre eux pour former des particules secondaires ou encore la remise en suspension des poussières déposées au sol.



Effets sur la santé :

Aux concentrations auxquelles sont exposées les 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 [OMS, 2011].

Les particules fines peuvent véhiculer des substances toxiques capables de passer la barrière air/sang au niveau des alvéoles pulmonaires [ORS, 2007].

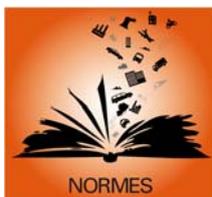
Des études récentes montrent sur le long terme des associations entre concentrations de particules et mortalité à des niveaux bien en dessous du seuil de recommandation annuel de l'OMS (fixé à 10 µg/m³ en PM_{2.5}) [OMS, 2013]. De plus, plusieurs études se sont intéressées à l'effet de seuil et à la relation dose-réponse aux PM_{2.5}. Les données indiquent clairement l'absence d'un seuil en dessous duquel personne ne serait affecté. Par ailleurs, les échappements des moteurs diesel sont classés cancérigènes certains pour l'homme par l'OMS depuis juin 2012, sur la base d'indications suffisantes prouvant qu'une telle exposition est associée à un risque accru de cancers du poumon. Les échappements des moteurs essence sont quant à eux classés cancérigènes possibles pour l'homme [OMS/IARC, 2013].



Effets sur l'environnement :

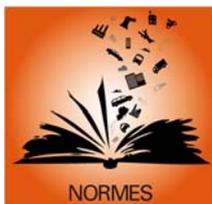
Les effets de salissure et de dégradation des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes.

Les particules ont un impact direct sur le climat par absorption/diffusion du rayonnement solaire et un effet indirect par leur rôle dans la formation des nuages.



Particules PM₁₀

Valeur limite annuelle	Protection de la santé humaine	40 µg/m ³ en moyenne annuelle civile
Valeur limite journalière	Protection de la santé humaine	50 µg/m ³ en moyenne jour, à ne pas dépasser plus de 35 fois par an
Objectif de qualité	Protection de la santé humaine	30 µg/m ³ en moyenne annuelle civile



Particules PM_{2.5}

Valeur limite annuelle	Protection de la santé humaine	25 µg/m ³ en moyenne annuelle civile
Valeur cible européenne		
Valeur cible française	Protection de la santé humaine	20 µg/m ³ en moyenne annuelle civile
Objectif de qualité	Protection de la santé humaine	10 µg/m ³ en moyenne annuelle civile



2017

1999-2017	2007-2017
↘	↘

PM ₁₀	Normes à respecter		Norme à respecter dans la mesure du possible
	Valeur limite annuelle	Valeur limite journalière	Objectif de qualité
	Dépassée	Dépassée	Dépassé

PM _{2.5}	Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible	
	Valeur limite annuelle	Valeur cible	Objectif de qualité
	Respectée	Dépassement peu probable	Dépassé

Au-delà de l'évolution des émissions, l'impact des conditions météorologiques d'une année à l'autre est très marqué sur les particules (PM₁₀ et PM_{2.5}) en raison de l'importance de la chimie atmosphérique et des phénomènes de transferts inter-régionaux pour ces polluants. En s'affranchissant des fluctuations météorologiques interannuelles, les teneurs en particules montrent une tendance à la baisse en Île-de-France entre 1999 et 2017. Après une période de stabilité, les niveaux de 2017 confirment la baisse enregistrée depuis 2012.

En moyenne, les niveaux sur l'année sont en légère baisse par rapport à 2016. En comparaison à l'année précédente, le nombre de jours de dépassement du seuil de 50 µg/m³ pour les PM₁₀ est sensiblement plus faible, tant en situation de fond qu'à proximité du trafic. L'année 2017 a connu des conditions météorologiques globalement favorables à une bonne qualité de l'air.

PARTICULES PM₁₀

SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÈGLEMENTATION

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

La Figure 3 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 2017.

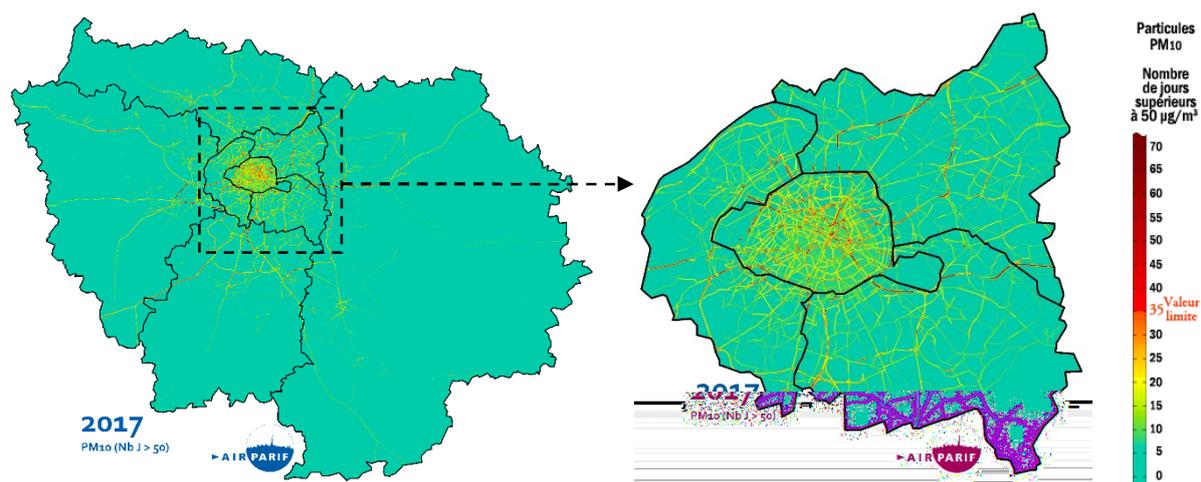


Figure 3 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ en particules PM₁₀ en Île-de-France, avec un zoom sur Paris et la petite couronne parisienne pour l'année 2017

Au même titre que les années précédentes, **la valeur limite journalière est largement respectée en situation de fond en 2017**. Le nombre de jours de dépassement est beaucoup moins important qu'en 2016 : il est entre 1,5 et 3 fois inférieur à celui enregistré en 2016. Les conditions météorologiques survenues au cours de l'année 2017 ont été globalement favorables à une bonne qualité de l'air. Un maximum de 7 jours de dépassement de la valeur limite journalière pour les PM₁₀ a été relevé sur la station de fond urbain de Tremblay-en-France (Figure 4).

En dépit d'une amélioration entre 2016 et 2017, la valeur limite journalière est encore dépassée à proximité du trafic routier. Ce dépassement est ainsi constaté en 2017 sur environ 1 % des axes routiers franciliens, soit environ 90 km de voirie (Cf. Annexe 2). En 2017, 39 et 80 jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ (pour 35 dépassements autorisés) sont observés sur deux des neuf stations trafic franciliennes (BP Auteuil et Autoroute A1 Saint-Denis, respectivement). Sur la station qui présente les concentrations les plus élevées (Autoroute A1), le seuil est ainsi dépassé plus d'un jour sur cinq (Figure 4). En 2017, **le nombre de dépassements a fortement diminué sur l'ensemble des stations trafic** (à l'exception de BP Auteuil et Autoroute A1) au regard de la situation en 2016, notamment en raison de conditions très dispersives à la fin de l'année, contrairement à décembre 2016 qui avait connu un épisode majeur de pollution particulaire.

■ stations trafic ■ stations urbaines (U) et périurbaines (P) ■ stations rurales régionales

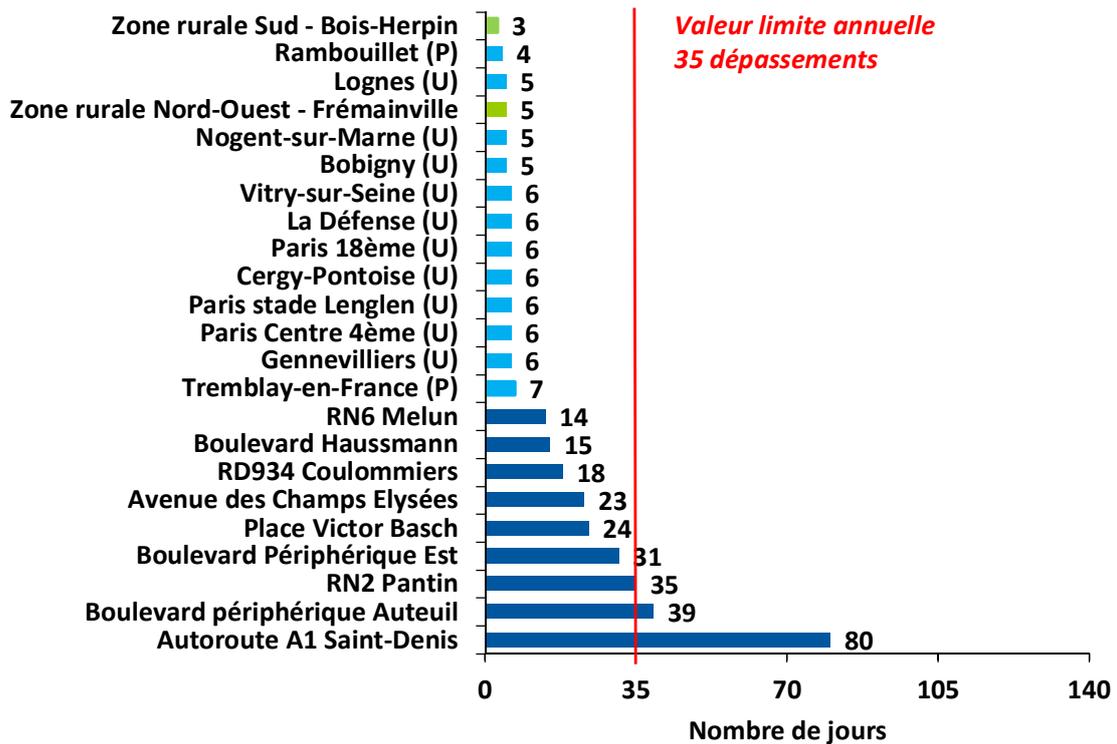


Figure 4 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ en particules PM₁₀ en Île-de-France en 2017

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 2017. Les courbes présentées correspondent à l'année la plus polluée et à celle la moins polluée. **Les variations interannuelles, parfois importantes, s'expliquent principalement par l'évolution des niveaux de fond, très dépendants du contexte météorologique.**

La Figure 5 illustre ainsi le pourcentage de la population francilienne exposée selon le nombre de jours où la moyenne journalière en PM₁₀ est supérieure à 50 µg/m³ pour les années 2007 (exposition maximale¹) et 2017 (exposition minimale² et année courante).

En 2017, le nombre d'habitants potentiellement exposés à un dépassement de la valeur limite journalière (35 jours supérieurs à 50 µg/m³ autorisés) est le plus faible de tout l'historique 2007-2017. L'année 2007 est l'année où l'exposition des Franciliens a été la plus importante. La totalité des Franciliens était alors soumis à 17 jours de dépassement contre 9 % en 2017.

¹ Les années minimales et maximales sont déterminées en calculant l'aire sous les courbes.

² Exposition des personnes qui respireraient en permanence l'air extérieur au niveau de leur domicile.

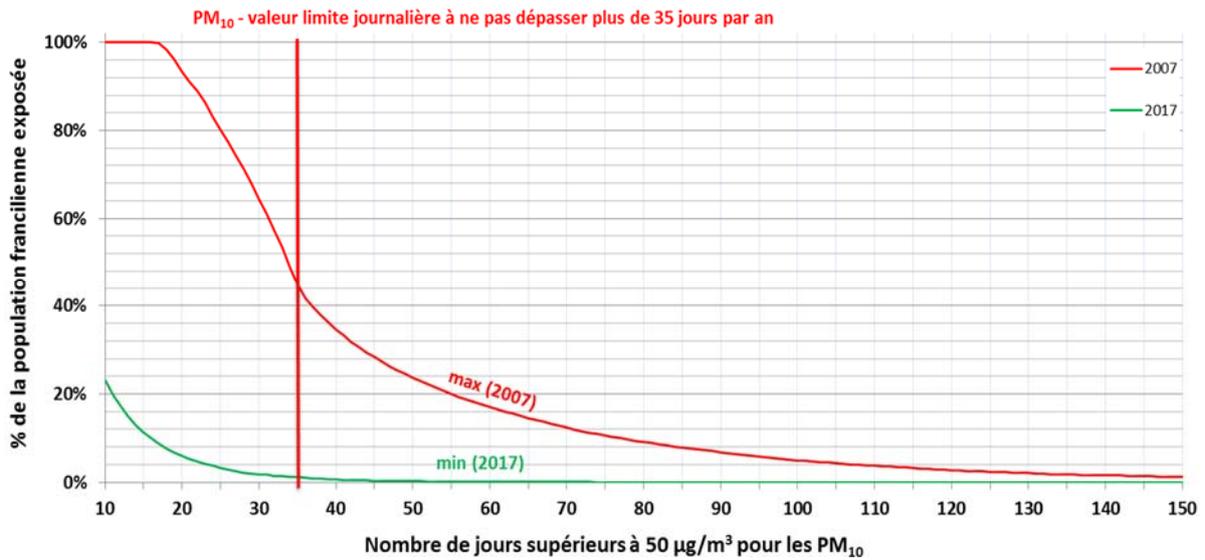


Figure 5 : pourcentage de la population francilienne exposée selon le nombre de jours où la moyenne journalière en PM₁₀ est supérieure à 50 µg/m³ pour les années 2007 (exposition maximale) et 2017 (exposition minimale et année courante)

En 2017, plus de 100 000 personnes sont potentiellement exposées à un dépassement³ de la valeur limite journalière (soit environ 1 % de la population francilienne) contre plus de 40 % en 2007 (Figure 6).

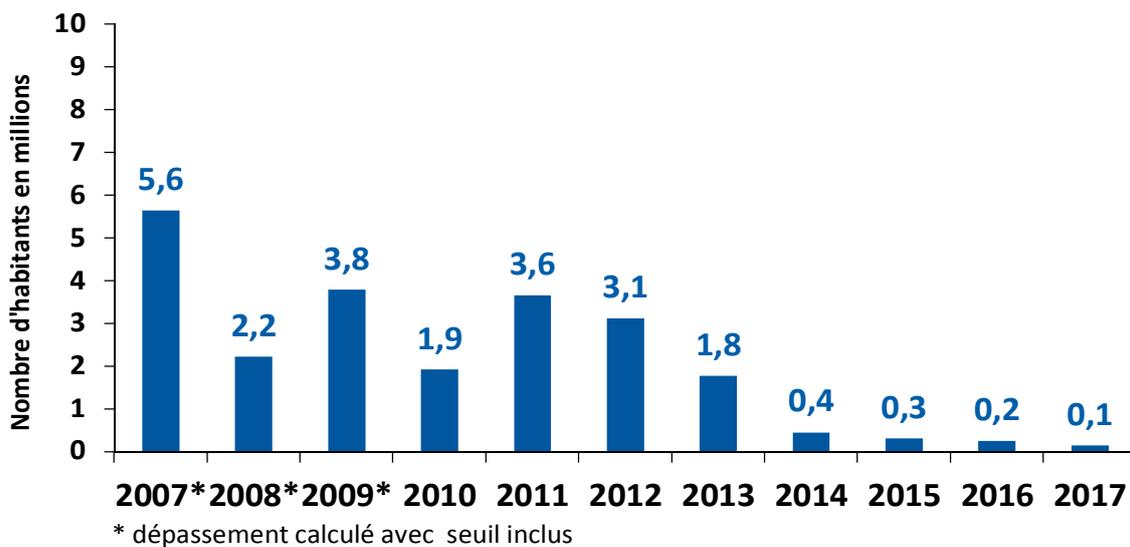


Figure 6 : évolution du nombre d'habitants potentiellement concernés par un dépassement de la valeur limite journalière en particules PM₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017

La superficie et le nombre de kilomètres de voies exposées à un dépassement des valeurs réglementaires sont présentés en Annexe 2.

³ Exposition des personnes qui respireraient en permanence l'air extérieur au niveau de leur domicile.

Valeur limite annuelle (40 µg/m³ en moyenne)

Les cartes de la Figure 7 illustrent les concentrations moyennes annuelles en particules PM₁₀ en 2017 en Île-de-France, ainsi qu'un zoom sur la petite couronne parisienne.

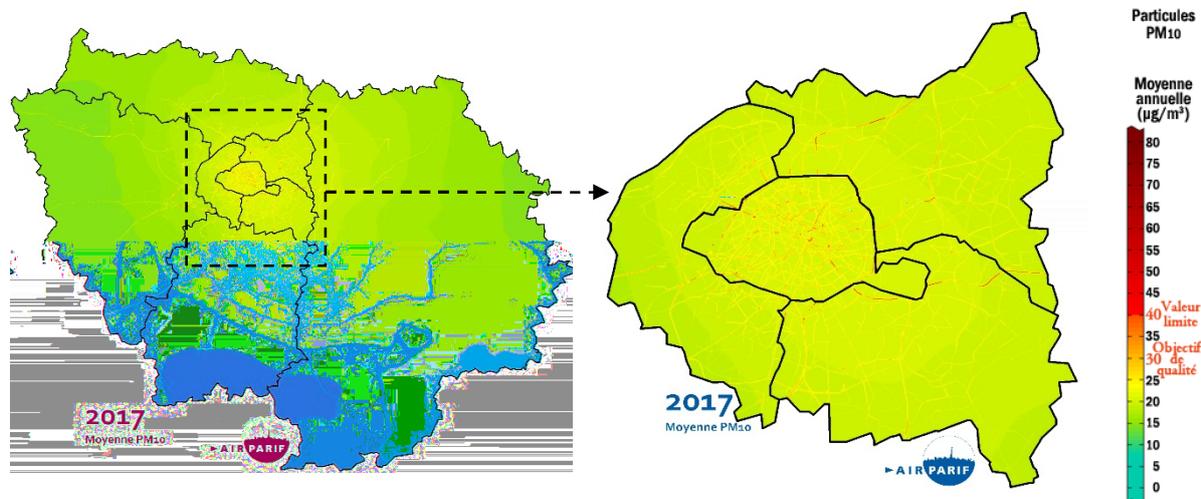


Figure 7 : concentrations moyennes annuelles de particules PM₁₀ en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne en 2017

À l'image des années 2015 et 2016, **les niveaux de fond en PM₁₀ enregistrés au sein de la zone sensible francilienne restent globalement homogènes en 2017** (entre 19 et 21 µg/m³). Une **légère décroissance** entre le cœur dense de l'agglomération et la périphérie de l'Île-de-France est observée. Les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ mesurées en zone rurale sont comprises entre 13 et 15 µg/m³. D'une manière générale, **les niveaux moyens annuels en fond enregistrés en 2017 sont légèrement plus faibles par rapport à l'année 2016**.

La Figure 8 présente la concentration moyenne annuelle de particules PM₁₀ relevée sur l'ensemble des stations de mesure réparties en Île-de-France en 2017. **Les valeurs réglementaires pour les PM₁₀ (valeur limite annuelle et objectif de qualité) sont largement respectées en situation de fond urbain et rural.**

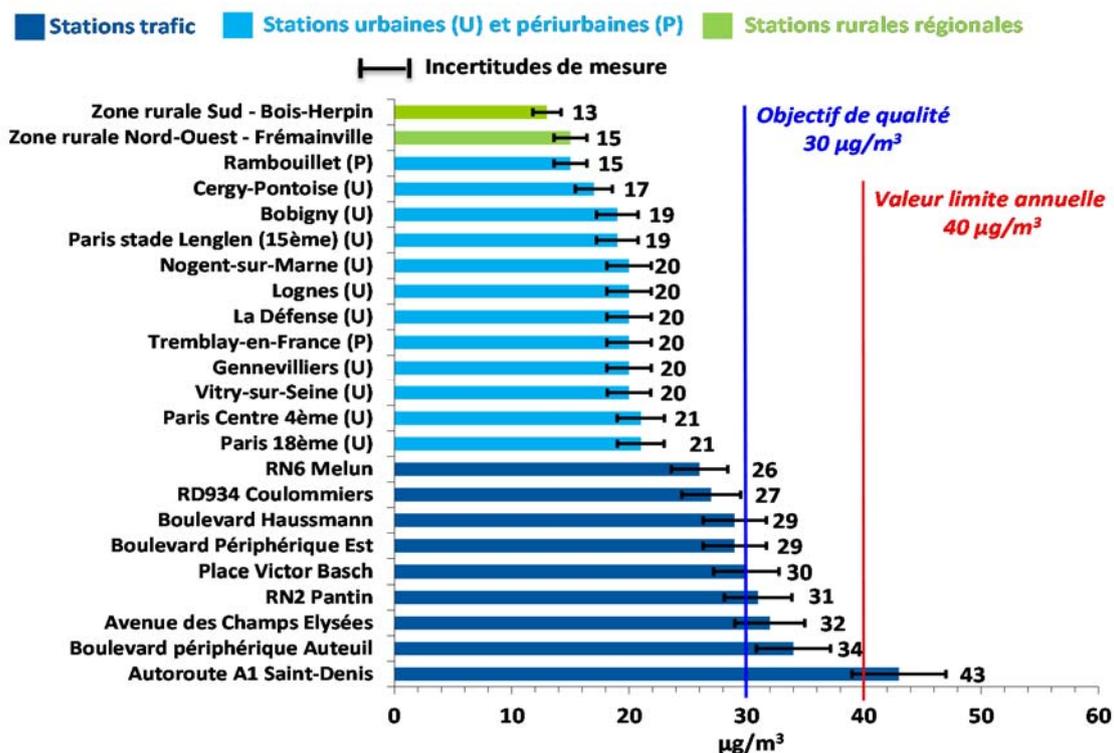


Figure 8 : concentrations moyennes annuelles de particules PM₁₀ en Île-de-France en 2017

Comme chaque année, les concentrations moyennes les plus élevées sont relevées au voisinage des principaux axes routiers régionaux et des axes parisiens. Les niveaux peuvent y être jusqu'à deux fois supérieurs à ceux relevés en situation de fond (de 26 à 43 µg/m³). Les niveaux de PM₁₀ en situation de proximité au trafic ont toutefois connu une légère baisse entre 2016 et 2017 (à l'exception des deux stations Boulevard Haussmann et Autoroute A1-St Denis, qui sont stables).

En 2017, l'objectif de qualité est dépassé sur la moitié des sites trafic du réseau d'Airparif.

Comme en 2015 et 2016, une seule station dépasse encore la valeur limite annuelle (40 µg/m³) en 2017 : la station trafic Autoroute A1 Saint-Denis, avec 43 µg/m³ (Figure 8). Cette valeur limite annuelle est respectée sur toutes les autres stations de mesure.

La Figure 9 illustre le pourcentage de la population francilienne exposée en fonction de la concentration annuelle en particules PM₁₀ en 2007 (exposition maximale sur la période de 2007-2017⁴) et en 2017 (exposition minimale⁴ et année courante).

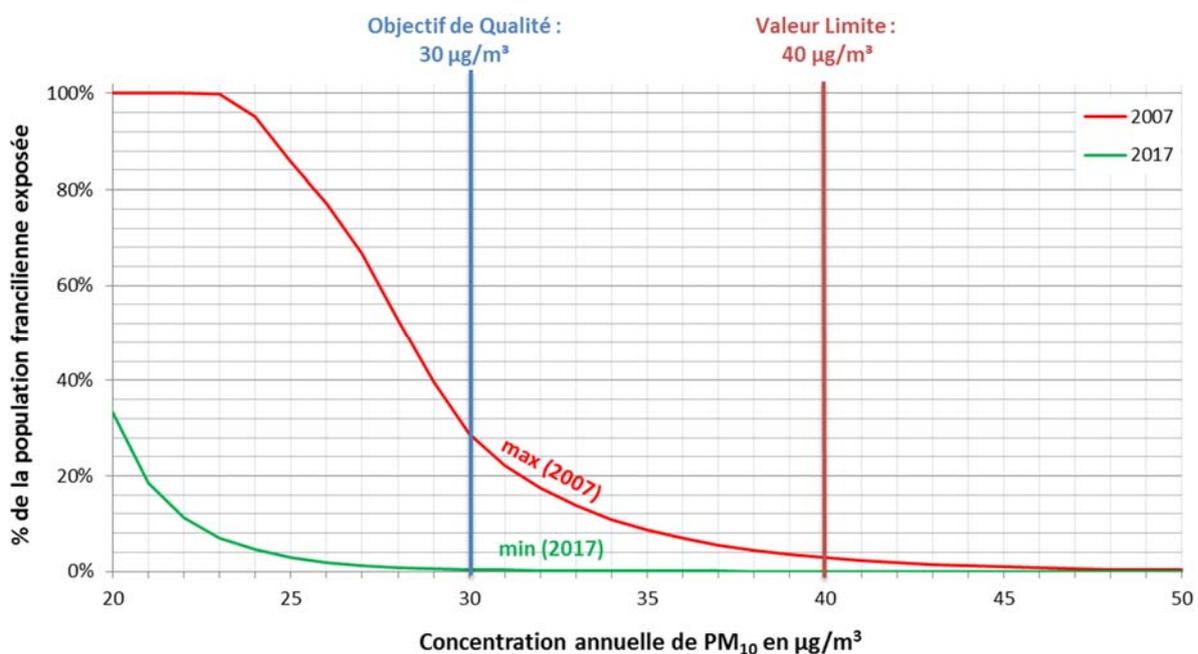


Figure 9 : pourcentage de la population francilienne potentiellement exposée selon les concentrations annuelles de particules PM₁₀ pour les années 2007 (exposition maximale) et 2017 (exposition minimale et année courante)

Au-delà de l'évolution de l'exposition à des niveaux dépassant les valeurs réglementaires, les différences d'exposition sont sensiblement marquées pour les teneurs plus faibles. En effet, 86 % des Franciliens étaient soumis à des teneurs annuelles de PM₁₀ supérieures à 24 µg/m³ en 2007. Ce niveau d'exposition concerne encore 3 % des Franciliens en 2017.

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. Ces différences d'exposition représentent donc un enjeu important en termes de santé publique.

⁴ Les années minimales et maximales sont déterminées en calculant l'aire sous les courbes.

En 2017, moins d'1 % de la population francilienne (soit environ 50 000 habitants), est potentiellement exposée⁵ à un air excédant l'objectif de qualité annuel pour les particules PM₁₀ (Figure 10). Cette valeur est plus faible qu'en 2016. En 2007, près de 30 % de la population francilienne était concernée par ce dépassement.

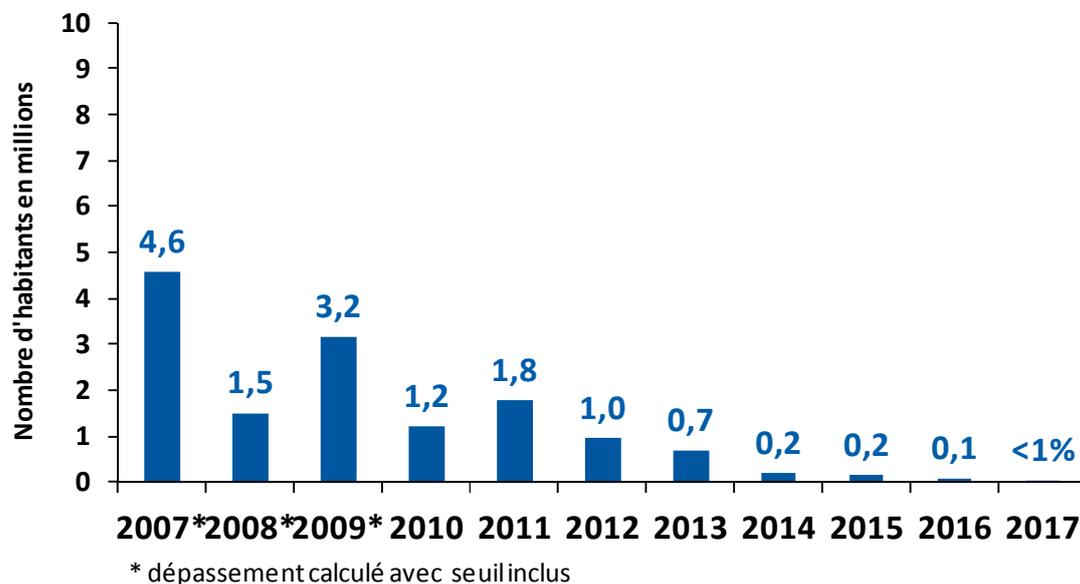


Figure 10 : évolution du nombre d'habitants potentiellement concernés par un dépassement de l'objectif de qualité annuel en particules PM₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017

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 2017. Compte-tenu des incertitudes de la méthode d'estimation employée, les chiffres ne sont pas significatifs.

ÉVOLUTION PLURI-ANNUELLE

Au-delà de la quantité de polluants émis dans l'atmosphère, les teneurs en particules PM₁₀ d'une année sur l'autre sont très impactées par le contexte météorologique. Les années 2008, 2010 et 2015 ont connu une météorologie globalement favorable à une bonne qualité de l'air, n'ayant ainsi pas entraîné d'épisodes intenses de particules. À l'inverse, en 2007, 2009 et de 2011 à 2013, des situations particulièrement défavorables, couplées à des émissions accrues de particules (notamment dues au chauffage au bois pendant les épisodes hivernaux) ont conduit à de forts niveaux en hiver et au printemps. Comme les quatre années précédentes, **l'année 2017 a globalement connu des conditions météorologiques favorables à la qualité de l'air, ponctuée notamment par quelques contrastes**. Janvier 2017 (mois confronté à plusieurs épisodes de pluies verglaçantes, de la neige et deux vagues de froid entrecoupées par une tempête⁶) a été marqué par 5 jours de dépassement du seuil d'information (50 µg/m³ en moyenne journalière) et d'alerte (80 µg/m³) pour les PM₁₀. Les conditions anticycloniques (absence de vent, inversion de température marquée et très basse) puissantes et durables qui ont régné sur la région pendant une semaine ont été propices à une augmentation importante des concentrations en PM₁₀ issues du chauffage résidentiel (principalement le chauffage au bois) et du transport routier. Cet impact est particulièrement important sur les teneurs journalières. Ces différences se reflètent sur les cartes du nombre de jours de dépassement du seuil de 50 µg/m³ de 2007 à 2017 en Île-de-France (Figure 11).

⁵ Exposition des personnes qui respireraient en permanence l'air extérieur de leur domicile.

⁶ Bulletin climatique Météo-France, région Île-de-France, Janvier 2017.

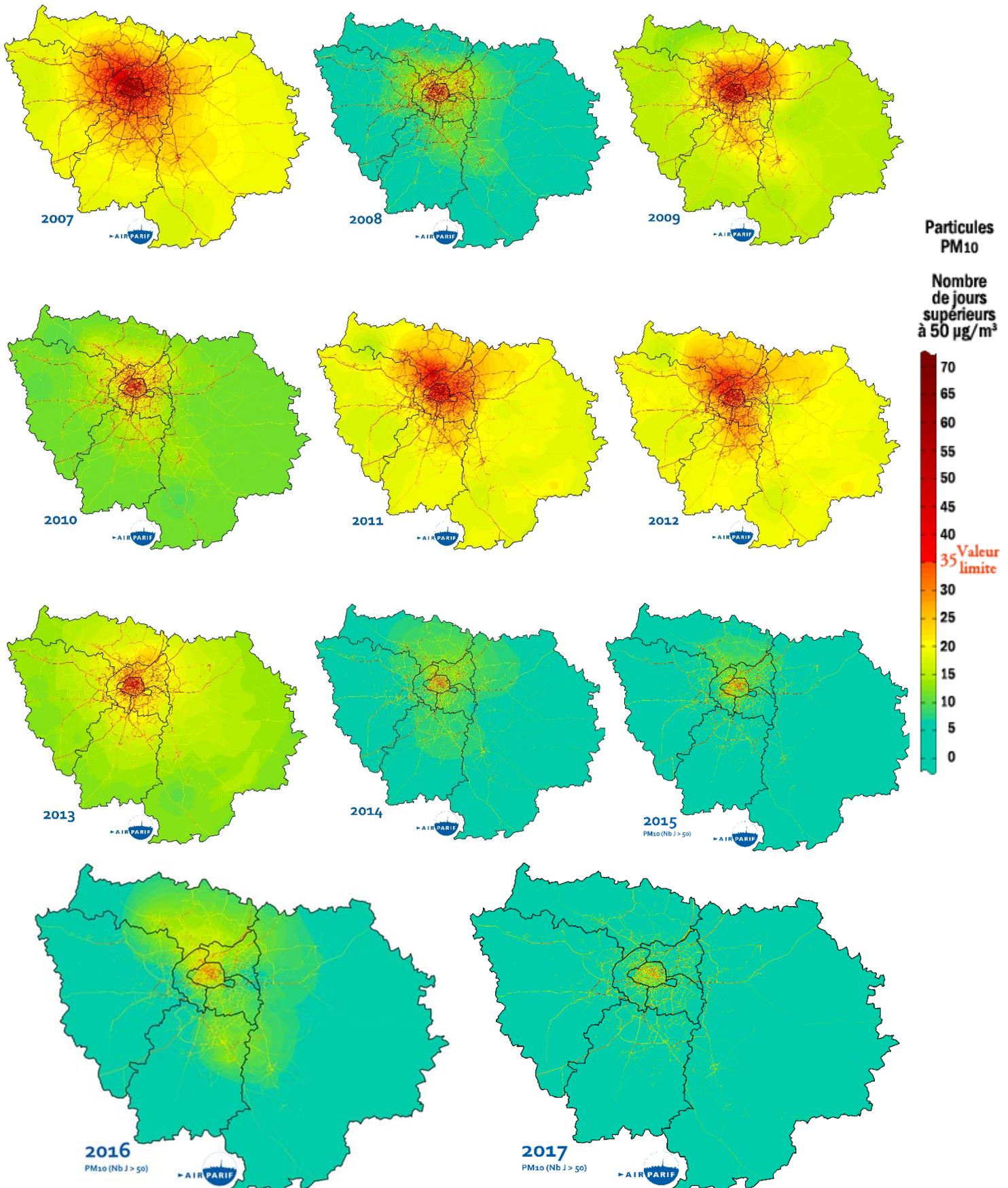


Figure 11 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ en particules PM₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017

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

ÉVOLUTION EN MOYENNE ANNUELLE

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 12). **Entre 1999-2001 et 2015-2017, ces niveaux ont ainsi baissé d'environ -30 %**. Cette décroissance des niveaux en zone urbaine est à mettre en relation avec la baisse des émissions franciliennes de particules primaires, de près de -50 % entre 2000 et 2012. **En situation de fond, cette baisse est plus marquée sur les 3 dernières années. Ce constat s'observe également en zone hors agglomération.**

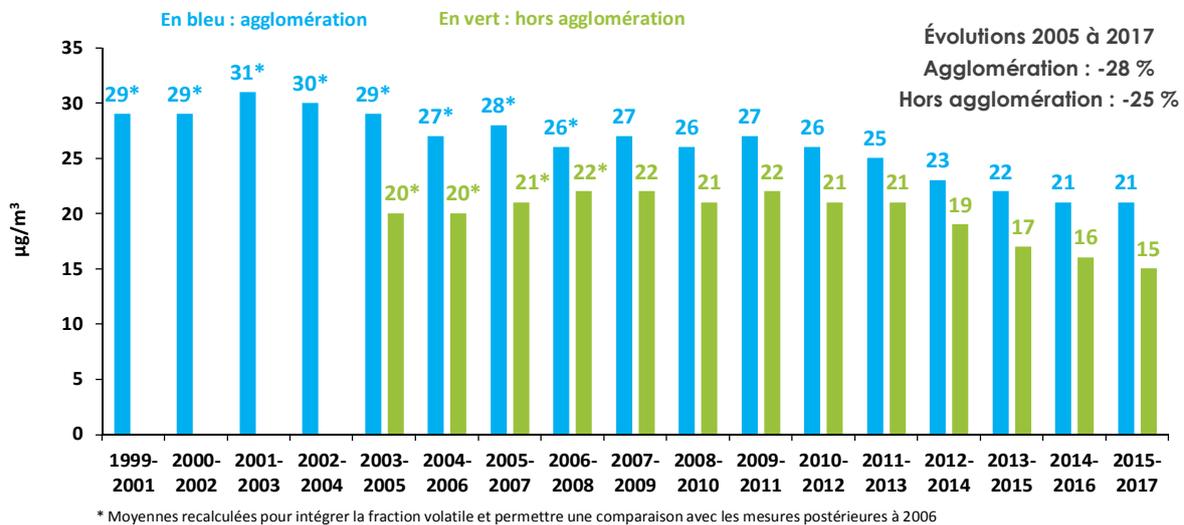


Figure 12 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, des concentrations moyennes sur 3 ans en particules PM₁₀ de 1999-2001 à 2015-2017 dans l'agglomération parisienne (en bleu) et hors agglomération (en vert)

La station trafic du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil dispose de mesures de PM₁₀ depuis 1998 et Place Victor Basch depuis 2003. La Figure 13 montre **une baisse des niveaux de PM₁₀** sur ces deux **stations de proximité au trafic routier**, de l'ordre de -37 % à Place Victor Basch et -28 % à la Porte d'Auteuil entre 2005 et 2017. Sur cette dernière, la baisse est de l'ordre de -35 % entre 1998-2000 et 2015-2017. Cette tendance peut s'expliquer par une diminution plus importante des émissions de particules primaires issues du trafic routier (d'environ -55 % entre 2000 et 2012), notamment liée à **l'introduction progressive des filtres à particules sur les véhicules diesel**.

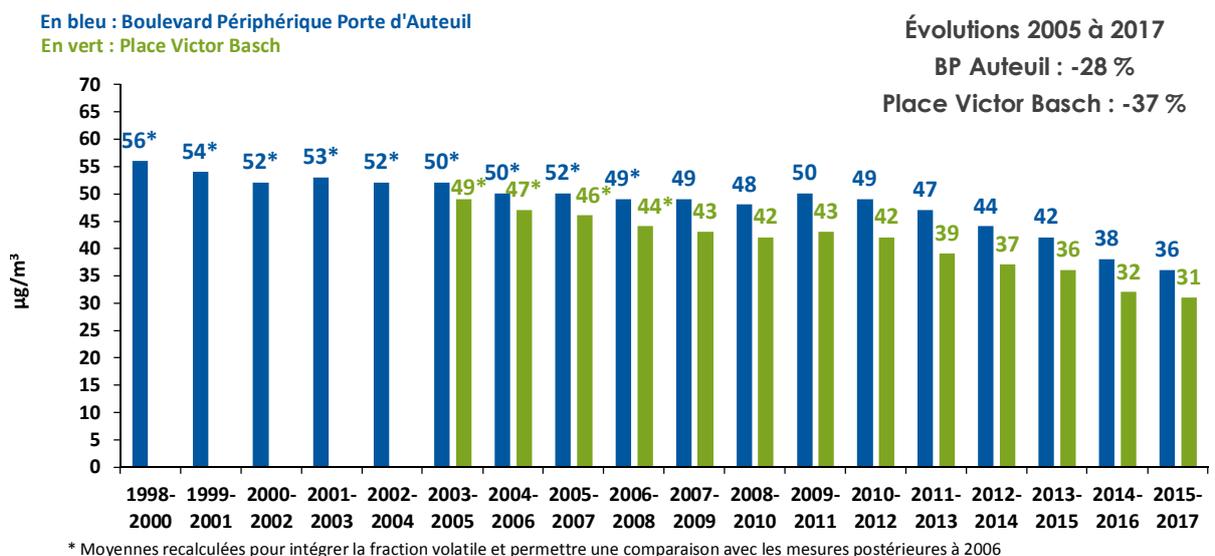


Figure 13 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM₁₀ sur 2 stations trafic à Paris de 1998-2000 à 2015-2017

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 14 indique les plus fortes concentrations en particules PM₁₀ référencées dans l'historique de mesures depuis 2007.

Historique 2007-2017	Fond		Proximité trafic	
	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	30	Paris 1 ^{er} Les Halles, Paris 18 ^{ème} , Gennevilliers, La Défense, 2007 ; Bobigny, 2009	62	Boulevard Périphérique Auteuil, 1997
Concentration horaire maximale	287*	Zone rurale Sud - Bois Herpin, le 27 septembre 2013 à 17h légales	660**	Boulevard Périphérique Auteuil, le 7 septembre 2013 à 24h légales
Concentration journalière la plus forte	157	Nogent-sur-Marne, le 23 décembre 2007 ; Cergy-Pontoise, le 11 janvier 2009	191	Boulevard Périphérique Auteuil, le 11 janvier 2007
	Valeur (jours)	Où et quand ?	Valeur (jours)	Où et quand ?
Nombre de jours de dépassement de 50 µg/m ³ le plus fort	39	La Défense, 2007	236	Autoroute A1 Saint-Denis, 2009

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

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

Figure 14 : records annuels pour les particules PM₁₀ en Île-de-France sur l'historique 2007-2017

PARTICULES PM_{2.5}

SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÈGLEMENTATION

Les cartes de la Figure 15 illustrent les concentrations moyennes annuelles en particules fines PM_{2.5} en 2017 en Île-de-France, ainsi qu'un zoom sur la petite couronne.

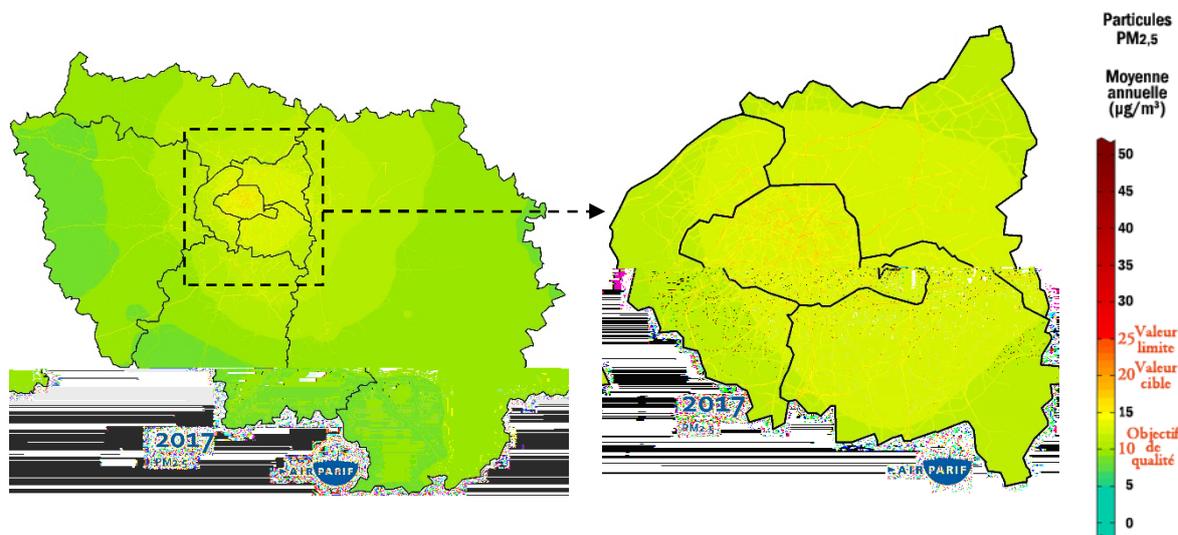


Figure 15 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM_{2.5} en 2017 en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne

À l'image des années 2015 et 2016, **une faible différence des teneurs en particules PM_{2.5} apparaît entre l'agglomération parisienne et la zone rurale** en 2017. En effet, les concentrations moyennes annuelles de particules fines sont comprises entre 7 et 10 µg/m³ en milieu rural et entre 8 et 14 µg/m³ sur les sites urbains de fond du cœur de l'agglomération (Figure 16).

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 mesurées sont comprises entre 13 et 20 µg/m³ (en moyenne annuelle).

Tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier, les concentrations moyennes annuelles en PM_{2.5} relevées en 2017 sont légèrement inférieures à celles mesurées en 2016.

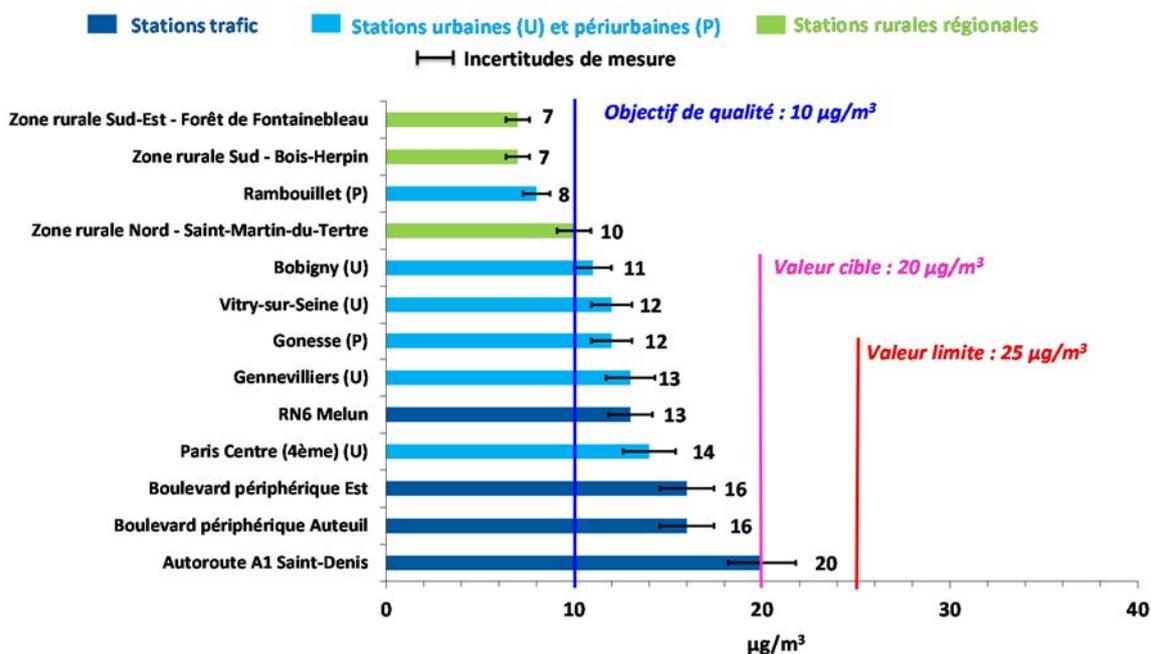


Figure 16 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM_{2.5} en Île-de-France en 2017

En 2017, l'objectif de qualité français (fixé à 10 µg/m³) est dépassé sur près d'un quart de la région Île-de-France. Ce dépassement est majoritairement constaté dans la zone sensible francilienne⁷ et le long de certaines voies de circulation. En situation de fond, les teneurs moyennes en PM_{2.5} sont 1,1 à 1,4 fois supérieures à ce seuil et jusqu'à 1,6 fois supérieures en situation de proximité au trafic routier.

En 2017, aucune station de mesure d'Airparif ne dépasse la valeur cible (fixée à 20 µg/m³) pour les particules PM_{2.5}. Sur la station trafic mesurant habituellement les plus fortes concentrations (Autoroute A1-Saint Denis), la moyenne annuelle en PM_{2.5} atteint cette valeur. **Le dépassement de la valeur cible en particules PM_{2.5} est considéré comme peu probable sur l'ensemble de la région Île-de-France.**

Pour la quatrième année consécutive, la **valeur limite annuelle en PM_{2.5}** (25 µg/m³ en moyenne annuelle) **est respectée sur toutes les stations du réseau de mesure** dont dispose Airparif.

La Figure 17 représente le pourcentage de la population francilienne potentiellement exposée en fonction des concentrations annuelles de particules PM_{2.5} pour les années 2007 (exposition maximale sur la période 2007-2017⁸) et 2017 (exposition minimale⁶ et année courante).

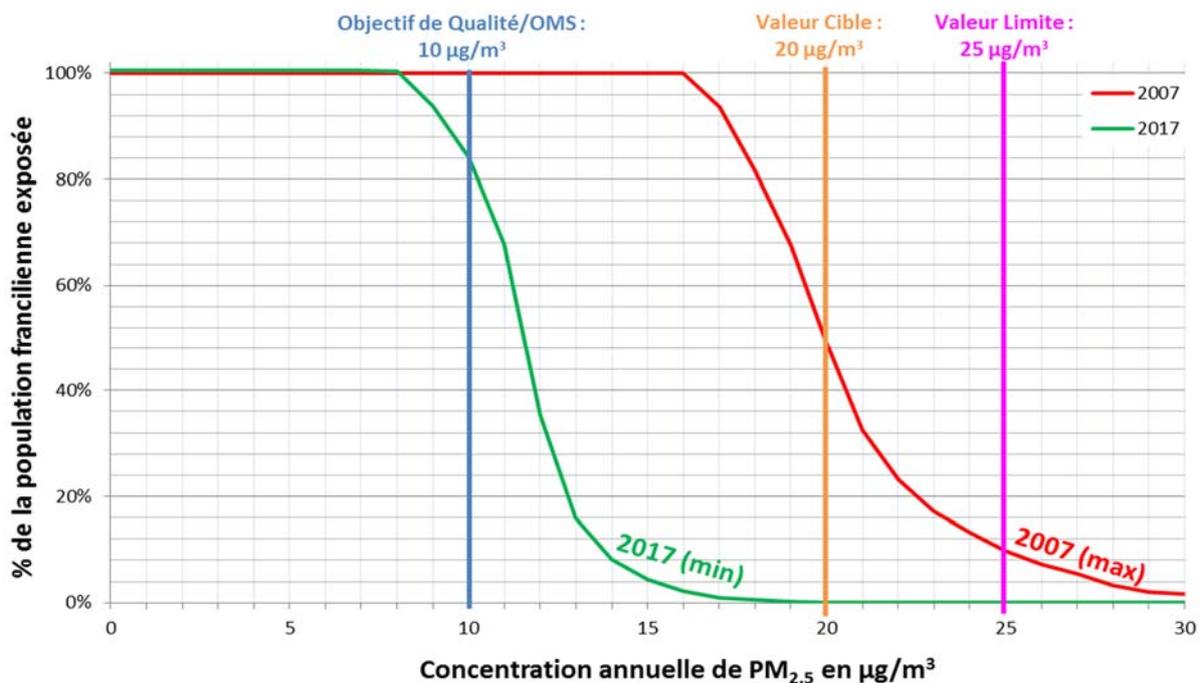


Figure 17 : pourcentage de la population francilienne potentiellement exposée selon les concentrations annuelles de particules PM_{2.5} pour les années 2007 (exposition maximale) et 2017 (année minimale et année courante)

La plus forte évolution de l'exposition des Franciliens entre 2007 et 2017 concerne les teneurs moyennes annuelles de PM_{2.5} au-delà de 16 µg/m³. Bien que 100 % des Franciliens aient été soumis à au moins 16 µg/m³ de PM_{2.5} en 2007, 2 % d'entre eux sont encore exposés à un tel niveau en 2017.

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**. Ces différences d'exposition représentent un **enjeu important en termes de santé publique**.

⁷ 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 3](#).

⁸ Les années minimales et maximales sont déterminées en calculant l'aire sous les courbes.

En 2017, environ 10 millions d'habitants (soit près de 85 % des Franciliens) sont potentiellement concernés par un dépassement de l'objectif de qualité annuel (fixé par l'OMS à 10 µg/m³).

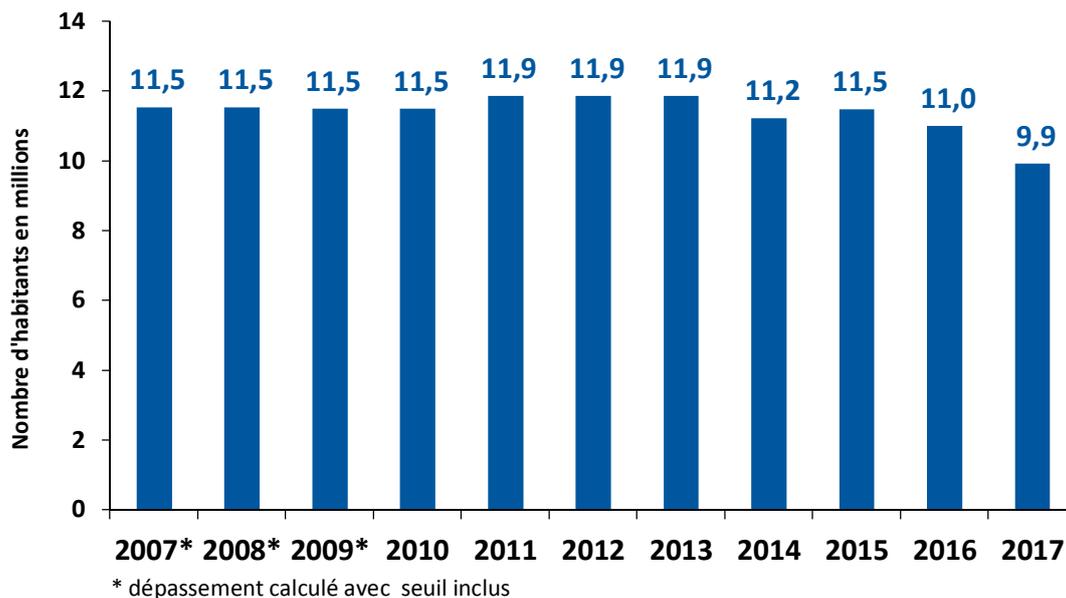


Figure 18 : évolution du nombre d'habitants potentiellement concernés par un dépassement de l'objectif de qualité annuel (10 µg/m³) en particules PM_{2.5} en Île-de-France de 2007 à 2017

Le nombre d'habitants concernés par un dépassement de **la valeur limite et de la valeur cible annuelles en PM_{2.5} (25 µg/m³) est très faible** pour l'année 2017. Compte-tenu des incertitudes de la méthode d'estimation employée, ces chiffres ne sont pas significatifs.

ÉVOLUTION PLURI-ANNUELLE

Au même titre que pour les PM₁₀, **les particules fines PM_{2.5} montrent une tendance globale à la baisse entre 2007 et 2017**, comme l'illustrent les cartes de la Figure 19.

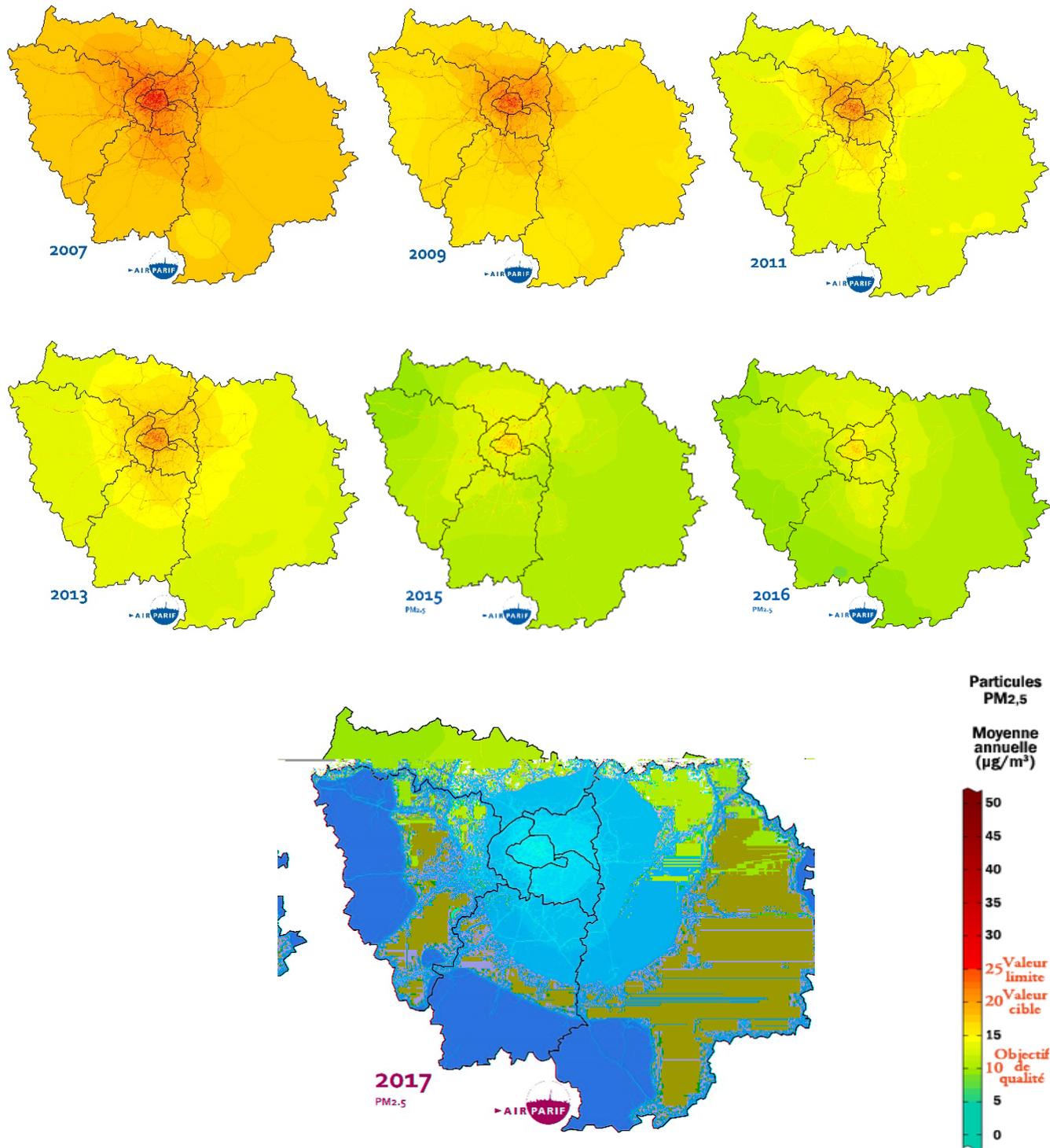


Figure 19 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM_{2.5} de 2007 à 2017 en Île-de-France

Entre 2000-2002 et 2015-2017, les niveaux de PM_{2.5} moyennés sur 3 années montrent **une baisse de l'ordre de -40 %** en situation de fond (Figure 20).

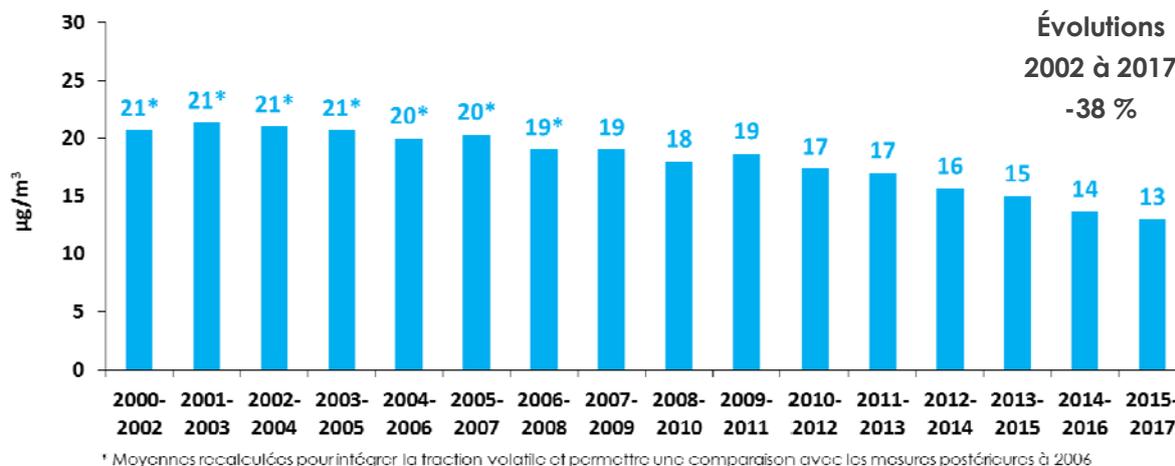


Figure 20 : évolution, sur un échantillon évolutif de stations urbaines de fond, des concentrations moyennes sur 3 ans en particules PM_{2.5} dans l'agglomération parisienne de 2000-2002 à 2015-2017

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 -55 % est ainsi relevée entre 1999-2001 et 2015-2017. Comme pour les PM₁₀, cette décroissance s'explique par la **diminution des particules primaires émises à l'échappement des véhicules diesel** (environ -60 % entre 2000 et 2012). **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.

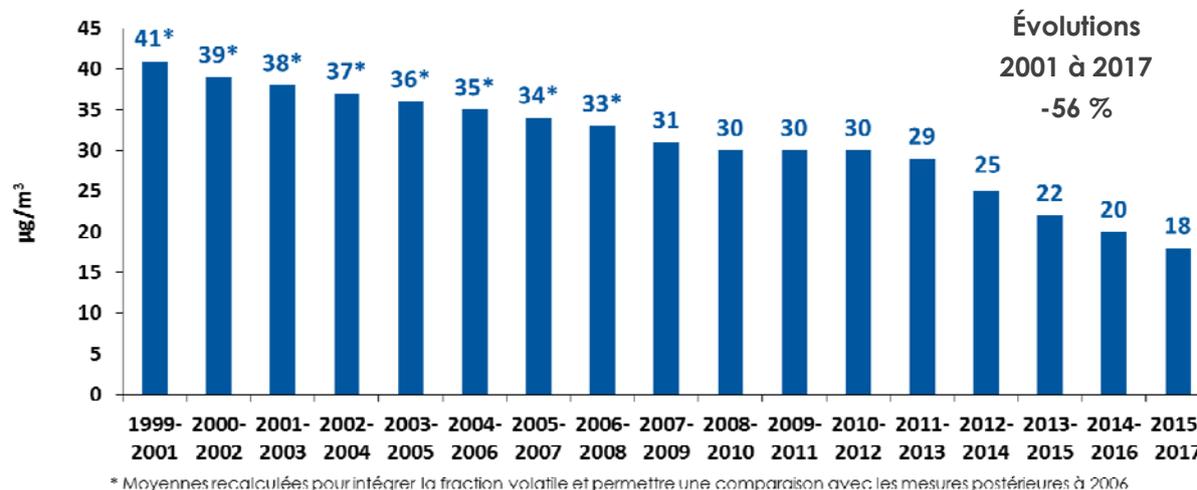


Figure 21 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM_{2.5} sur la station du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil de 1999-2001 à 2015-2017

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 22 indique les plus fortes concentrations en particules fines PM_{2.5} enregistrées dans l'historique de mesures depuis 2007.

Historique 2007-2017	Fond		Proximité trafic	
	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	22	Bobigny, 2007	33	Boulevard Périphérique Auteuil, 2007 ; Autoroute A1 Saint-Denis, 2011
Concentration horaire maximale	245*	Zone rurale Sud - Bois-Herpin le 27 septembre 2013 à 17h légales	503**	Boulevard Périphérique Auteuil, le 7 septembre 2013 à 24h légales
Concentration journalière la plus forte	135	Bobigny, le 23 décembre 2007	134	Boulevard Périphérique Auteuil, le 23 décembre 2007

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

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

Figure 22 : records annuels pour les particules PM_{2.5} en Île-de-France sur l'historique 2007-2017

MESURE DU CARBONE SUIE

LA MESURE HISTORIQUE : LA MÉTHODE DES FUMÉES NOIRES

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

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

Entre la fin des années 1950 et le milieu des années 1990, les niveaux moyens de fumées noires ont quasiment été divisés par 20 à Paris (Figure 23). Cette très forte diminution est due à la **baisse importante des émissions des suies issues de la combustion du charbon** (combustible alors largement utilisé en Île-de-France pour la production d'électricité et le chauffage) **et à l'amélioration des procédés de combustion et de traitement des échappements automobiles** (mise en place de pots catalytiques dès 1993). Les teneurs de 2009 à 2017 sont les plus faibles de l'historique.

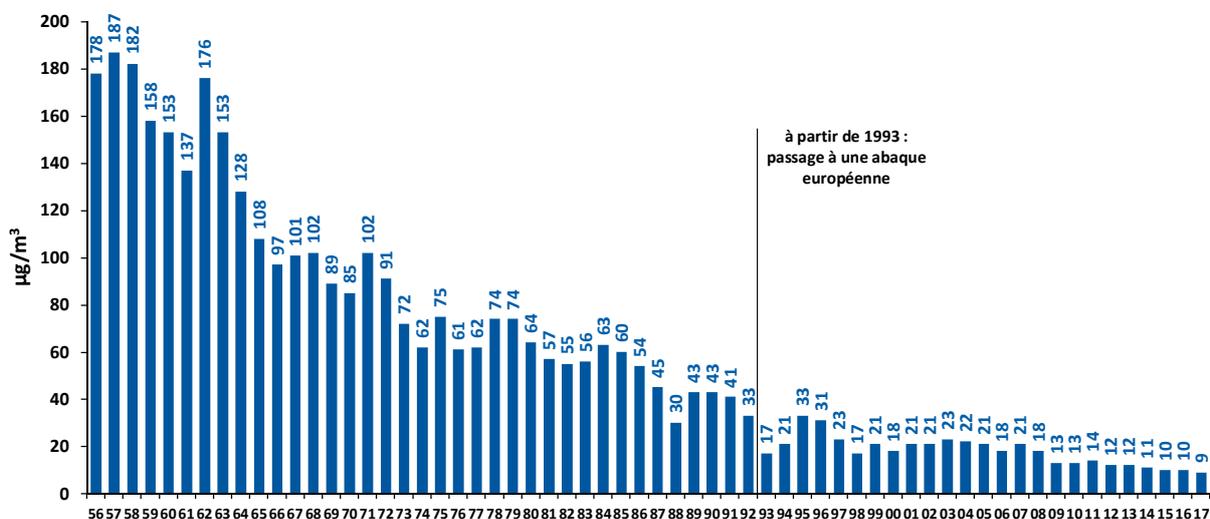


Figure 23 : évolution des concentrations hivernales de fumées noires dans l'agglomération parisienne de 1956-1957 à 2016-2017

MESURE DU CARBONE SUIE PAR AETHALOMÈTRE

En 2017, la mesure du carbone suie (ou *Black Carbon*, BC) est réalisée à l'aide d'appareils de type « aéthalomètre » sur 5 sites de mesure : trois sites trafic (Autoroute A1 Saint-Denis, Boulevard Périphérique Est et Boulevard Haussmann) et deux sites urbains de fond (Paris 13^{ème}, Gennevilliers).

Il existe un **gradient très important** entre les concentrations moyennes de carbone suie mesurées en site de fond urbain et en site trafic (Figure 24). De l'ordre de 2 µg/m³ en zone urbaine de fond, elles peuvent atteindre jusqu'à 11,5 µg/m³ sur le site trafic le plus chargé en particules (Autoroute A1 Saint-Denis). **Par rapport à l'année 2016, les niveaux de carbone suie enregistrés en 2017 sont en légère baisse sur l'ensemble des stations de mesure** (à l'exception de Gennevilliers qui est stable).

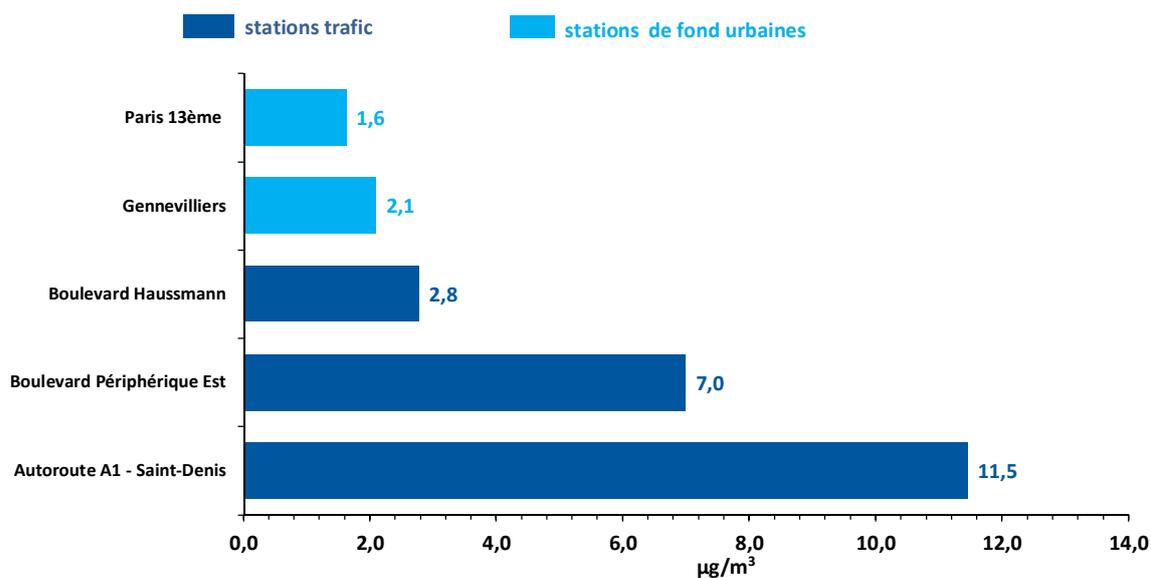


Figure 24 : concentrations moyennes annuelles en carbone suie en Île-de-France en 2017

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

En situation de fond, la contribution moyenne annuelle de carbone suie issu du fioul fossile est de l'ordre de 90 %, les 10 % restants étant attribuable à la combustion de la biomasse (Figure 25). La proportion moyenne de la combustion de biomasse au carbone suie (essentiellement liée au chauffage au bois en Île-de-France) est variable suivant les saisons. En effet, elle est environ 2 fois plus importante au cours de la période hivernale (jusqu'à 16 %). Cette contribution est non nulle en période estivale (pouvant être due entre autres au brûlage des déchets verts...).

Ces pourcentages ne reflètent pas directement la contribution du chauffage au bois 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 est sensiblement différente. Elle est près de 5 fois plus importante pour la combustion de la biomasse que pour le trafic routier.

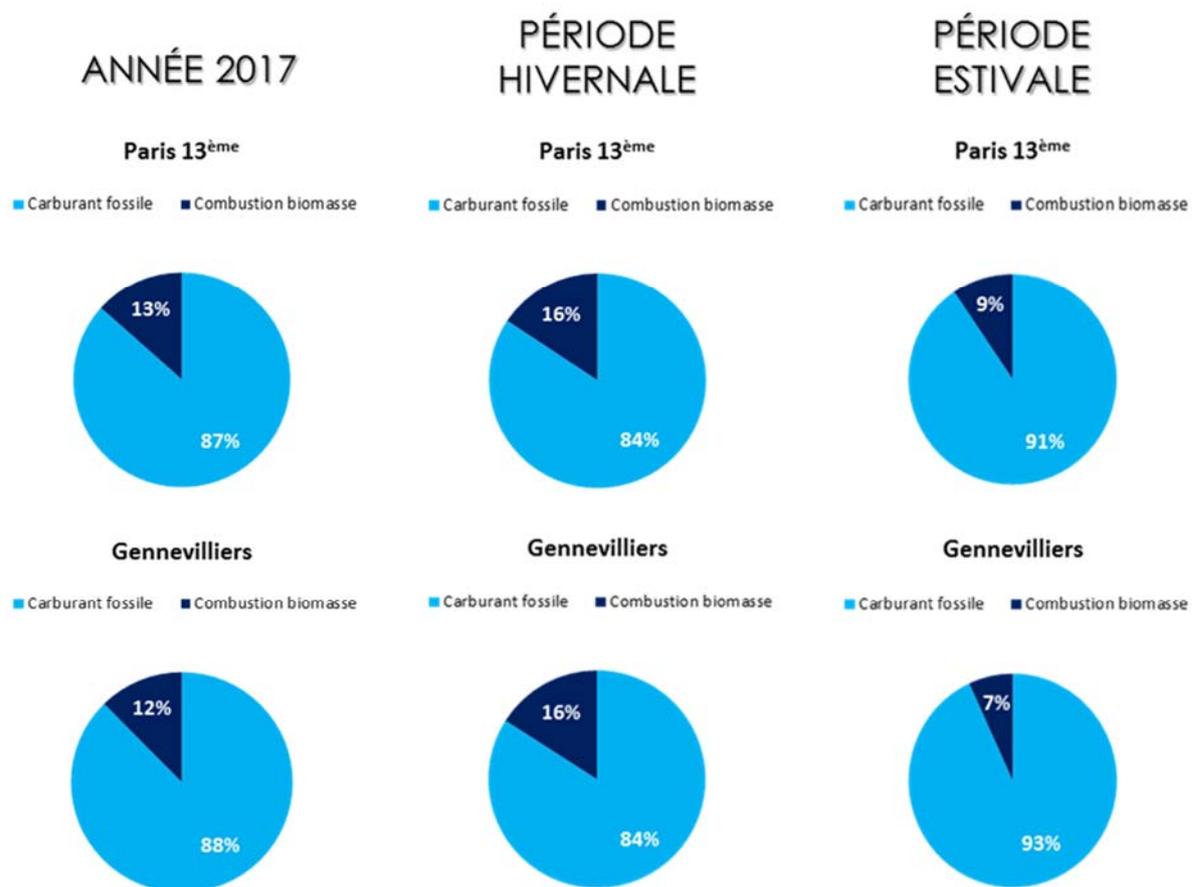


Figure 25 : pourcentages de carbone suie issu de la combustion du fioul fossile et de la biomasse en situation de fond en Île-de-France sur l'année 2017, avec une distinction hiver/été.

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

En complément de la mesure du carbone suie et des autres espèces chimiques majeures qui composent les particules atmosphériques (à l'aide d'un analyseur ACSM - *Aerosol Chemical Speciation Monitor*), Airparif a initié des **mesures d'ammoniac**.

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

Des mesures de NH₃ ont été réalisées de janvier 2016 à septembre 2017 dans le cadre d'un projet de recherche CORTEA piloté par l'INRA. Ce programme vise à caractériser les niveaux d'ammoniac sur la région Île-de-France dans le but d'améliorer la modélisation de ce polluant.

Les mesures ont été réalisées au moyen de tubes passifs sur 4 sites ruraux, un site urbain de fond et un site trafic (implanté en bordure du périphérique). Elles mettent en évidence **des niveaux moyens de NH₃ en milieu urbain supérieurs aux niveaux ruraux** (Figure 26).

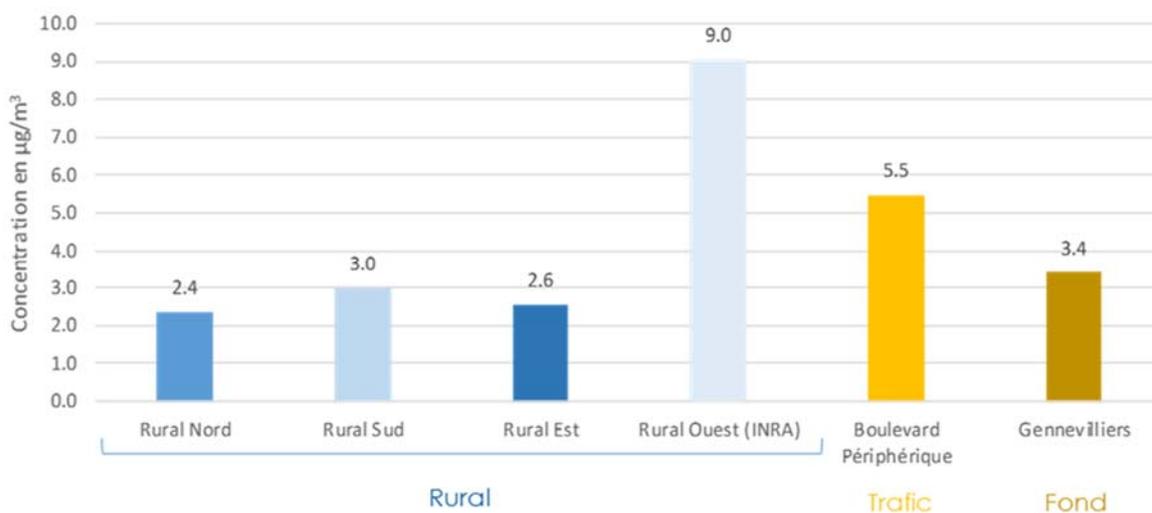


Figure 26 : concentrations moyennes 2016-2017 d'ammoniac mesurées en situation de fond urbain, rural et à proximité du trafic routier entr

Les sites ruraux (représentés en bleu) enregistrent des concentrations annuelles en NH₃ de l'ordre de **2 à 3 µg/m³**. Le site de Rural-Ouest (INRA, Grignon) présente une concentration sensiblement plus élevée que sur les autres sites ruraux (de l'ordre de 9 µg/m³). Il s'agit d'un site expérimental pour les procédés agricoles, avec des applications d'engrais spécifiques et potentiellement répétées.

Les concentrations mesurées sur les sites urbains Boulevard Périphérique Est et Gennevilliers (illustrées en orange) sont comprises entre **3 et 6 µg/m³**. La teneur maximale moyenne est relevée à proximité du trafic routier.

À la suite de ces mesures, Airparif va mettre en œuvre dès 2018 un suivi en routine du NH₃ afin d'améliorer la compréhension de la formation des particules secondaires. Elles permettront notamment d'étudier la corrélation entre les cycles d'épandage et les niveaux de particules, afin de mieux expliquer les épisodes particulaires liés au nitrate d'ammonium.

En résumé pour les particules

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

Moins de 150 000 Franciliens sont toujours potentiellement exposés
à un dépassement de la valeur limite journalière en PM₁₀.

Le dépassement de l'objectif de qualité en PM₁₀ concerne moins de 1 % de la population francilienne.

En proximité au trafic, les niveaux moyens de PM_{2,5} sont jusqu'à deux fois supérieurs
à l'objectif de qualité français. Près de 85 % des Franciliens, soit 10 millions de personnes, sont concernés
par un dépassement de ce seuil.

Néanmoins, une tendance à la baisse est observée, en particulier en proximité au trafic routier, où la
valeur limite annuelle (25 µg/m³) n'est plus dépassée depuis 2014.

Le dépassement de la valeur cible en PM_{2,5} est peu probable en 2017.

intensité d'un dépassement	pas de dépassement	
	< 10 %	0 à + 10 %
très largement	> + 50 %	
largement	+ 30 à + 50 %	
modérément	+ 10 à + 30 %	
légèrement	0 à + 10 %	

Particules (PM ₁₀)	2017			2007-2016		
	Fond agglomération	Fond rural	Proximité trafic	Fond agglomération	Fond rural	Proximité trafic
Dépassement de l'objectif de qualité annuel						
Dépassement de la valeur limite annuelle						
Dépassement de la valeur limite journalière						

Particules (PM _{2,5})	2017			2007-2016		
	Fond agglomération	Fond rural	Proximité trafic	Fond agglomération	Fond rural	Proximité trafic
Dépassement de l'objectif de qualité					mesure depuis 2013	
Dépassement de la valeur cible française			Dépassement peu probable	2007, 2009		
Dépassement de la valeur limite 2015						tous les ans jusqu'en 2014

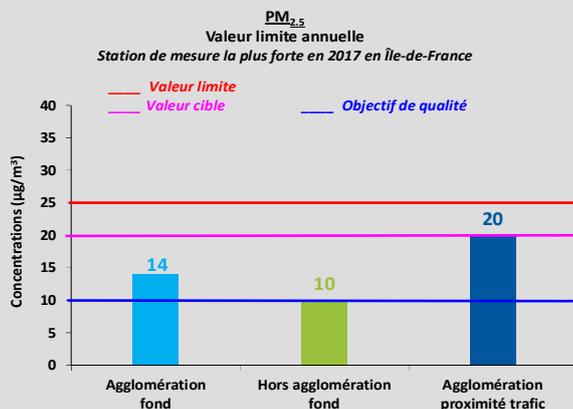
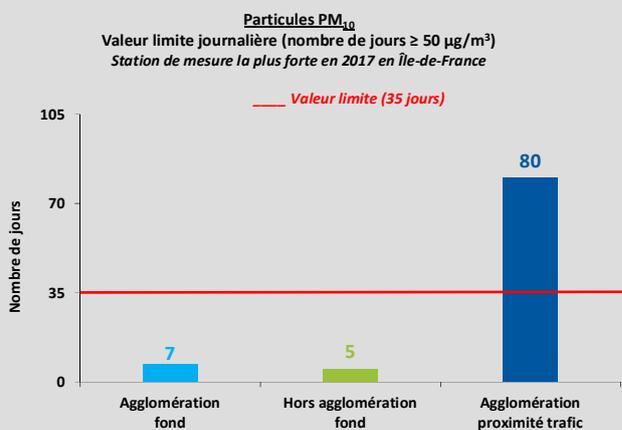
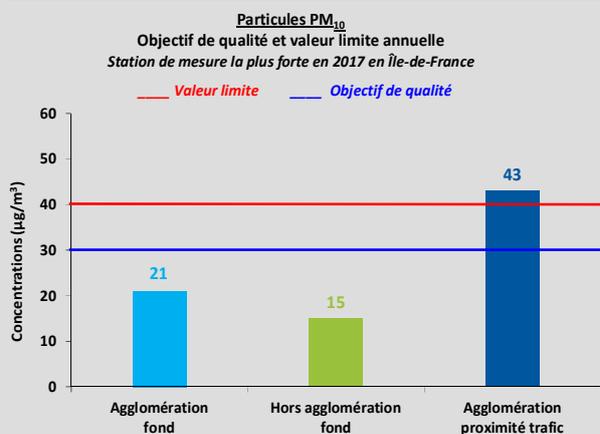


Figure 27 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en particules PM₁₀ et PM_{2,5} en Île-de-France en 2017

Dioxyde d'azote (NO₂)



Le **dioxyde d'azote**, qui fait partie des oxydes d'azote (NO_x), est un polluant indicateur des activités de combustion, notamment du trafic routier. Il est en effet directement émis par les sources motorisées de transport (émission directe ou « *primaire* ») et dans une moindre mesure par le chauffage résidentiel. 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 (O₃) dans l'air : $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$

À la différence du NO₂, le monoxyde d'azote (NO) n'est pas considéré comme un polluant dangereux pour la santé.



Effets sur la santé :

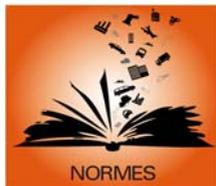
Les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique augmentent avec une exposition de longue durée au NO₂. Une diminution de la fonction pulmonaire est également associée aux concentrations actuellement mesurées dans les villes d'Europe et d'Amérique du Nord.

À des concentrations dépassant 200 µg/m³, sur de courtes durées, c'est un gaz toxique entraînant une inflammation importante des voies respiratoires [OMS, 2011].

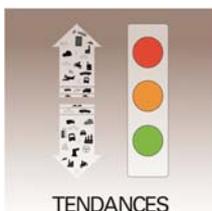


Effets sur l'environnement :

- Contribution au phénomène des pluies acides, qui appauvrissent les milieux naturels (sols et végétaux)
- Contribution à la formation de l'ozone



Valeur limite annuelle Objectif de qualité	Protection de la santé humaine	40 µg/m ³ en moyenne annuelle civile
Valeur limite horaire	Protection de la santé humaine	200 µg/m ³ moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile



Tendances		Normes à respecter	
1996-2017	2007-2017	Valeur limite annuelle	Valeur limite horaire
↘	↘	Dépassée	Respectée

Une situation toujours insatisfaisante en 2017, avec encore un fort contraste selon les endroits en Île-de-France. En comparaison à l'année précédente, les niveaux moyens annuels en NO₂ sont globalement stables en situation de fond. Ils sont en légère baisse par rapport à 2016 en situation de proximité au trafic routier.

SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÈGLEMENTATION

La Figure 28 illustre les teneurs moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France en 2017, avec un zoom pour Paris et la petite couronne.

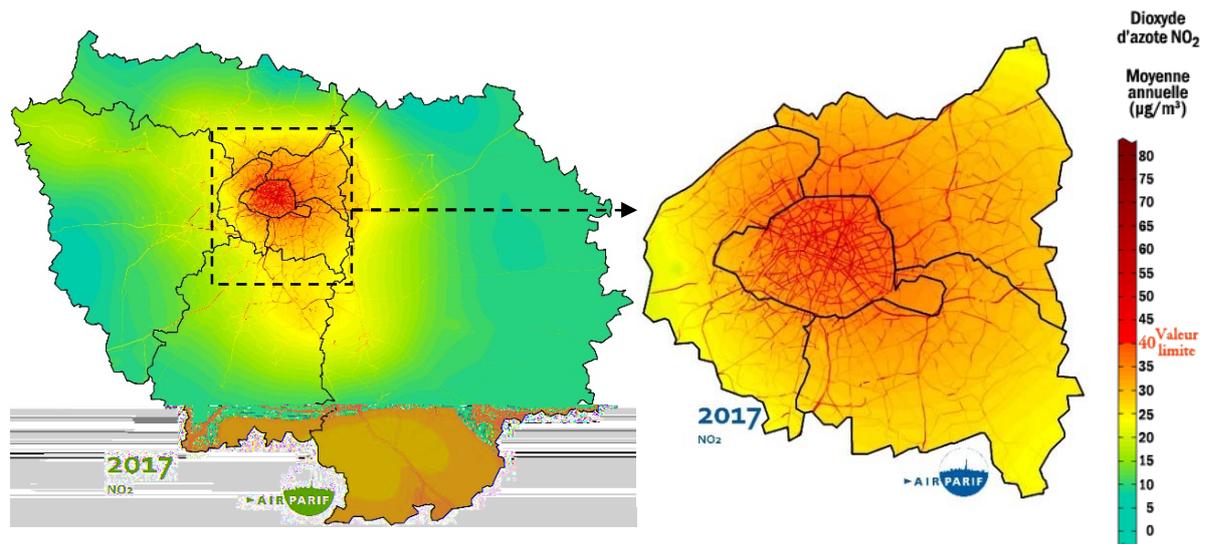


Figure 28 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) en 2017 en Île-de-France, avec un zoom sur Paris et la petite couronne parisienne

En situation de fond, il existe **un gradient important** entre les zones rurales franciliennes et le centre de l'agglomération parisienne. Alors que les niveaux moyens annuels dans l'agglomération peuvent atteindre jusqu'à 39 µg/m³ (Figure 29), le niveau de fond régional moyen est plutôt proche de 10 µg/m³ en 2017. Cette situation est comparable à celle de 2016.

Les concentrations 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.

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

En 2017, les concentrations moyennes sont proches de 2015 et de 2016.

Au voisinage des axes routiers, les niveaux de NO₂ sont plus de deux fois supérieurs à ceux relevés hors influence directe de ces voies (en situation de fond) **et jusqu'à deux fois plus élevés que le seuil de la valeur limite annuelle.** En 2017, ce seuil est ainsi dépassé sur environ 910 km de voirie (Cf. Annexe 2), soit environ 10 % 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.

Les stations de proximité au trafic (illustrées en bleu foncé sur la Figure 29) ont des moyennes très variables d'un site à un autre. Elles reflètent un large éventail de concentrations rencontrées en bordure des principaux axes routiers. Ces résultats traduisent les **différences de conditions de circulation** (flux de véhicules, vitesse, composition du parc roulant) **et de topographie** qui conditionnent la capacité à disperser plus ou moins facilement les polluants émis, mais aussi des différences de niveaux de fond.

Pour les sites où le trafic (dont celui des poids lourds) est très important (comme les autoroutes, les 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 à la fois la circulation est dense et les conditions locales de dispersion sont moins favorables du fait de l'encassement des rues (Rue de Rivoli).

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 (65 µg/m³ contre 90 µg/m³ en moyenne annuelle), du fait d'un éloignement plus important par rapport à la voie et d'une configuration plus favorable à la dispersion des polluants.

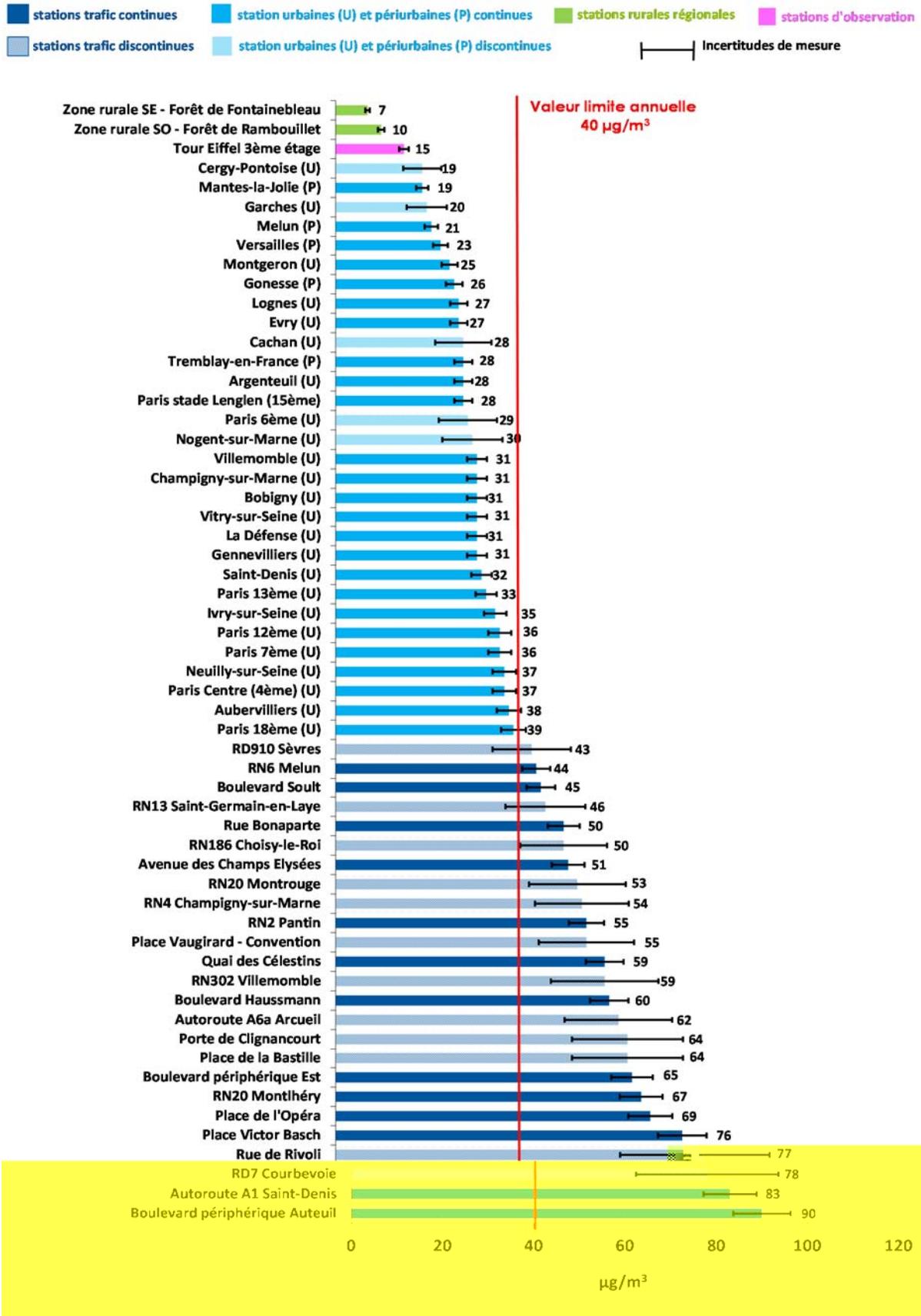
Quant aux places parisiennes (Victor Basch et Opéra), elles associent un débit de circulation élevé (du fait du cumul de circulation de plusieurs axes convergeant sur la place) à un positionnement du point de mesure au cœur du trafic sur un îlot piétonnier. Cette configuration explique également les niveaux relevés. En 2017, la Place Victor Basch et la Place de l'Opéra enregistrent des niveaux moyens annuels de NO₂ de 69 µg/m³ et 76 µg/m³, respectivement.

Pour les axes de plus faible débit de circulation, ou ceux présentant des conditions de dispersion plus favorables (comme le Quai des Célestins ou encore l'Avenue des Champs-Élysées), les niveaux moyens restent 1,5 fois supérieurs au fond environnant. Par ailleurs, le site du Boulevard Sout est le site parisien le plus faible, avec 45 µg/m³ en moyenne annuelle. Cette observation s'explique par le fait que la station est implantée en façade d'immeuble, et non pas en bordure immédiate du trottoir comme les autres sites de trafic parisien. De plus, le Boulevard est séparé en deux par une voie de tram qui permet une dilution plus importante des émissions générées par l'ensemble de l'axe routier.

Enfin, la station RN6 Melun relève 44 µg/m³ de NO₂ en moyenne annuelle. C'est sensiblement plus faible que sur certains axes parisiens. Cela n'est pas dû à un trafic moins important, mais à un niveau de fond plus faible du fait de l'éloignement du centre de l'agglomération parisienne. Alors que le niveau de fond en NO₂ est compris entre 30 et 40 µg/m³ dans Paris Intra-muros, il est de l'ordre de 20 µg/m³ en grande couronne francilienne. En ajoutant cet écart de 20 µg/m³, le niveau de NO₂ serait identique à celui d'un axe de circulation parisien (Boulevard Haussmann ou Quai des Célestins par exemple).

Par ailleurs, des précisions sur les niveaux en NO₂ mesurés aux abords des plateformes aéroportuaires franciliennes (Paris-Charles de Gaulle, Paris-Le Bourget et Paris-Orly) sont disponibles sur le site : <http://survol.airparif.fr>

Dioxyde d'azote (NO₂)



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

Figure 29 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) pour l'ensemble des stations de mesure en Île-de-France en 2017

La Figure 30 illustre le pourcentage de la population francilienne potentiellement exposée en fonction de la concentration annuelle en dioxyde d'azote en 2007 (exposition maximale sur la période 2007-2016⁹) et en 2017 (exposition minimale⁸ et année courante).

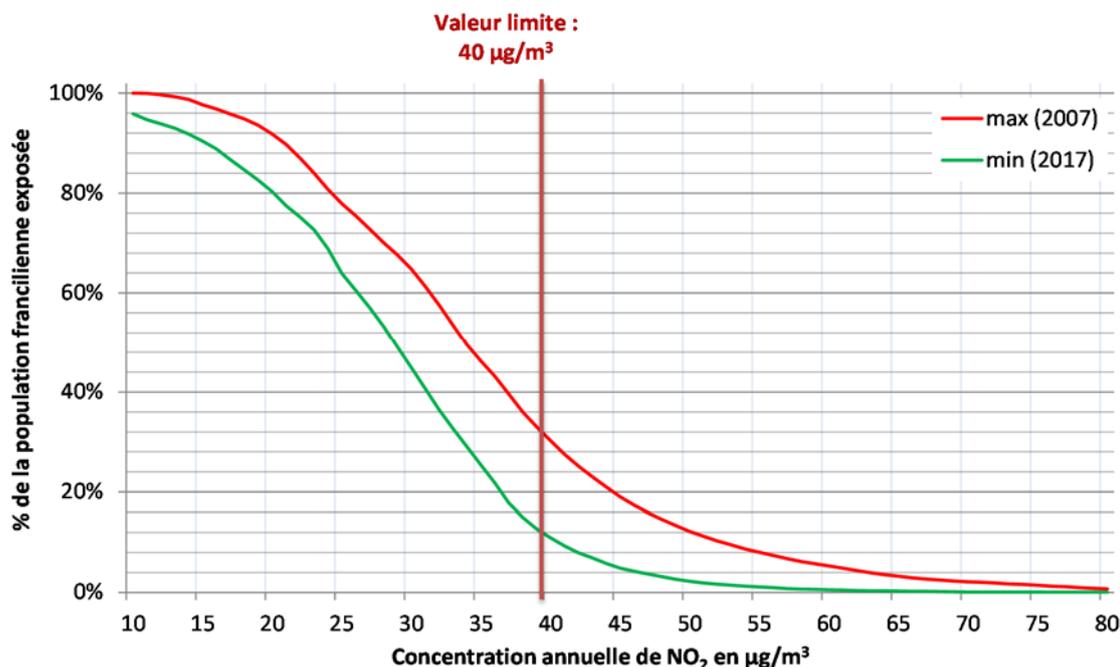


Figure 30 : pourcentage de la population francilienne exposée selon les concentrations annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) pour les années 2007 (exposition maximale) et 2017 (exposition minimale et année courante)

Les concentrations annuelles en NO₂ ont évolué globalement à la baisse depuis 2007. Ainsi, l'année 2007 présente les teneurs moyennes de NO₂ les plus importantes de l'historique avec 30 % de la population francilienne exposée à des niveaux supérieurs à la valeur limite annuelle fixée à 40 µg/m³. L'année 2017 présente les teneurs de NO₂ les plus faibles, avec **environ 10 % de la population francilienne exposée à des niveaux supérieurs à 40 µg/m³**. Cette tendance à la baisse est sensiblement marquée pour les plus fortes teneurs depuis plusieurs années. La part des Franciliens exposés à des concentrations supérieures à 1,5 fois la valeur limite annuelle (60 µg/m³) est ainsi passée de 5 % à 1 % entre 2007 et 2017 (soit un gain de plus de 500 000 Franciliens).

La Figure 31 représente l'évolution du nombre de personnes potentiellement exposées à un dépassement de la valeur limite de 2007 à 2017. **En 2017, environ 1.3 millions de Franciliens sont potentiellement exposés¹⁰ à un air dépassant la valeur limite annuelle.** C'est environ 100 000 personnes de moins qu'en 2016. **Ils résident exclusivement dans l'agglomération parisienne**, qui représente l'essentiel de la zone sensible francilienne (Cf. Annexe 3). Ce dépassement de la valeur limite annuelle touche **près de 1 parisien sur 2**.

⁹ Les années minimales et maximales sont déterminées en calculant l'aire sous les courbes.

¹⁰ Exposition des personnes qui respireraient en permanence l'air extérieur au niveau de leur domicile.

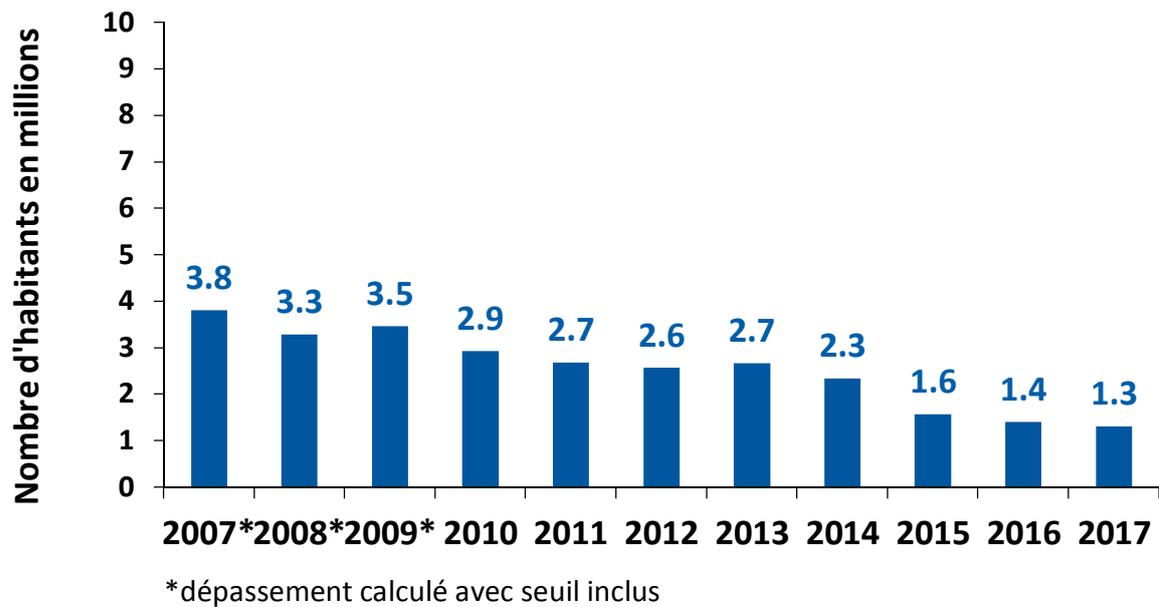


Figure 31 : évolution du nombre d'habitants potentiellement concernés par un dépassement de la valeur limite annuelle (40 µg/m³) en dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France de 2007 à 2017

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

En 2017, ce seuil est dépassé sur une seule station du réseau de mesure fixe : la station du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil (33 dépassements), comme en 2014. La station du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil ne permet pas, au regard des critères européens, d'évaluer le dépassement de la valeur limite, car le public n'y a pas accès. Elle permet néanmoins de caractériser l'impact maximal observé en bordure immédiate d'un axe majeur, représentatif notamment de l'exposition des usagers de cet axe.

La valeur limite annuelle est respectée sur toutes les autres stations du réseau de mesure fixe.

En 2016, trois stations dépassaient la valeur limite horaire. Le nombre d'heures de dépassement de ce seuil a fortement diminué sur l'ensemble des stations trafic en 2017, notamment du fait de l'absence d'épisode hivernal durable, contrairement à décembre 2016.

ÉVOLUTION PLURI-ANNUELLE

La Figure 32 montre l'évolution des concentrations moyennes annuelles de 2007 à 2017.

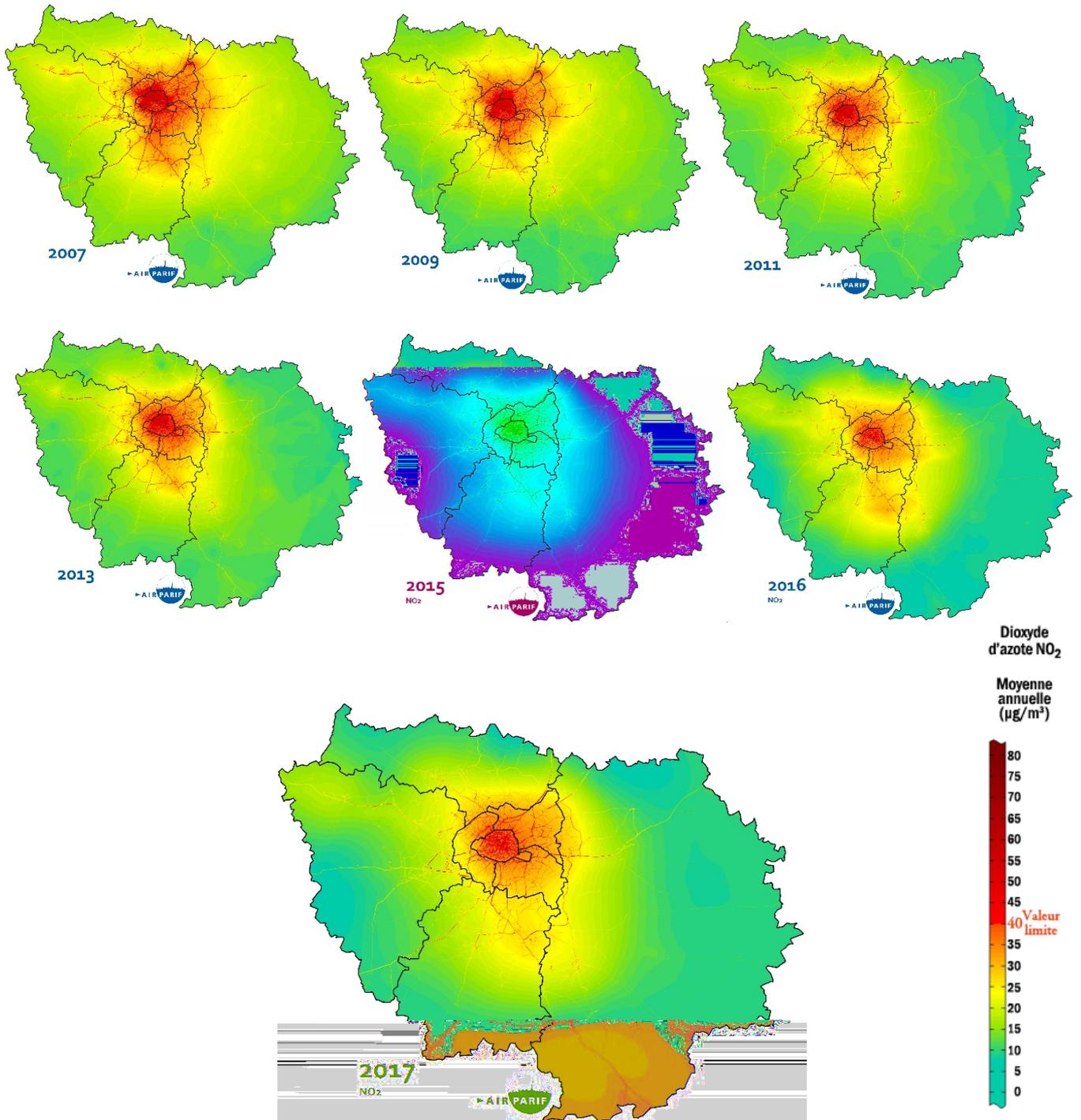


Figure 32 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) de 2007 à 2017 en Île-de-France.

La Figure 32 montre un motif de pollution similaire, avec une tendance à la baisse à l'échelle de la région Île-de-France entre 2007 et 2017.

En s'affranchissant des fluctuations météorologiques interannuelles, les teneurs en NO₂ moyennées sur 3 ans montrent **une tendance à la baisse depuis la fin des années 1990** en situation de fond (Figure 33). Les améliorations technologiques sur les différentes sources d'émissions (trafic, chauffage, industrie) expliquent cette baisse, en particulier **la généralisation progressive des pots catalytiques (essence et diesel) sur les véhicules**. De 1992-1994 à 1999-2001, les concentrations de NO₂ en moyenne sur 3 ans sont globalement stables. De 2000 à 2006, la baisse annuelle moyenne est de -4 %. Depuis 2007, la baisse est beaucoup plus lente (soit -1 % par an en moyenne).

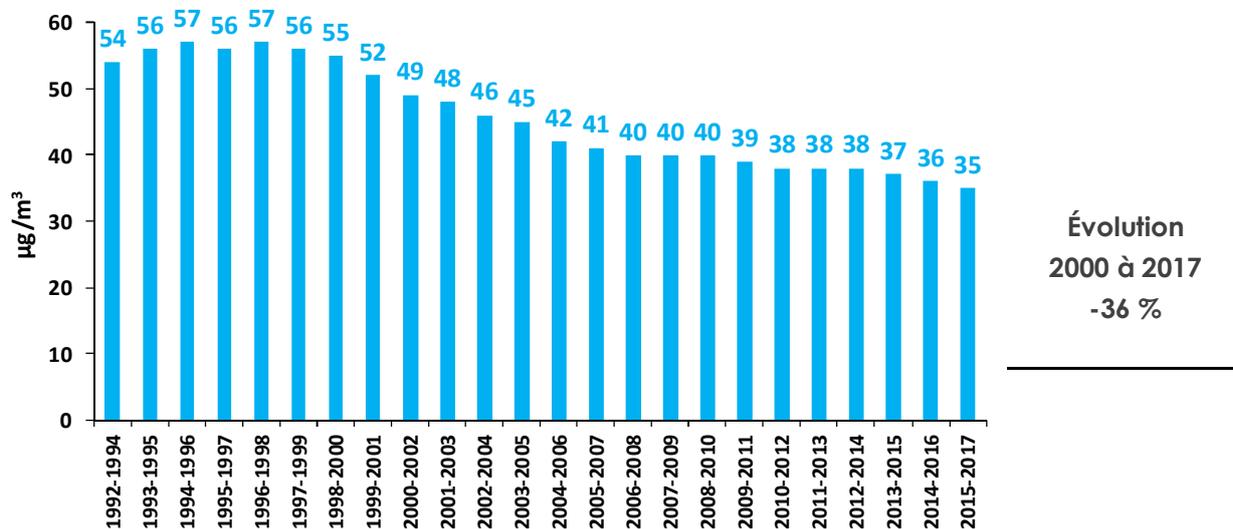


Figure 33 : évolution, à échantillon constant de six stations urbaines de fond, de la concentration en moyenne sur 3 ans en dioxyde d'azote (NO₂) dans l'agglomération parisienne de 1992-1994 à 2015-2017

En revanche, le profil de l'évolution du dioxyde d'azote (NO₂) à proximité des axes routiers est très différent. **Entre 1998 et 2012, les niveaux de NO₂ mesurés sur le même échantillon de stations trafic sont globalement constants et une tendance à la diminution n'est observée qu'à partir de 2011-2013**. La moyenne 2015-2017 est la plus faible de l'historique (Figure 34). Entre 2011-2013 et 2015-2017, les niveaux de NO₂ moyennés sur 3 ans en situation de proximité au trafic routier ont baissé de l'ordre de -10 %.

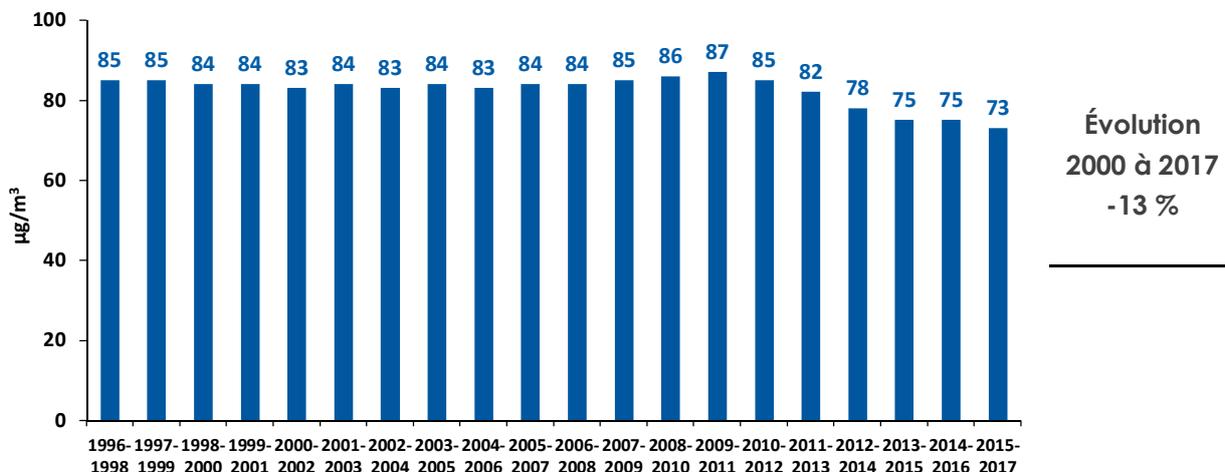


Figure 34 : évolution, à échantillon constant de cinq stations trafic, de la concentration moyenne sur 3 ans en dioxyde d'azote (NO₂) en situation de proximité au trafic dans l'agglomération parisienne de 1996-1998 à 2015-2017

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). De ce fait, la stabilité globale des niveaux en proximité au trafic sur l'historique s'explique par différents facteurs :

- Au voisinage des axes routiers, une nette tendance à la diminution des niveaux en oxydes d'azote¹¹ (NO_x = NO₂+NO) est observée aussi bien en situation de fond qu'à proximité de l'ensemble des axes routiers (Figure 35). Cette décroissance s'explique notamment par l'augmentation progressive du nombre de véhicules catalysés (aussi bien essence que diesel) dans le parc roulant. La relative stabilité observée depuis quelques années pourrait s'expliquer par un parc roulant catalysé déjà largement prédominant. Les gains obtenus pour des normes Euro plus récentes sont à présent plus faibles.

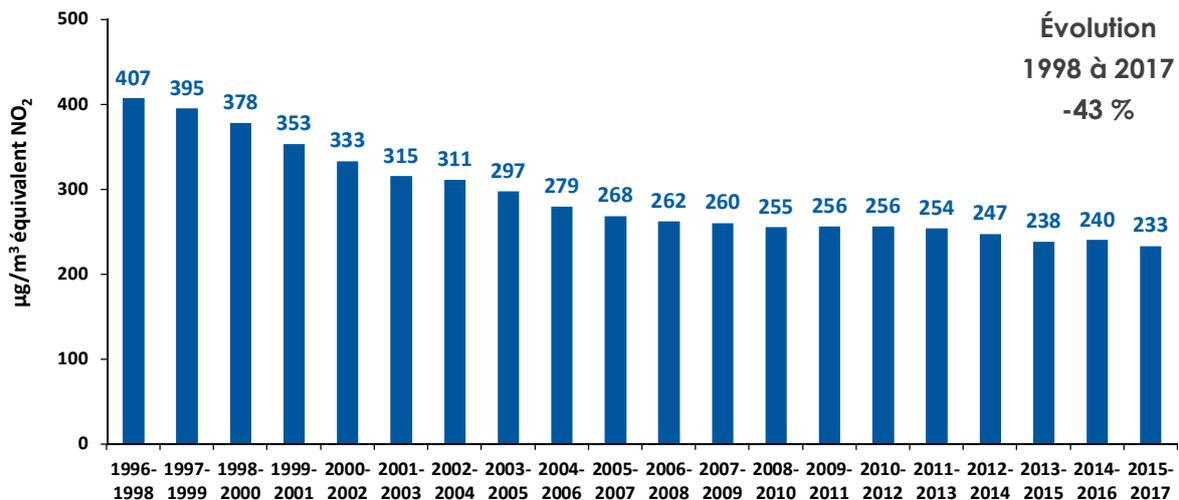


Figure 35 : évolution, à échantillon constant de cinq stations trafic, de la concentration moyenne sur 3 ans en oxydes d'azote (NO_x) en situation de proximité au trafic dans l'agglomération parisienne de 1996-1998 à 2015-2017

- Bien qu'en nette diminution depuis plusieurs années, les teneurs élevées de monoxyde d'azote (NO) et de NO_x (polluants émis par les véhicules routiers en bordure de voies de circulation) associées à un niveau de fond d'ozone toujours soutenu (NO + O₃ => NO₂ + O₂), conduisent au maintien de niveaux élevés de dioxyde d'azote le long des grands axes de circulation. Le renforcement d'actions de réduction sur les précurseurs d'ozone (par exemple, les COV) en Europe mais également à l'échelle de l'hémisphère nord (où les niveaux de fond d'ozone ont été multipliés par 5 en l'espace d'un siècle) présenterait un double impact pour l'ozone et le dioxyde d'azote.

- La diésélisation du parc routier est un autre facteur défavorable pour le NO₂ le long du trafic. D'après de nombreuses études ([Kousoulidou et al, 2008];[Affset, 2009]), les filtres à particules catalysés équipant aujourd'hui la grande majorité des nouveaux véhicules diesel diminuent les émissions de particules. En revanche, ceux utilisant la technique prépondérante de la catalyse d'oxydation augmentent la part relative du dioxyde d'azote dans les émissions d'oxydes d'azote.

¹¹ Les oxydes d'azote représentent le principal indicateur de la pollution liée aux transports, et en tout premier lieu le trafic routier (Cf. Inventaire des émissions en Île-de-France : <http://www.airparif.asso.fr/pdf/publications/inventaire-emissions-idf-2012-150121.pdf>). Les oxydes d'azote représentent la somme du monoxyde d'azote (NO) et du dioxyde d'azote (NO₂). Alors que le dioxyde d'azote est un polluant nocif pour la santé, le monoxyde d'azote n'est pas réglementé dans l'air ambiant car aucun effet de ce polluant sur la santé n'est reconnu. Les émissions de NO_x par les véhicules sont nomées dans les Normes Euro.

D'autres agglomérations européennes (comme celle de Londres) ont observé en quelques années des hausses sensibles des teneurs en dioxyde d'azote. Les données bibliographiques sur les émissions réelles des véhicules évoquent une fraction croissante de NO₂ dans les émissions de NO_x pour les véhicules les plus récents [EEA, 2014]. Les normes d'émissions sont en effet basées sur les NO_x et non sur le NO₂. Par exemple, la fraction NO₂ des émissions de NO_x d'un véhicule utilitaire léger diesel ou d'un véhicule particulier diesel à la norme Euro 3¹² est estimée à 25 %. Elle est estimée entre 35 et 55 % pour un véhicule diesel Euro 4. Pour les véhicules diesel Euro 5 et Euro 6, les estimations sont plus incertaines. Des estimations récentes indiquent une fraction de NO₂ dans les émissions de NO_x de l'ordre de 25 % pour ce type de véhicules [Sjödin, 2017]. Comparativement, un véhicule plus ancien conforme à la norme Euro 1 ou Euro 2, a une fraction moyenne de NO₂ de 10 à 20 %. Les véhicules à motorisation essence (quels que soient leur norme Euro et leur type) émettent seulement entre 3 et 5 % des oxydes d'azote sous forme de NO₂.

La Figure 36 illustre l'évolution du ratio des concentrations de NO₂ sur les concentrations de NO_x (NO₂/NO_x) relevées sur les stations trafic réparties en Île-de-France, après avoir retranché les teneurs de fond pour se rapprocher au mieux du ratio NO₂/NO_x à l'émission (c'est-à-dire l'impact des émissions du trafic routier). Alors que l'impact en NO₂ à proximité du trafic représentait moins de 10 % en 1998, celui-ci a plus que doublé en 10 ans (24 % en 2011). Néanmoins, ce ratio montre une baisse depuis 2012. Cette diminution peut s'expliquer par **la part croissante des véhicules Euro 5 dans le parc roulant**.

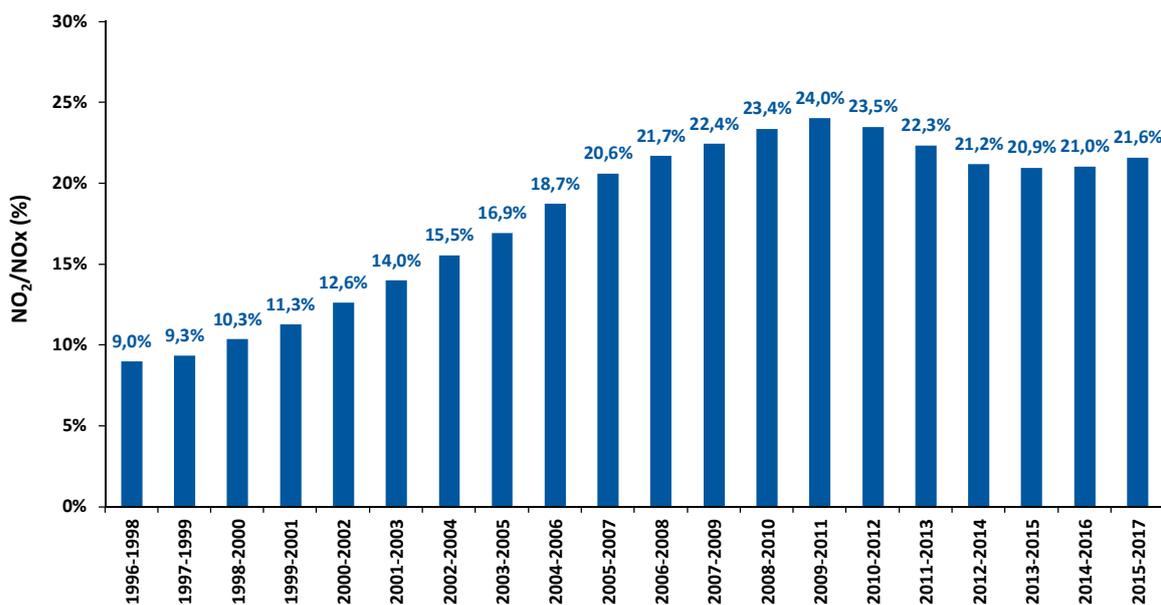


Figure 36 : ratio des concentrations NO₂/NO_x en moyenne sur 3 ans sur les stations de proximité au trafic routier en Île-de-France de 1996-1998 à 2015-2017

¹² Les **normes européennes d'émissions**, dites **normes Euro** sont des règlements de l'Union Européenne qui fixent les limites maximales de rejets de polluants pour les véhicules roulants. Il s'agit d'un ensemble de normes de plus en plus strictes s'appliquant aux véhicules neufs. Leur objectif est de réduire la pollution atmosphérique due au transport routier.

L'évolution du ratio NO₂/NO_x est variable suivant les stations de mesure. Ce ratio a régulièrement augmenté sur la station du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil jusqu'en 2011. Sur les stations trafic parisiennes (Champs-Élysées, par exemple), le ratio NO₂/NO_x a augmenté jusqu'en 2007, mais il est globalement stable sur la période 2007-2012. Une baisse du ratio NO₂/NO_x est ensuite observée sur l'ensemble des stations trafic (Figure 37)

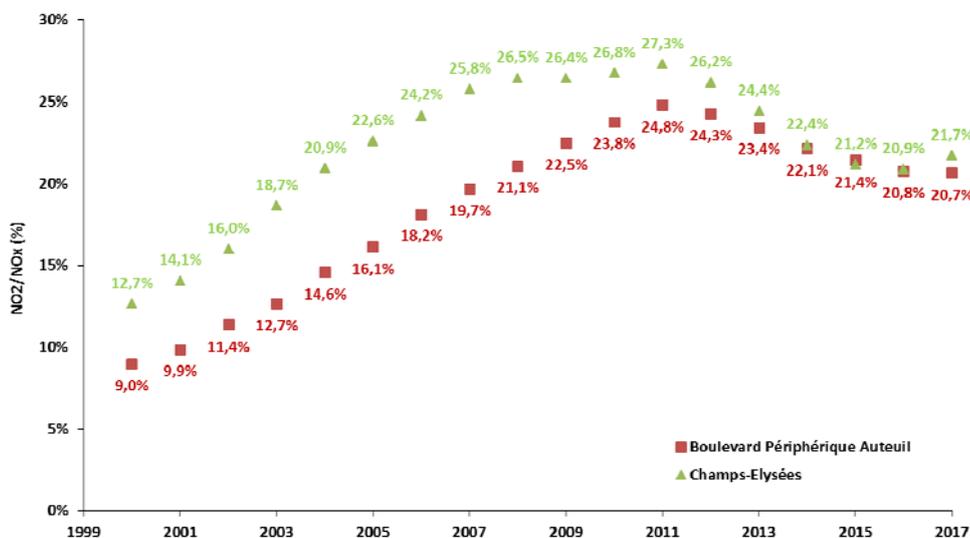


Figure 37 : ratio des concentrations NO₂/NO_x en moyenne sur 3 ans sur les stations BP Porte d'Auteuil et Champs-Élysées de 1998 à 2017

Une explication de ces variations peut être liée à l'évolution de la composition du parc routier, avec des taux de deux-roues et de diesel différents. Sur la dernière décennie, les axes où sont implantées les stations trafic parisiennes ont connu une diminution du trafic automobile et une augmentation du pourcentage de deux-roues (+16 % de 2003 à 2012¹³ [Mairie de Paris, 2013]) et sont moins concernés que le Boulevard Périphérique et les grands axes autoroutiers par l'essor du diesel. Précisons que le ratio NO₂/NO_x est plus faible sur les deux-roues. Une étude plus approfondie de la composition du parc routier permettrait de conforter ces hypothèses.

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

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 38 donne les plus fortes concentrations relevées sur l'historique de mesures depuis 1991 pour le dioxyde d'azote (NO₂) et les oxydes d'azote (NO_x).

NO ₂ Historique 1991-2017	Fond		Proximité trafic	
	Valeur	Où et quand ?	Valeur	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte (µg/m ³)	69	Neuilly-sur-Seine, 1994	114	Boulevard périphérique Auteuil 2010
Concentration horaire maximale (µg/m ³)	483	Gennevilliers le 10 octobre 1995 à 12h légales	519	Avenue des Champs-Élysées le 11 avril 1991 à 21h légales
Nombre d'heures de dépassement de 200 µg/m ³ le plus fort	12	Paris 18ème, 2003	312	Boulevard périphérique Auteuil, 2009

NO _x Historique 1991-2017	Fond		Proximité trafic	
	Valeur (µg/m ³ équiv NO ₂)	Où et quand ?	Valeur (µg/m ³ équiv NO ₂)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	134	Neuilly-sur-Seine, 1994	673	Boulevard périphérique Auteuil 1994

Figure 38 : records annuels pour le dioxyde d'azote (NO₂) et les oxydes d'azote (NO_x) en Île-de-France sur l'historique 1991-2017

¹³ Moyenne sur 6 sites du nombre de deux-roues journalier entre 8h et 20h.

En résumé pour le dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote (NO₂) reste une problématique marquée en Île-de-France

Le dioxyde d'azote est majoritairement lié au trafic routier, les niveaux le long des grands axes de circulation pouvant être plus de deux fois supérieurs à la valeur limite annuelle (40 µg/m³)

En 2017, 1,3 millions de personnes (soit environ 10 % des Franciliens) situées dans le cœur dense de l'agglomération sont potentiellement exposées à un dépassement de la valeur limite annuelle

La légère tendance à la baisse se poursuit dans l'agglomération entre 2016 et 2017

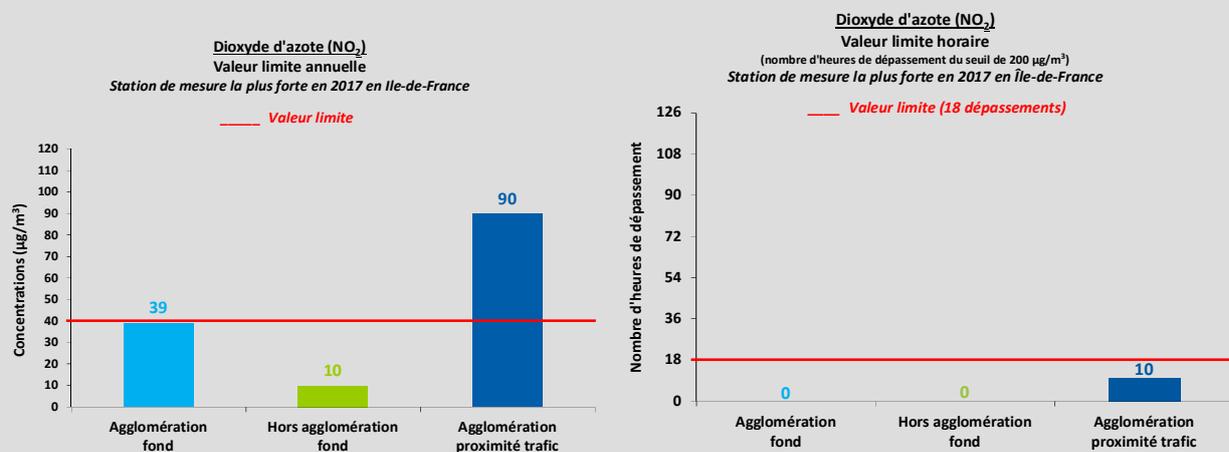
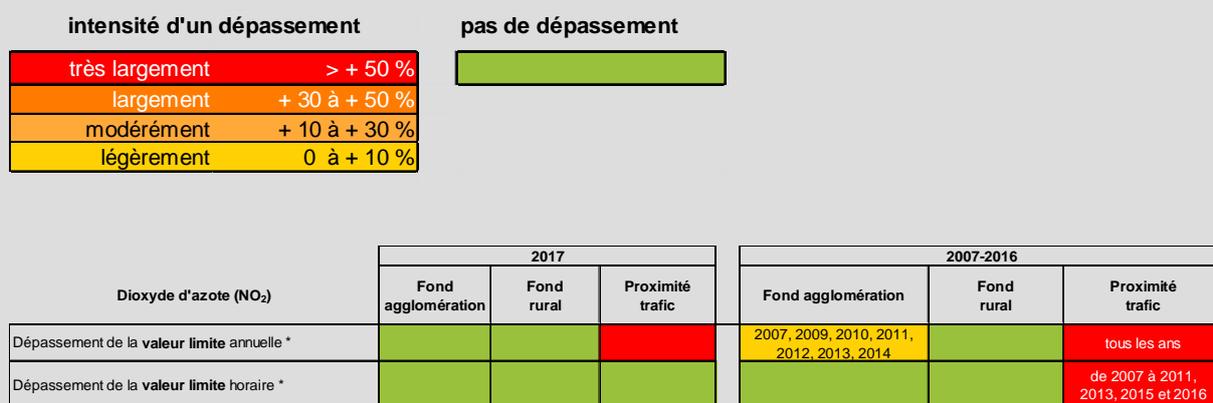


Figure 39 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air (annuelle et horaire) en dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France en 2017

Ozone (O₃)



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

L'ozone réagit chimiquement avec le monoxyde d'azote (NO), émis en grande partie par le trafic routier. Les teneurs en ozone sont ainsi très faibles le long des voies de circulation. C'est la raison pour laquelle ce polluant n'est mesuré que sur les stations de fond urbaines ou rurales et pas sur les stations trafic.

La formation de l'ozone nécessite un certain temps durant lequel les masses d'air peuvent se déplacer. Par conséquent, les niveaux moyens d'ozone sont plus soutenus en zone rurale que dans l'agglomération, où leurs précurseurs ont été majoritairement produits.



Effets sur la santé :

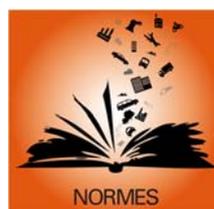
À des concentrations élevées, l'ozone a des effets marqués sur la santé de l'homme : problèmes respiratoires, déclenchement de crises d'asthme, diminution de la fonction pulmonaire et apparition de maladies respiratoires. Plusieurs études européennes ont signalé un accroissement de la mortalité quotidienne de +0,3 % et des maladies cardiaques de +0,4 % pour chaque augmentation de 10 µg/m³ de la concentration en ozone [OMS, 2011].

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 [OMS, 2013].



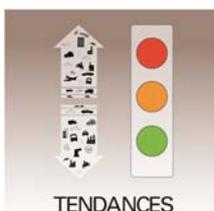
Effets sur l'environnement :

- perturbation de la photosynthèse conduisant à une baisse du rendement des cultures ;
- nécroses sur les feuilles des végétaux et les aiguilles d'arbres ;
- dégradation des matériaux de construction ;
- contribution à l'effet de serre.



Objectif de Qualité (OQ)	Protection de la santé humaine	120 µg/m ³ en moyenne sur 8 heures (aucun dépassement sur l'année)
(Objectif à Long Terme - OLT)	Protection de la végétation	AOT40* = 6 000 µg/m ³ .h ⁻¹ de mai à juillet
Valeur cible	Protection de la santé humaine	120 µg/m ³ sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne sur 3 ans
	Protection de la végétation	AOT40* = 18 000 µg/m ³ .h ⁻¹ de mai à juillet en moyenne sur 5 ans

* 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 08h et 20h légales, du 1^{er} mai au 31 juillet de l'année considérée.



Tendances	
1992-2017	2007-2017
↗	→

Normes à respecter dans la mesure du possible			
OQ / OLT santé	Valeur cible santé	OQ / OLT végétation	Valeur cible végétation
Dépassé	Respectée	Dépassé	Respectée

Bien que les valeurs cibles relatives à la protection de la santé et de la végétation soient largement respectées en Île-de-France, de nombreux dépassements de l'objectif de qualité en ozone sont encore observés en 2017. Les conditions météorologiques survenues aux mois de mai et juin ont activement participé à ces dépassements.

SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÈGLEMENTATION

L'ozone est un polluant secondaire dont les teneurs sont très influencées par les conditions météorologiques, notamment printanières et estivales. Après une année 2016 globalement proche de la normale (avec un printemps très frais et pluvieux, suivi d'un été marqué par une alternance de fraîcheur et de chaleur (canicule en août)), **l'année 2017 a été légèrement plus chaude. Les conditions anticycloniques observées en juin 2017, couplées à un épisode caniculaire et un ensoleillement très excédentaire, ont conduit à une élévation des concentrations estivales en ozone.** Il en résulte ainsi **des teneurs en ozone légèrement supérieures à celles enregistrées en 2016**, en particulier les paramètres concernant les dépassements du seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures.

Protection de la santé

À l'image des années précédentes, **l'objectif de qualité relatif à la protection de la santé** (seuil de 120 µg/m³ sur une période de 8 heures, à ne pas dépasser dans l'année) **est dépassé en tout point de la région en 2017** (Figure 41). **Les zones périurbaines et rurales sont généralement plus touchées que le cœur de l'agglomération parisienne.** Le dépassement est plus ou moins important selon les conditions météorologiques dominantes de l'année, en particulier les conditions estivales.

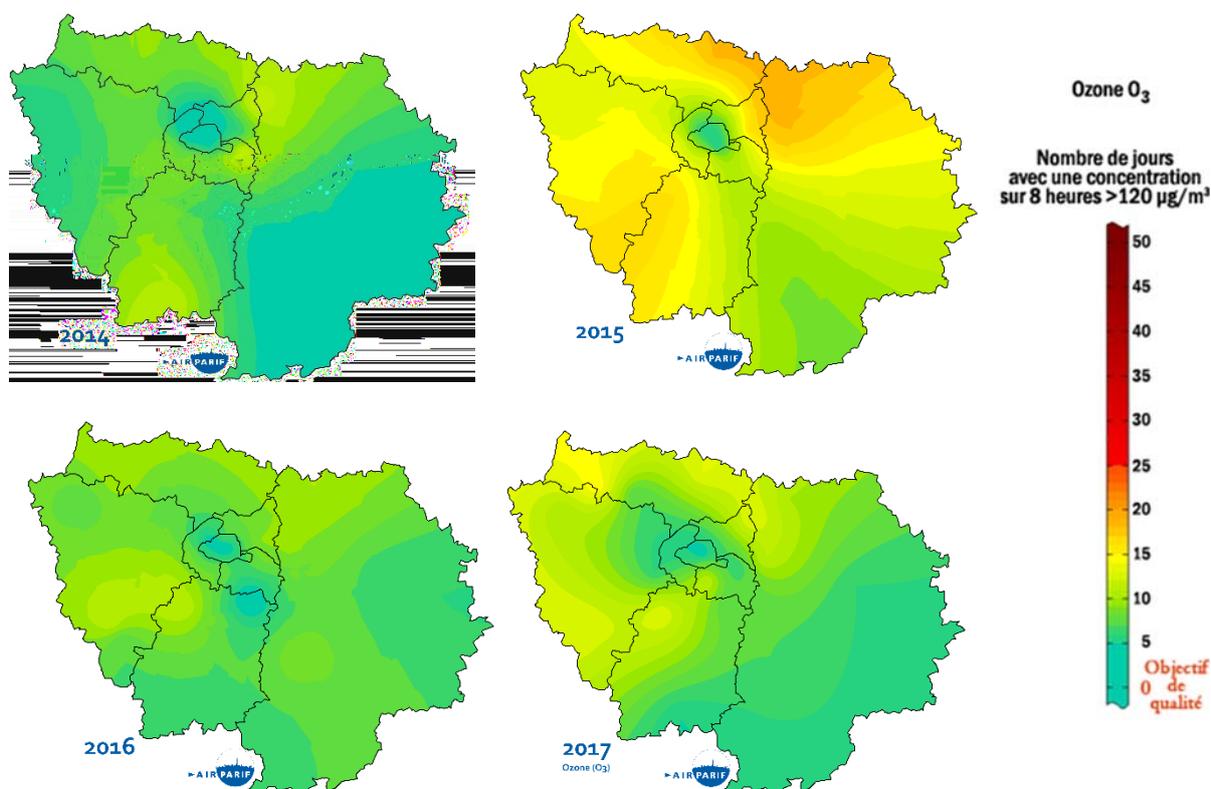


Figure 41 : nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité en ozone (O₃) (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures) en Île-de-France de 2014 à 2017

En raison d'une insolation et de températures plus importantes entre mai et juillet, **l'année 2017 a enregistré un nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité très légèrement supérieur à celui de 2016** (+2 jours en moyenne pour les stations rurales régionales).

La **valeur cible relative à la protection de la santé**, établie en moyenne sur 3 ans, était dépassée jusqu'en 2007 dans les zones rurales du sud-ouest et du nord de la région. **Depuis la période 2006-2008, cette valeur cible n'est plus dépassée en Île-de-France.** Cela se confirme sur la période 2015-2017 (Figure 42).

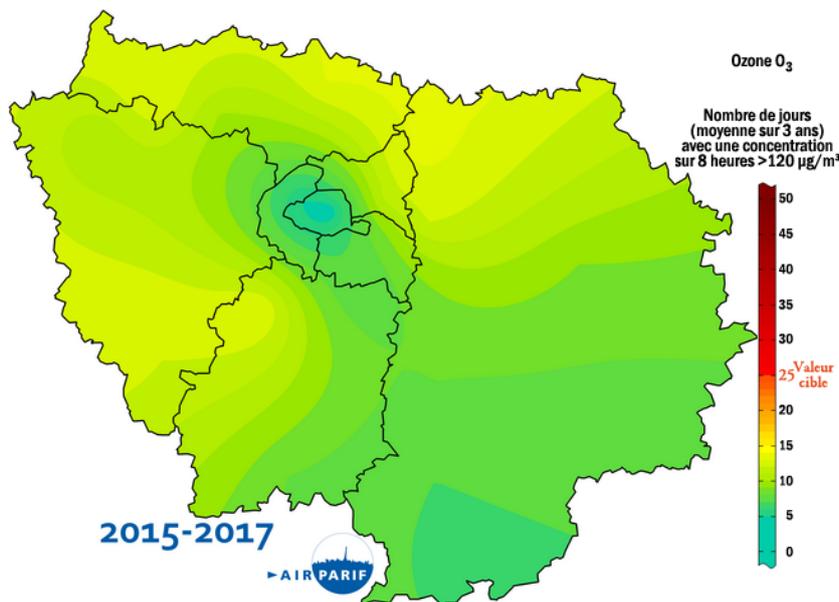


Figure 42 : situation de l'Île-de-France au regard de la valeur cible en ozone (O₃) pour la santé (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures) en Île-de-France – Période 2015-2017

La **moyenne du nombre de jours de dépassement du seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures reste plus élevée dans les zones rurales et périurbaines que dans le cœur de l'agglomération parisienne** (Figure 43). Ce constat est attribué à l'effet « puits d'ozone » caractéristique des grandes métropoles au centre desquelles se concentrent les sources d'oxydes d'azote (NO_x), telles que le trafic routier et le chauffage résidentiel qui, par réaction avec l'ozone, consomment celui-ci.

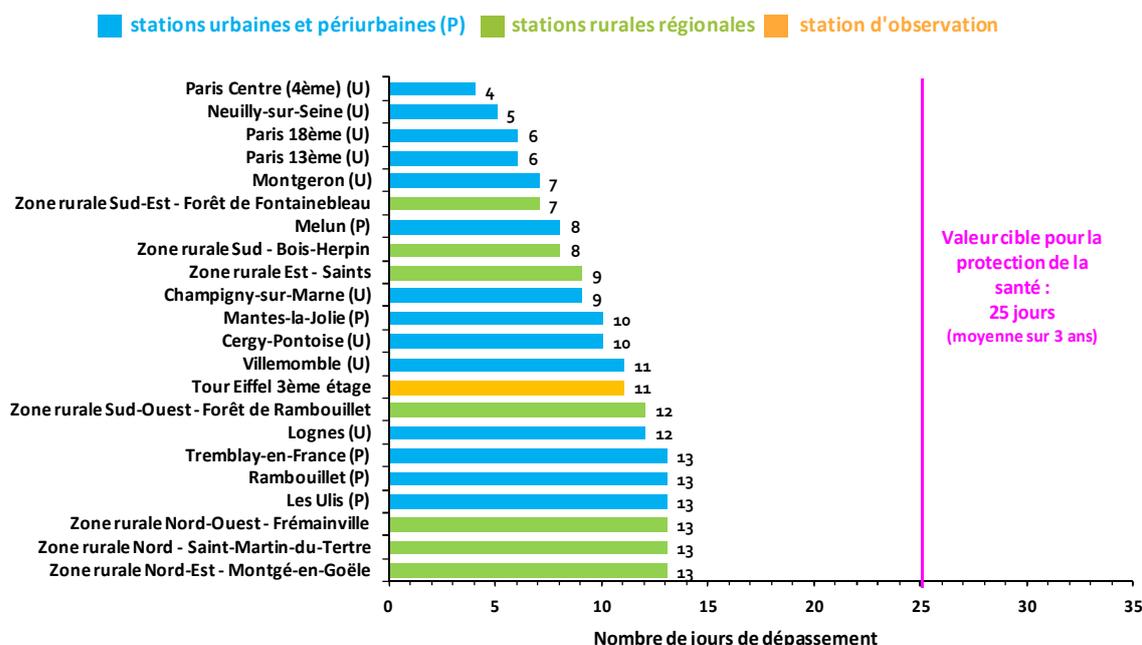


Figure 43 : nombre de jours de dépassement de la valeur cible en ozone (O₃) pour la protection de la santé (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures) en Île-de-France (moyenne 2015-2017)

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. Il s'exprime en µg/m³.h⁻¹.

La situation de l'AOT par rapport au **seuil de la valeur cible** (fixé à 18 000 µg/m³.h⁻¹) se juge en moyenne sur une période de 5 ans. Par conséquent, la moyenne est moins fluctuante d'une année à l'autre. **En 2017, la valeur cible est encore respectée en tout point de l'Île-de-France**. La plus forte moyenne enregistrée par station sur la période 2013-2017 est de 11 897 µg/m³.h⁻¹ (+ 5 % par rapport à 2016).

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 l'Île-de-France tous les ans**. En 2017, toutes les stations du réseau d'Airparif enregistrent des teneurs supérieures à l'objectif de qualité pour la protection de la végétation (alors que 17 stations respectaient cette valeur réglementaire en 2016). Le constat de dépassement est généralement prononcé dans les zones rurales et périurbaines visées par ce seuil de protection, où les teneurs sont jusqu'à environ 2,2 fois supérieures à la norme (Figure 44).

En 2017, les teneurs en ozone constituant l'AOT40 ont été entre 1.3 et 3 fois supérieures à celles relevées en 2016. **Les conditions météorologiques de mai et juin 2017 (fortes températures, ensoleillement excédentaire) expliquent ce constat**.

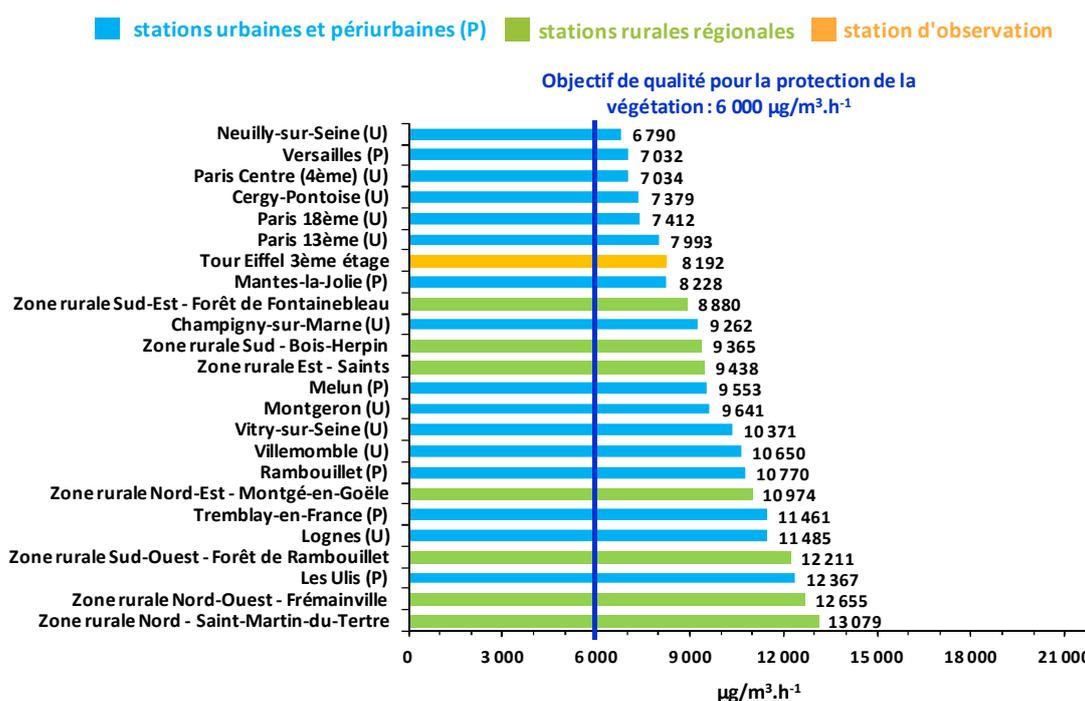


Figure 44 : situation par rapport à l'objectif de qualité en ozone (O₃) pour la protection de la végétation (AOT 40, seuil de 6 000 µg/m³.h⁻¹) en Île-de-France en 2017

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

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

Alors que l'année 2017 se caractérise par une durée d'ensoleillement conforme à la normale et un nombre de jours de forte chaleur supérieur à la moyenne (14 en 2016, 17 en 2017), les nombres de jours moyens de dépassement de l'objectif de qualité dans l'agglomération et en zone rurale en 2017 sont relativement comparables à ceux de 2009, 2012, 2014 et 2016 (Figure 45) ; quatre années se situant plutôt dans la moyenne basse en termes de conditions météorologiques évoquées.

Sur la période 1998-2017, **le nombre de jours de dépassement ne montre pas de nette tendance à la baisse. Il reste encore supérieur à l'objectif de qualité** (aucun dépassement autorisé).

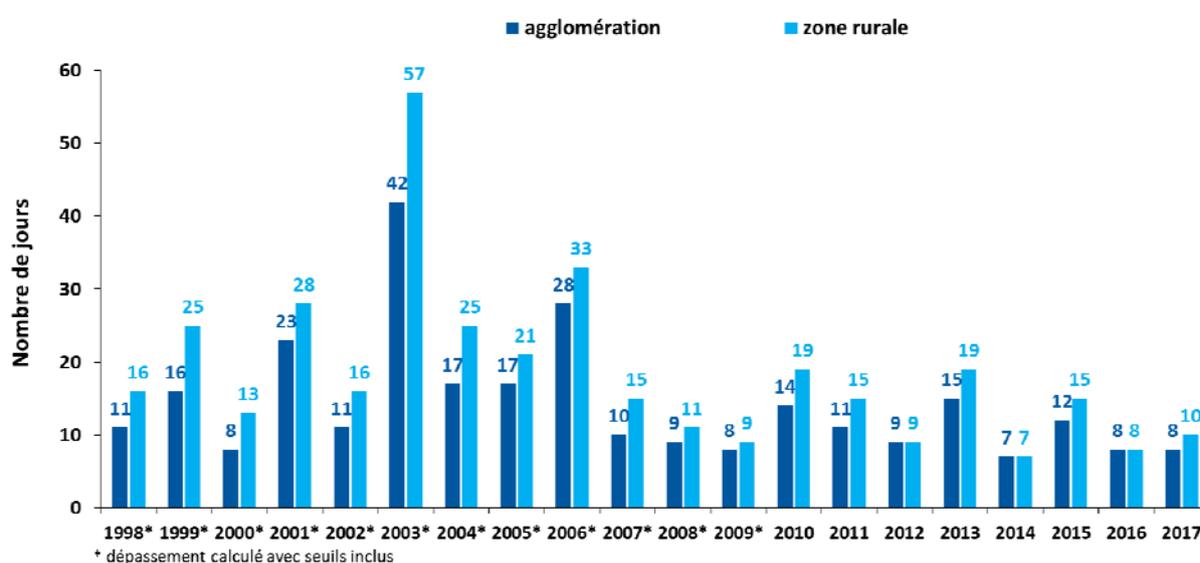


Figure 45 : nombre moyen de jours de dépassement de l'objectif de qualité en ozone (O₃) (seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures) en Île-de-France de 1998 à 2017

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 46 illustre la situation en ozone par rapport à la valeur cible pour la protection de la santé, calculée en moyenne sur 3 ans.

La valeur cible pour la protection de la santé est respectée en tout point de l'Île-de-France, respectivement pour la dixième et la neuvième année consécutive. Sur la période 2015-2017, les nombres de jours de dépassement de la valeur cible sur les stations les plus fortes dans l'agglomération et en zone rurale sont comparables à ceux relevés sur la période 2014-2016. Ces deux périodes enregistrent le plus faible nombre de jours de dépassement sur tout l'historique (13 j.).

Le dépassement de la valeur cible semble donc peu probable à l'avenir, y compris dans les zones rurales et périurbaines de l'Île-de-France.

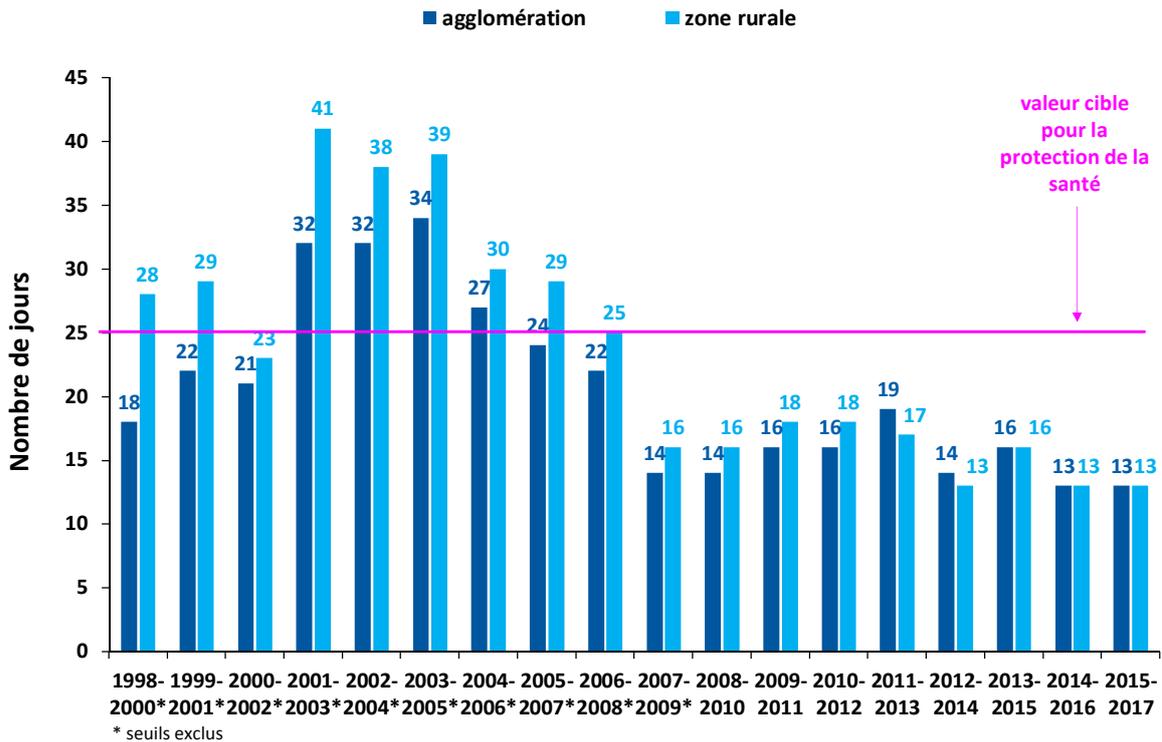


Figure 46 : nombre de jours de dépassement du seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures en ozone en moyenne sur 3 ans (valeur cible pour la protection de la santé) sur la station de mesure la plus forte en Île-de-France de 1998-2000 à 2015-2017

Entre 1995 et 2017, les niveaux moyens annuels d'ozone mesurés dans l'agglomération parisienne ont augmenté de 90 % (Figure 47). Cette hausse s'est produite dans la première partie de l'historique. **Entre 1994 et 2003, le rythme moyen annuel de hausse était d'environ +7 % par an. Depuis 2003, les niveaux urbains de fond en ozone sont statistiquement stables. Les périodes 2013-2015 et 2015-2017 enregistrent les plus fortes concentrations moyennes en ozone sur tout l'historique.**

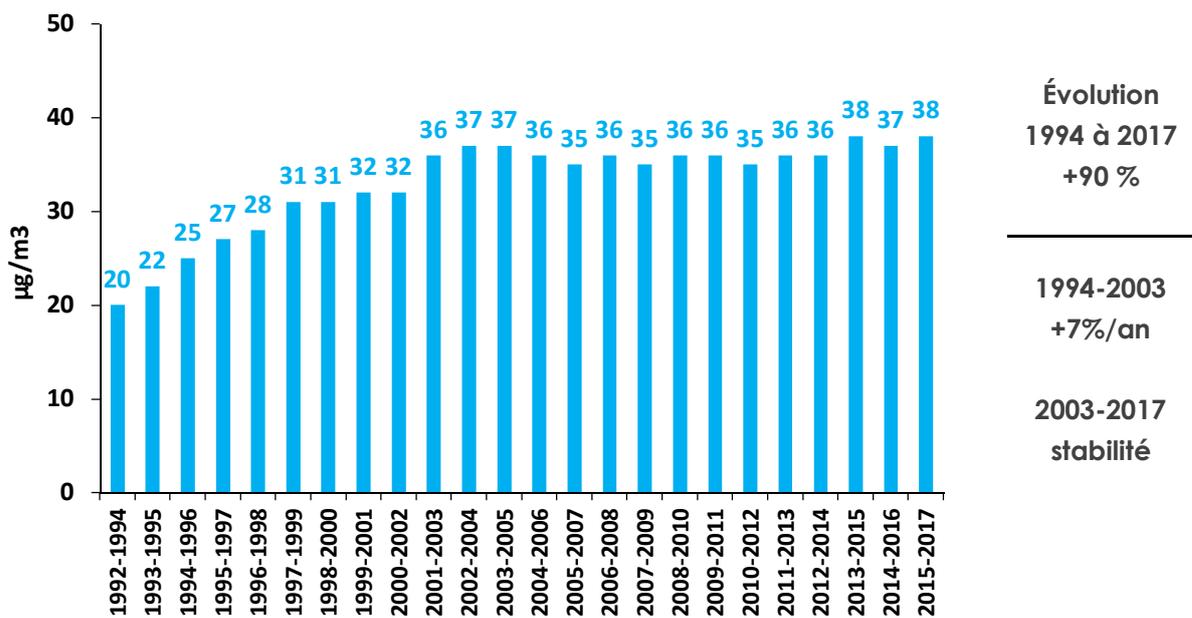


Figure 47 : évolution, à échantillon constant de trois stations urbaines de fond, de la concentration moyenne sur 3 ans en ozone (O₃) dans l'agglomération parisienne de 1992-1994 à 2015-2017

Cette hausse a été constatée en France, mais également dans toute l'Europe. Elle est principalement liée à deux phénomènes. Le premier tient paradoxalement à la diminution des niveaux d'oxydes d'azote (NO_x) dans les grandes agglomérations des pays les plus développés. En effet, la baisse régulière des niveaux de monoxyde d'azote (NO), qui localement dans les cœurs urbains détruit chimiquement l'ozone, induit une hausse des niveaux moyens d'ozone. Le second s'observe dans l'ensemble de l'hémisphère nord : il tient à la hausse globale des émissions de précurseurs de l'ozone. **Les scientifiques s'accordent pour dire qu'il n'y aura pas de baisse des niveaux moyens d'ozone tant que les émissions de précurseurs à l'échelle globale ne diminueront pas de manière sensible** [Collette et al., 2011 ; Guerreiro et al., 2014 ; Weber et al., 2018].

Sur le moyen terme, l'ozone reste en Île-de-France une problématique chronique récurrente.

Les niveaux de pointe dans et autour de Paris, comme pour les autres grandes agglomérations européennes, ont plutôt tendance à diminuer depuis dix ans, sans qu'il soit possible d'en évaluer précisément l'ampleur. Les niveaux journaliers ont, à l'inverse, plutôt tendance à légèrement progresser et semblent corrélés à la diminution des émissions d'oxydes d'azote au cœur des villes. Les modélisations sont peu nombreuses et souvent contradictoires quant aux niveaux de pointe d'ozone à attendre dans les prochaines années. L'évolution éventuelle de la fréquence des épisodes caniculaires aura un impact important sur ce paramètre.

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 48 indique les concentrations d'ozone les plus fortes relevées depuis 1992.

Historique 1992-2017	Fond urbain et péri-urbain		Fond rural régional	
	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	55	Les Ulis, 2003	62	Zone rurale Sud-Ouest Forêt de Rambouillet, 2003
Concentration horaire maximale	340	Tremblay-en-France le 11 août 1998 à 18h légales	327 ⁽¹⁾	Zone rurale Sud-Est Forêt de Fontainebleau, le 31 juillet 1992 à 20h légales
Concentration sur 8 heures maximale	252	Les Ulis le 8 août 2003 de 13h à 21h légales	260	Zone rurale Sud-Ouest Forêt de Rambouillet, le 8 août 2003 de 13h à 21h légales
	Valeur (jours)	Où et quand ?	Valeur (jours)	Où et quand ?
Nombre de jours de dépassement de 120 µg/m ³ sur 8h le plus fort	56	Les Ulis, 2003	68	Zone rurale Sud-Ouest Forêt de Rambouillet, 2003
Nombre de jours de dépassement de 180 µg/m ³ sur 1h le plus fort	14	Cergy-Pontoise, 2003	18	Zone rurale Sud-Ouest Forêt de Rambouillet, 1995

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

Figure 48 : records annuels pour l'ozone (O₃) en Île-de-France sur l'historique 1992-2017

En résumé pour l'ozone

Problématique chronique récurrente

Stabilisation des niveaux moyens d'ozone depuis 2003

Valeurs cibles pour la protection de la santé et de la végétation largement respectées
Dépassements de l'objectif de qualité français (santé, végétation) encore nombreux en 2017

intensité d'un dépassement	
très largement	> + 50 %
largement	+ 30 à + 50 %
modérément	+ 10 à + 30 %
légèrement	0 à + 10 %

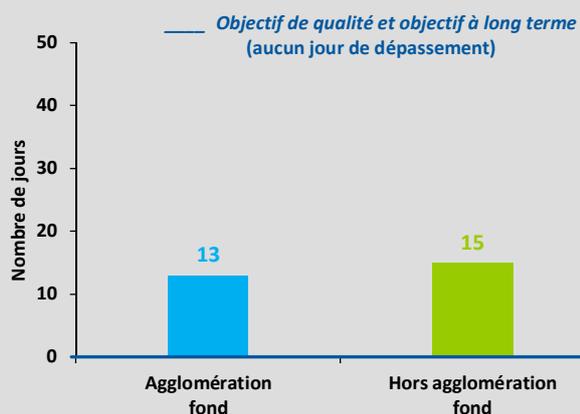
pas de dépassement



Ozone (O ₃)	2017			2007-2016		
	Fond agglomération	Fond rural	Proximité trafic	Fond agglomération	Fond rural	Proximité trafic
Dépassement de l'objectif de qualité (santé)						
Dépassement de l'objectif à long terme applicable en 2020 (santé)			non mesuré	tous les ans	tous les ans	non mesuré
Dépassement de la valeur cible (santé)			non mesuré			non mesuré
Dépassement de l'objectif de qualité (végétation)						
Dépassement de l'objectif à long terme applicable en 2020 (végétation)			non mesuré	tous les ans	tous les ans	non mesuré
Dépassement de la valeur cible (végétation)			non mesuré			non mesuré

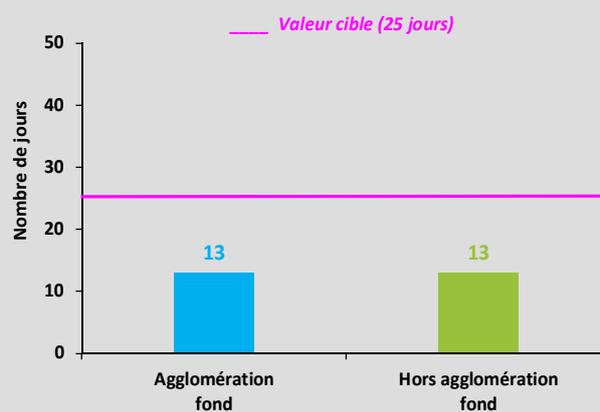
Ozone (O₃) santé

Objectif de qualité et objectif à long terme
Station de mesure la plus forte en 2017
en Île-de-France



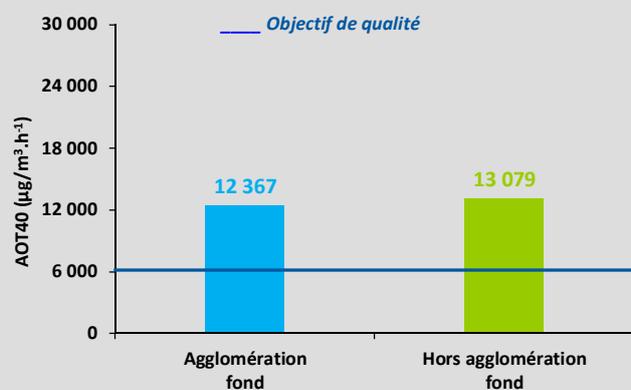
Ozone (O₃) santé

Valeur cible
Station de mesure la plus forte en 2017
en Île-de-France



Ozone (O₃) végétation

Objectif de qualité et objectif à long terme
Station de mesure la plus forte en 2017
en Île-de-France



Ozone (O₃) végétation

Valeur cible
Station de mesure la plus forte en 2017 en Île-de-France

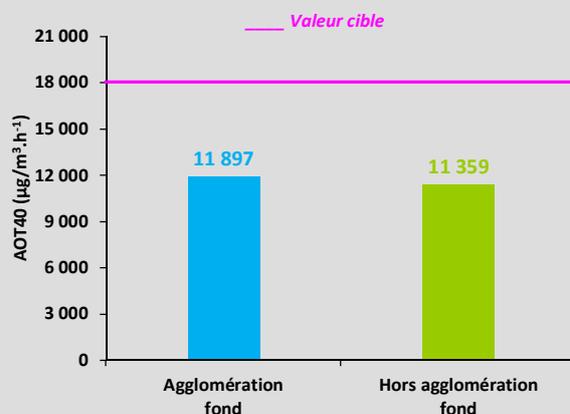
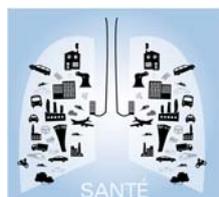


Figure 49 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en ozone (O₃) en Île-de-France en 2017

Benzène (C₆H₆)



Le **benzène** est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). C'est un polluant émis majoritairement par le trafic routier, plus particulièrement les véhicules à motorisation essence (dont les deux-roues motorisés). Il est également présent à proximité des zones de stockage et de distribution de carburants, comme les stations-service. Dans une moindre mesure, il peut aussi être émis en hiver par les activités liées au chauffage résidentiel, en particulier le chauffage domestique au bois [Baudic et al., 2016].



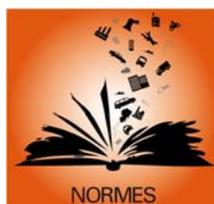
Effets sur la santé :

Le benzène est cancérogène pour l'homme [IARC, 2012]. De plus, sa dégradation dans l'atmosphère produit des composés de type phénols, nitrophénols, nitrobenzène, peroxyacetyl nitrate qui ont également des effets toxiques et/ou cancérogènes.

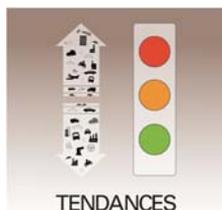


Effets sur l'environnement :

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



Valeur limite	Protection de la santé humaine	5 µg/m ³ en moyenne annuelle civile
Objectif de qualité	Protection de la santé humaine	2 µg/m ³ en moyenne annuelle civile



Tendances	
1994-2017	2007-2017
↘↘	↘

Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible
Valeur limite annuelle	Objectif de qualité
Respectée	Dépassé

Tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier, les niveaux de benzène tendent à se stabiliser en 2017. 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 encore dépassé le long de certaines voies de circulation franciliennes.

SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

Les cartes de la Figure 50 illustrent les concentrations moyennes annuelles en benzène en Île-de-France, ainsi qu'un zoom sur la petite couronne parisienne pour l'année 2017.

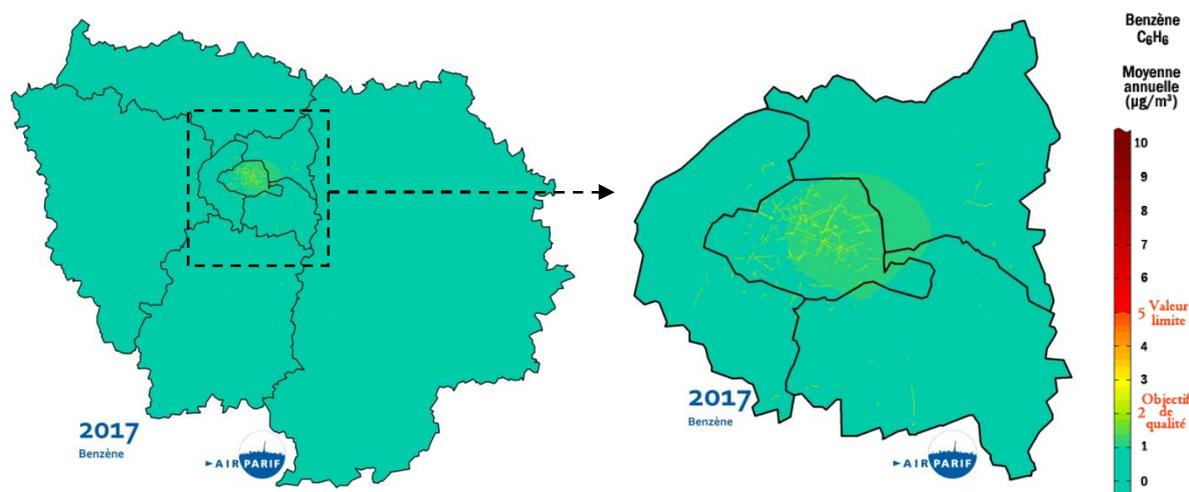


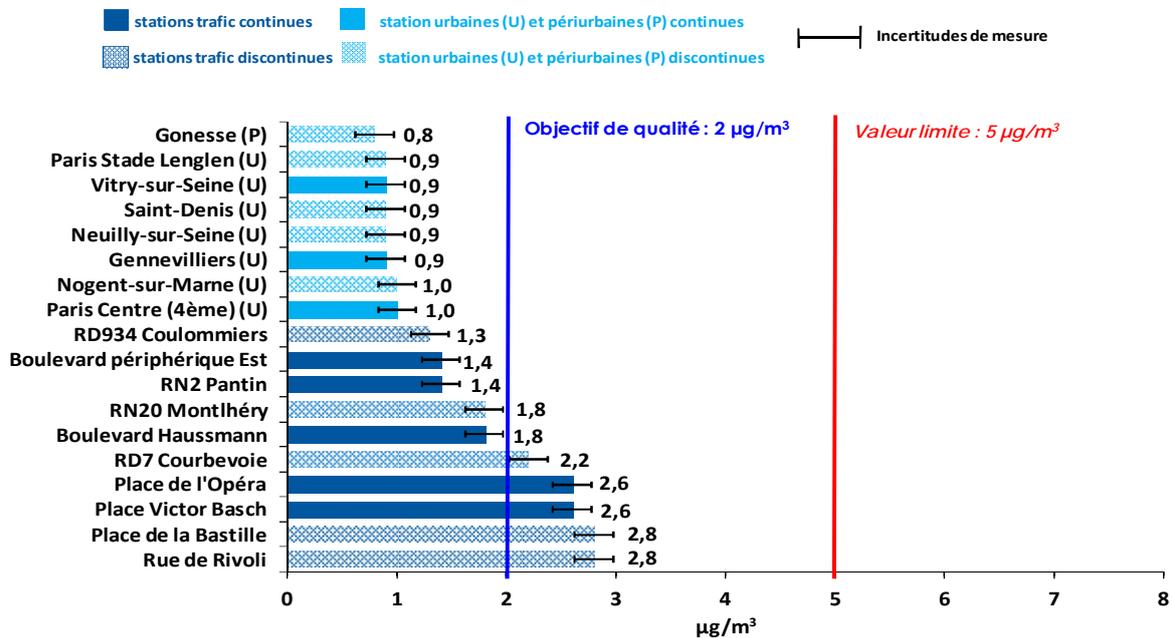
Figure 50 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne en 2017

Chaque année, les concentrations moyennes annuelles de benzène sont légèrement plus élevées dans le cœur dense de l'agglomération parisienne. En situation de fond, les concentrations de benzène sont largement inférieures à l'objectif de qualité français et à la valeur limite européenne (2 µg/m³ et 5 µg/m³, respectivement). Les niveaux relevés en 2017, compris entre 0,9 et 1,0 µg/m³, sont proches de ceux des années 2015 et 2016 (Figure 51).

Les concentrations moyennes annuelles en benzène sont plus élevées au droit des axes de circulation 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 d'Airparif, elles sont comprises entre 1,3 et 2,8 µg/m³. Cette gamme de concentrations est comparable à celle observée en 2016.

En 2017, l'objectif de qualité français (fixé à 2 µg/m³ en moyenne annuelle) reste dépassé sur la moitié des stations trafic réparties sur le réseau d'Airparif (Figure 51). Les niveaux annuels de benzène sont largement inférieurs au seuil de la valeur limite (fixé à 5 µg/m³). Ce constat se base sur les résultats de la modélisation et les observations du réseau de mesure, notamment sur les axes parisiens chargés (Rue de Rivoli, Place Victor Basch...).

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



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

Figure 51 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France en 2017

En 2017, moins d'1 % de la population francilienne est potentiellement exposée à un air excédant l'objectif de qualité français (fixé à 2 µg/m³ en moyenne) pour le benzène. La majorité des personnes concernées par ce dépassement réside dans l'agglomération parisienne.

Le nombre de Franciliens potentiellement soumis à un dépassement de l'objectif de qualité en benzène est en **forte baisse depuis le début des années 2000** (Figure 52). En 2002, 3,2 millions de Franciliens étaient en effet potentiellement touchés.

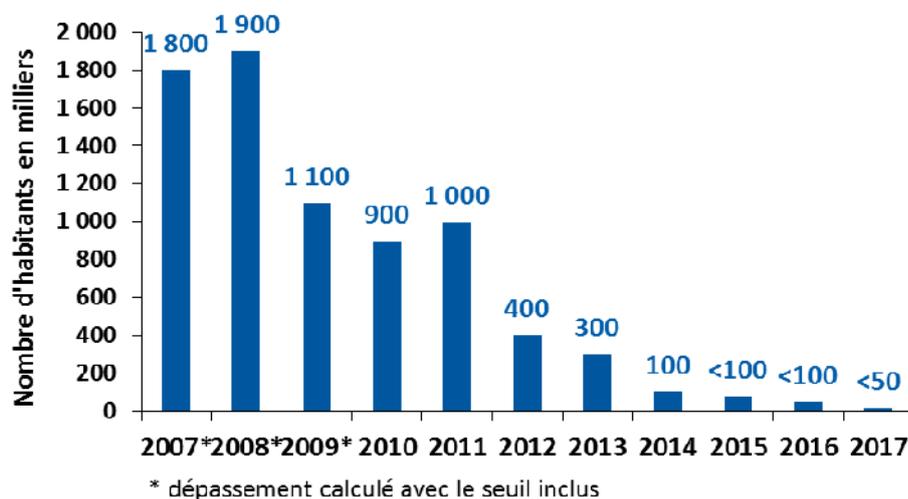


Figure 52 : évolution du nombre d'habitants potentiellement concernés par un dépassement de l'objectif de qualité en benzène en Île-de-France de 2007 à 2017

ÉVOLUTION PLURI-ANNUELLE

Les cartes de la Figure 53 illustrent les concentrations moyennes annuelles en benzène de 2011 à 2017 en Île-de-France, ainsi qu'un zoom sur la petite couronne parisienne pour l'année 2017.

Une tendance à la baisse des niveaux moyens annuels en benzène sur la région Île-de-France est nettement visible sur la période 2011-2017.

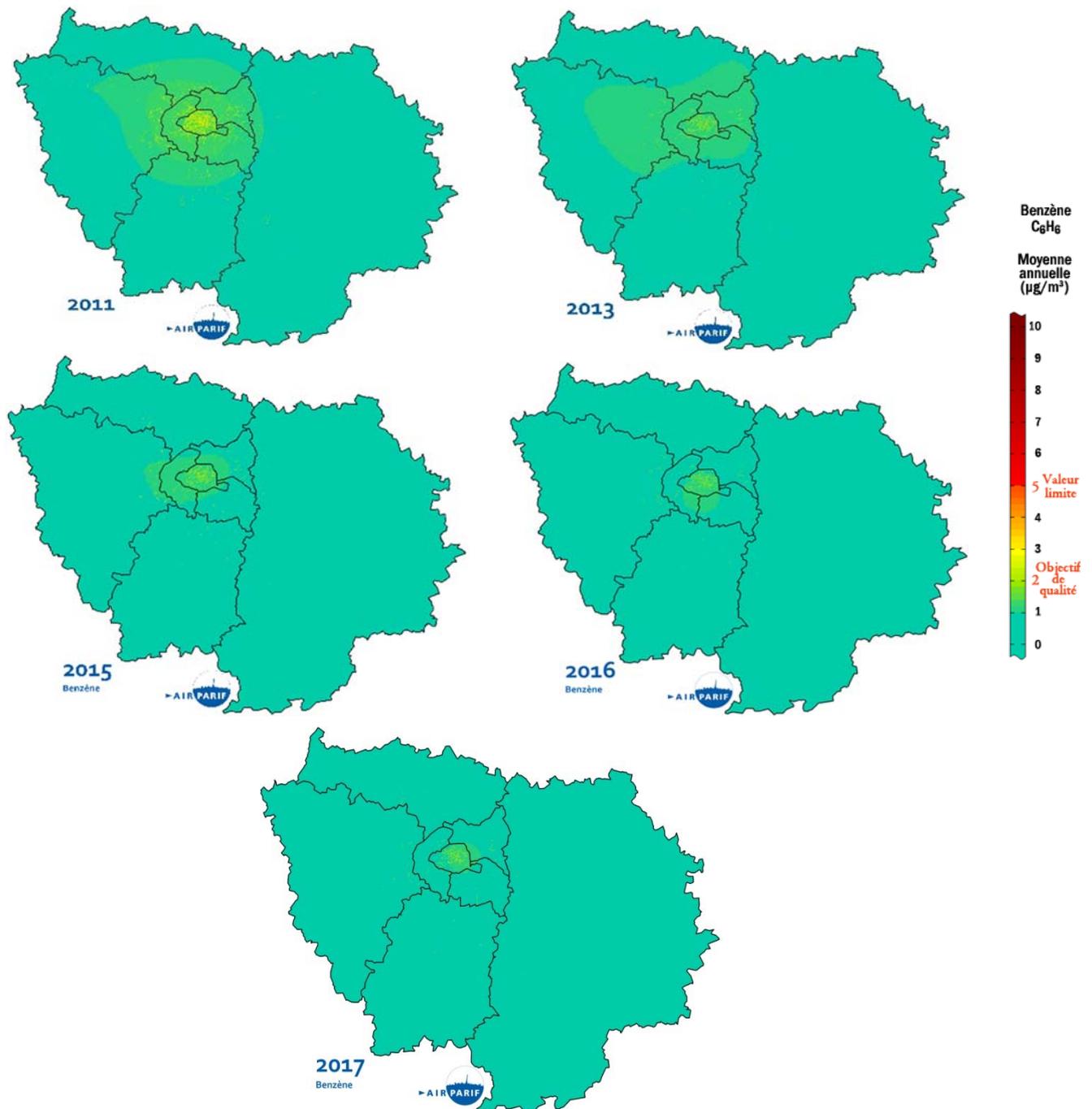


Figure 53 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France de 2011 à 2017 et zoom sur Paris et la petite couronne pour 2017

Après une très forte baisse enregistrée jusqu'au début des années 2000 (-66 % entre 1994-1996 et 2000-2002, de par la diminution du taux de benzène dans les carburants), **les niveaux diminuent beaucoup plus lentement ces dernières années et tendent à se stabiliser** (Figure 54).

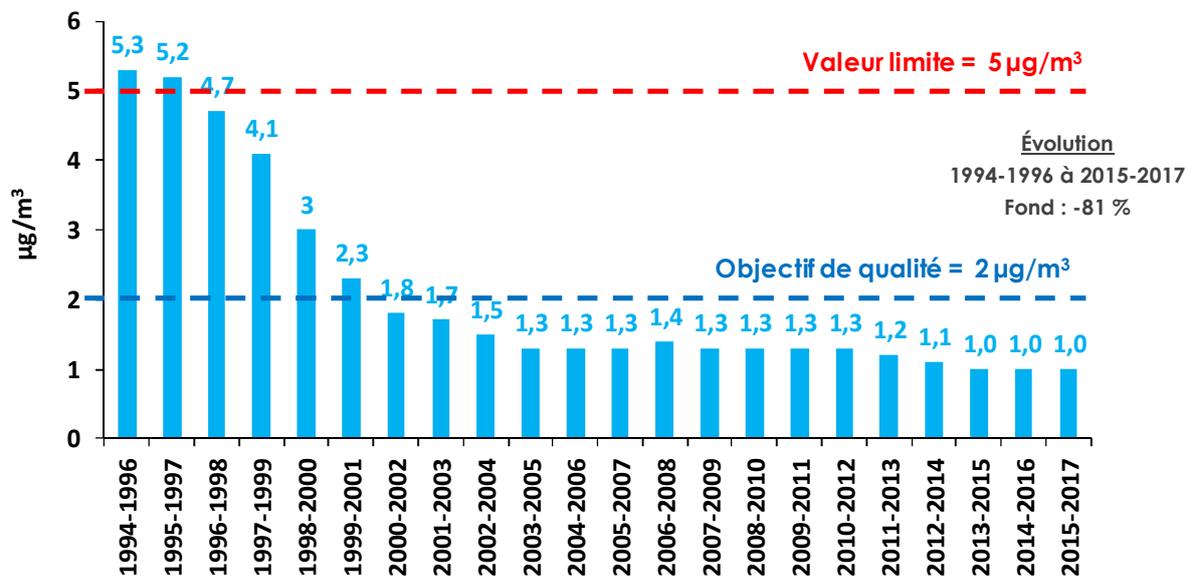


Figure 54 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, de la concentration moyenne de benzène sur 3 ans dans l'agglomération parisienne de 1994-1996 à 2015-2017

À proximité du trafic routier, la tendance des teneurs en benzène suit celle des autres polluants primaires directement émis par le trafic (particules, NO₂), avec toutefois une baisse plus marquée en 2000, date à laquelle une réglementation européenne¹⁴ a limité le taux de benzène dans les carburants (Figure 55). Entre 1994-1996 et 2000-2002, la concentration moyenne en benzène sur la station trafic de la Place Victor Basch a diminué d'un facteur 3. **Depuis 2007, la baisse observée s'est sensiblement ralentie** (environ -40 % entre 2007 et 2017).

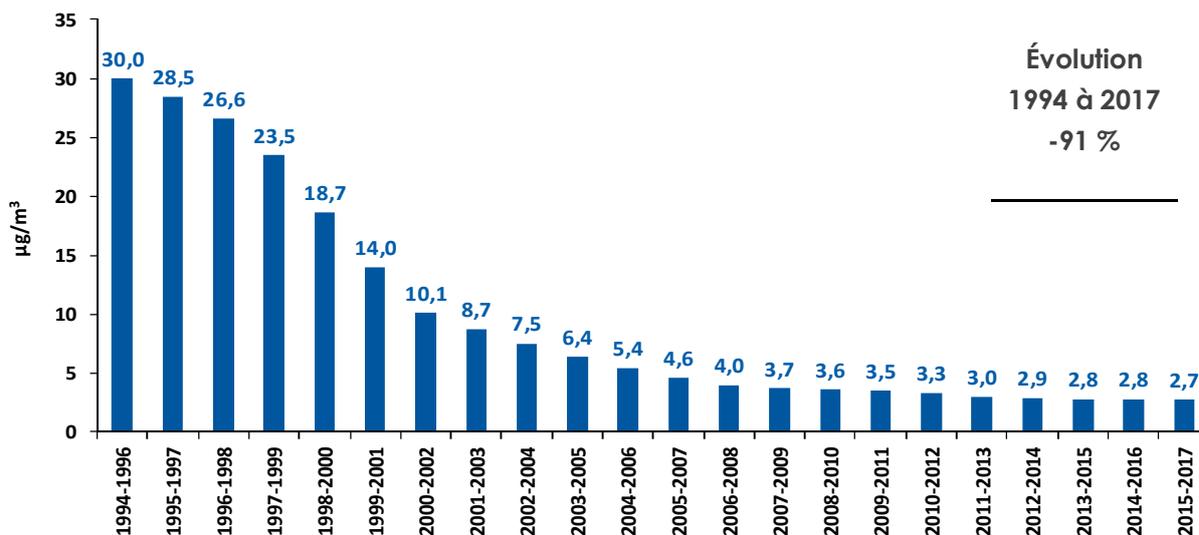


Figure 55 : évolution de la concentration moyenne 3 ans en benzène sur la station trafic de la Place Victor Basch à Paris de 1994-1996 à 2015-2017

¹⁴ Directive 98/70/CE du Parlement européen et du Conseil du 13 octobre 1998, modifiée par la Directive Européenne n°2003-17/CE du 03 mars 2003.

En résumé pour le benzène

Respect de la valeur limite annuelle (fixée à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en tout point de l'Île-de-France en 2017
Dépassement de l'objectif de qualité (fixé à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à proximité du trafic routier

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

Après une décroissance significative des teneurs jusqu'au début des années 2000, la baisse se poursuit à un rythme sensiblement plus faible sur la période 2007-2017

Niveaux de benzène globalement stables entre 2016 et 2017

	2017			2005-2016		
	Fond agglomération	Fond rural	Proximité trafic	Fond agglomération	Fond rural	Proximité trafic
Dépassement de l'objectif de qualité		non mesuré			non mesuré	tous les ans
Dépassement de la valeur limite		non mesuré			non mesuré	

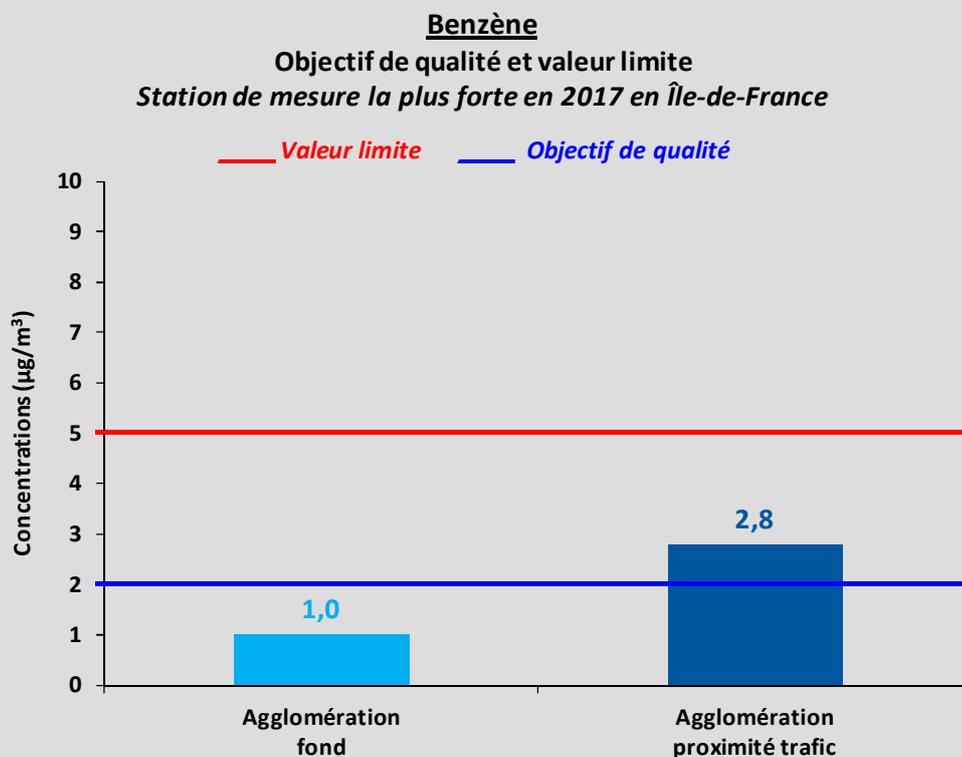


Figure 56 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en benzène (C_6H_6) en Île-de-France pour l'année 2017

AUTRES HYDROCARBURES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES (HAM)

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

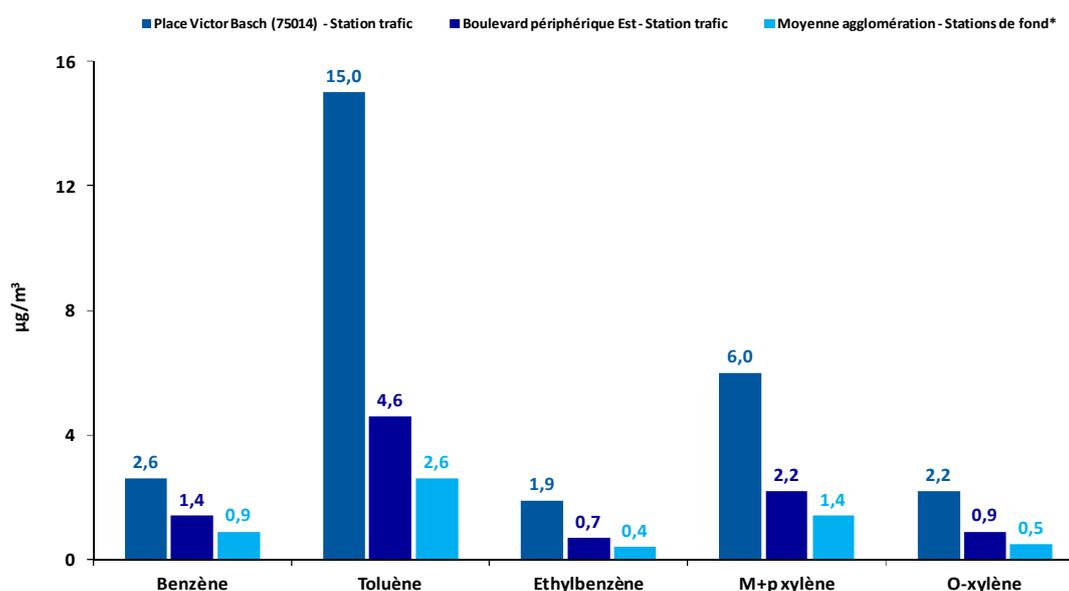
Ces composés ne font pas l'objet de normes de qualité de l'air ambiant. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande de ne pas dépasser la teneur de 260 µg/m³ d'air en moyenne hebdomadaire pour le toluène [OMS, 2000].

La Figure 57 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 2017. La plus forte teneur hebdomadaire enregistrée en 2017 est de 24,8 µg/m³ pour le toluène (valeur proche de 2016). Elle est obtenue sur la station trafic Place de l'Opéra du 09 au 15 octobre 2017. Cette valeur est près de 10 fois inférieure à la recommandation de l'OMS.

La concentration moyenne annuelle du toluène relevée à la station Place Victor Basch (15 µg/m³) est trois fois plus élevée que sur le Boulevard Périphérique Est et cinq fois plus importante qu'en situation de fond (Figure 58).

	Concentrations moyennes annuelles (µg/m ³)				
	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	M+p xylène	O-xylène
Paris Centre (4 ^{ème})	1,0	3,2	0,6	1,8	0,7
Gennevilliers	0,9	2,4	0,4	1,3	0,5
Vitry-sur-Seine	0,9	2,3	0,3	1,0	0,4
Moyenne agglomération fond	0,9	2,6	0,4	1,4	0,5
Boulevard Périphérique Est	1,4	4,6	0,7	2,2	0,9
Place Victor Basch	2,6	15,0	1,9	6,0	2,2
Bd Haussmann	1,8	9,1	1,3	4,2	1,6
Place de l'Opéra	2,6	14,3	2,0	6,6	2,4
RN2 Pantin	1,4	5,2	0,8	2,6	1,0

Figure 57 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en continu en Île-de-France en 2017



* Moyenne des concentrations annuelles des HAM mesurés en 2017 au sein de trois stations urbaines de fond

Figure 58 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en 2017 au sein de deux stations trafic parisiennes (Place Victor Basch, Boulevard Périphérique Est) et en situation de fond urbain

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

Benzo(a)pyrène (BaP) et autres Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)



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



Effets sur la santé :

La toxicité des HAP varie fortement d'un composé à l'autre. La plupart des HAP sont mutagènes. Ils peuvent notamment entraîner une diminution de la réponse du système immunitaire.

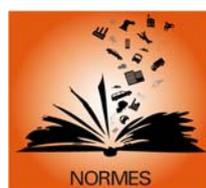
Le benzo(a)pyrène, considéré comme un traceur de la pollution urbaine aux HAP, est cancérigène pour l'homme. D'autres HAP sont reconnus cancérigènes probables ou possibles [IARC, 2012].

De nouvelles connaissances relient l'exposition aux HAP et l'état de santé cardiovasculaire. Mais les effets des HAP ne peuvent être individualisés de ceux des particules [OMS, 2013].



Effets sur l'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.



Valeur cible	Protection de la santé humaine	Benzo(a)pyrène dans la fraction PM ₁₀ 1 ng/m ³ en moyenne annuelle civile
--------------	--------------------------------	--



	Tendances		Normes à respecter dans la mesure du possible
	1999-2017	2007-2017	
Loin du trafic	→	→	Valeur cible Respectée
Le long du trafic	↘↘	↘	Respectée

BENZO(A)PYRÈNE

SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

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

Des différences de concentrations en benzo(a)pyrène peuvent être observées entre les sites de fond (Figure 59). 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** (Gennevilliers, Argenteuil) **voire en grande couronne francilienne** (Pommeuse) **que dans Paris et ses communes limitrophes.**

Le site périurbain de Pommeuse a été mis en service fin 2016, suite à un programme d'études lancé par Airparif en 2012, visant à identifier les zones potentiellement plus exposées au BaP au sein de l'agglomération parisienne et hors agglomération. Le site de Pommeuse (77), représentatif d'une zone résidentielle consommatrice de bois de chauffage en grande couronne [Airparif, Octobre 2015], enregistre les plus importantes concentrations de BaP en situation de fond (entre 1,7 et 3 fois supérieures à celles des autres stations du réseau).

En 2017, le site trafic BP Est enregistre des niveaux comparables à ceux mesurés à Gennevilliers ou à Argenteuil.

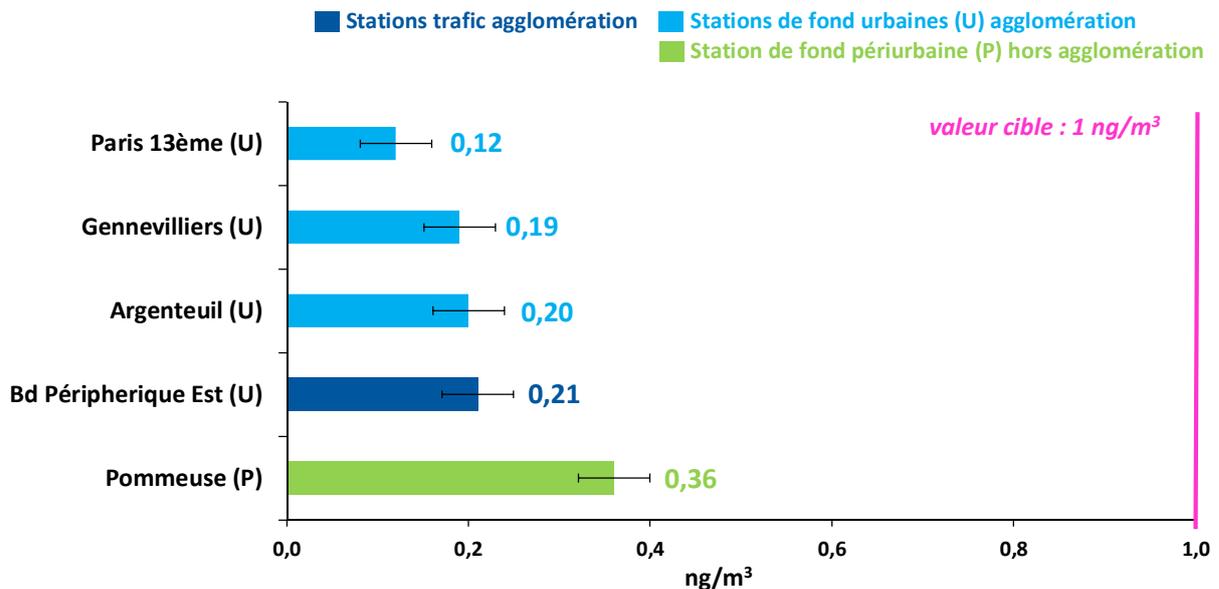


Figure 59 : concentrations moyennes annuelles de benzo(a)pyrène (BaP) en Île-de-France en 2017

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME

Une baisse sensible des niveaux de BaP est observée à proximité du trafic (-77 %) entre 2001 et 2017, en lien avec le renouvellement progressif du parc roulant. En revanche, aucune tendance nette ne se dégage en situation de fond (Figure 60).

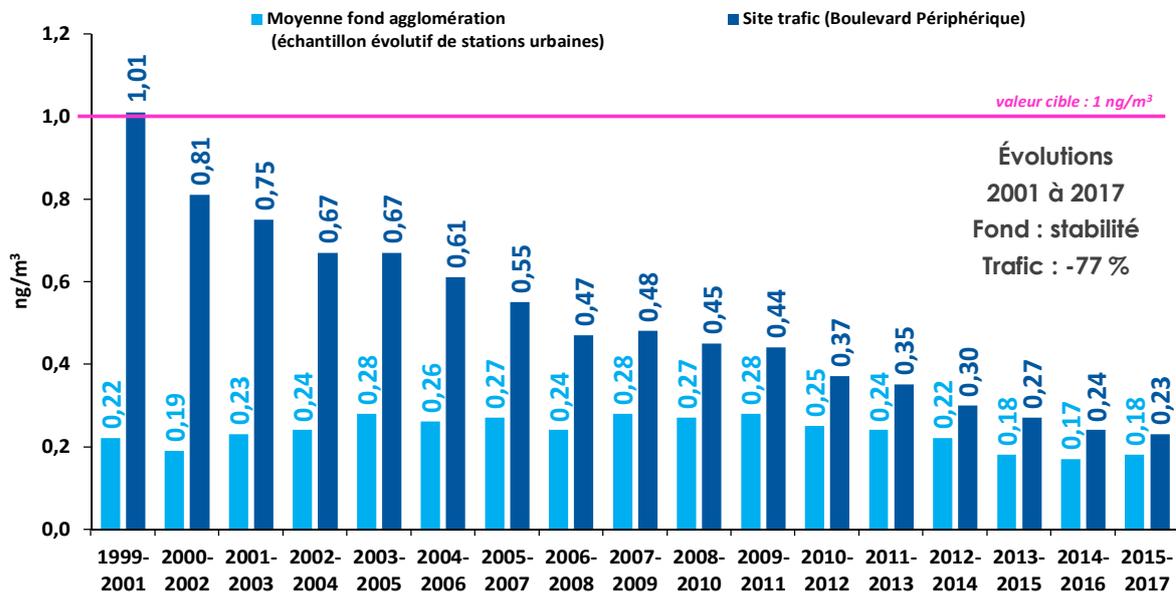


Figure 60 : évolution de la concentration moyenne sur 3 ans de benzo(a)pyrène (BaP) dans l'agglomération parisienne sur un échantillon évolutif de stations urbaines de fond et en site trafic (le long du Boulevard Périphérique) de 1999-2001 à 2015-2017

Les concentrations de fond en benzo(a)pyrène (BaP) fluctuent d'une année à l'autre. Ces fluctuations sont en partie liées aux variations climatiques interannuelles. Hormis un mois de janvier particulièrement froid (température: -42 % par rapport à la normale), l'année 2017 se caractérise par des températures légèrement plus chaudes (+8 %). Les conditions météorologiques clémentes survenues en 2017 ont induit un recours moins important au chauffage, entraînant ainsi une légère diminution des émissions liées à cette source. 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].

Par rapport à l'année 2016, les niveaux de fond moyens relevés en 2017 dans l'agglomération parisienne sont légèrement plus faibles.

Les niveaux maxima journaliers fluctuent également d'une année à l'autre (Figure 61). En 2017, les plus fortes teneurs journalières de benzo(a)pyrène ont été comprises entre 2,0 (BP) et 5,1 ng/m³ (fond agglomération). Ces valeurs ont été enregistrées lors de l'épisode de pollution du mois de janvier, au cours duquel des conditions anticycloniques froides et stables (conduisant à l'accumulation des émissions d'un jour à l'autre) ont persisté. Elles sont légèrement inférieures aux teneurs journalières de BaP relevées lors des épisodes de pollution de particules de décembre 2016, pendant lesquels ces dernières étaient comprises entre 5,2 et 6,4 ng/m³.

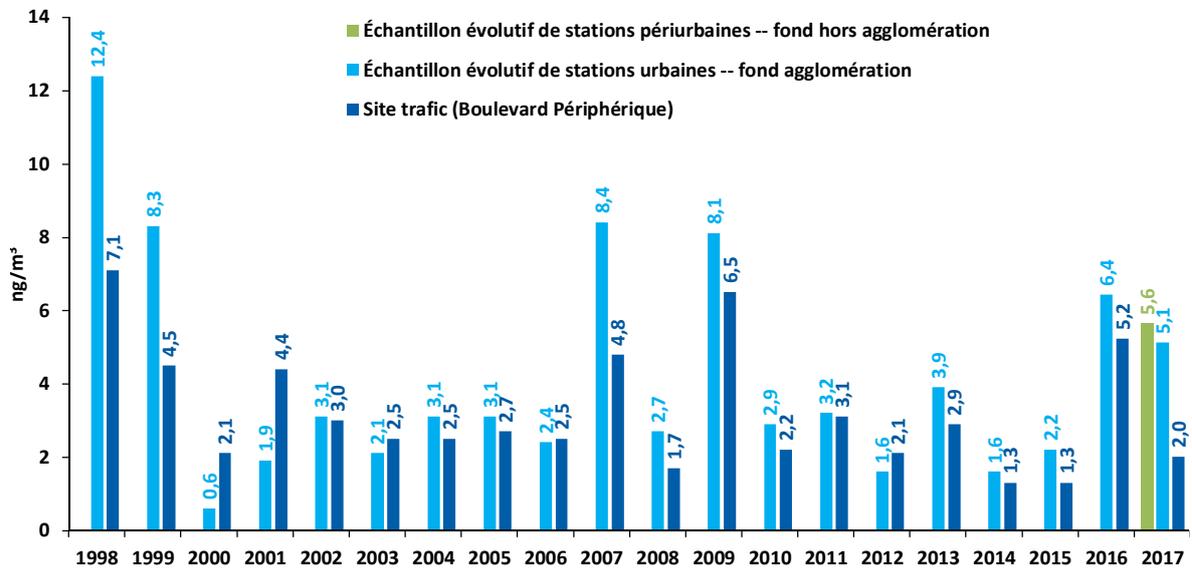


Figure 61 : évolution de la concentration maximale journalière de benzo(a)pyrène (BaP) en et hors agglomération parisienne et à proximité du trafic routier (le long du Boulevard Périphérique) de 1998 à 2017

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 2017 sont mentionnées en Figure 62.

Teneurs moyennes annuelles en ng/m ³	Stations de fond					Station trafic
	urbaine			Moyenne agglomération fond	périurbaine	Boulevard Périphérique Est
	Paris	Gennevilliers	Argenteuil		Pommeuse	
BENZO(a)PYRENE (BaP)	0,12	0,19	0,20	0,17	0,36	0,21
BENZO(a)ANTHRACÈNE (BaA) (*)	0,08	0,13	0,16	0,12	0,28	0,20
BENZO(b)FLUORANTHÈNE (BbF) (*)	0,20	0,27	0,29	0,25	0,48	0,29
BENZO(g,h,i)PERYLENE (BghiP)	0,19	0,25	0,26	0,23	0,37	0,32
BENZO(k)FLUORANTHÈNE (BkF) (*)	0,08	0,12	0,13	0,11	0,22	0,12
BENZO(j)FLUORANTHÈNE (BjF) (*)	0,11	0,15	0,17	0,14	0,28	0,17
INDENO(1,2,3-c,d)PYRENE (IP) (*)	0,15	0,21	0,23	0,20	0,37	0,21
DIBENZO(ah)ANTHRACÈNE (dB) (*)	0,02	nr	0,02	0,02	nr	0,02
Total 8 HAP mesurés	1,00	1,30	1,50	1,20	2,40	1,50

(*) mesure recommandée par la directive européenne

Figure 62 : concentrations moyennes annuelles des huit HAP mesurés en Île-de-France en 2017

Métaux : plomb, arsenic, cadmium et nickel



Les **métaux** proviennent majoritairement de la combustion des combustibles fossiles, des ordures ménagères mais aussi de certains procédés industriels.

Le **plomb (Pb)** était principalement émis par le trafic routier jusqu'à l'interdiction totale de l'essence plombée en 2000. Les principales sources actuelles sont la combustion du bois et du fioul, certaines industries spécifiques ainsi que le trafic routier (abrasion des freins).

L'**arsenic (As)** provient de la combustion de combustibles minéraux solides et du fioul lourd ainsi que de l'utilisation de certaines matières premières, notamment dans la production de verre, de métaux non ferreux ou la métallurgie des ferreux. Le **cadmium (Cd)** est essentiellement émis par l'incinération de déchets, ainsi que la combustion des combustibles minéraux solides, du fioul lourd et de la biomasse.

Le **nickel (Ni)** est émis essentiellement par la combustion du fioul lourd.



Effets sur la santé :

Les métaux s'accumulent dans l'organisme.

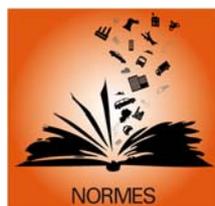
À plus ou moins long terme et pour des expositions chroniques, les métaux lourds provoquent des affections respiratoires (arsenic, cadmium, nickel), cardiovasculaires (arsenic), neurologiques (plomb, arsenic) et des fonctions rénales (cadmium) [Ineris, 2003, 2006, 2010, 2011].

L'arsenic, le cadmium et le nickel sont classés cancérigènes pour l'homme [IARC, 2012].

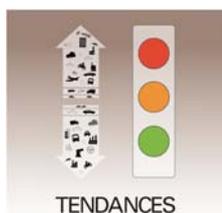


Effets sur l'environnement :

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



Valeur limite annuelle	Protection de la santé humaine	Plomb : 0,5 µg/m ³ en moy. annuelle
Valeur cible	Protection de la santé humaine	Arsenic : 6 ng/m ³ en moy. annuelle Cadmium : 5 ng/m ³ en moy. annuelle Nickel: 20 ng/m ³ en moy. annuelle
Objectif de qualité	Protection de la santé humaine	Plomb : 0,25 µg/m ³ en moy. annuelle



	Tendances	Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible	
	2007 2017		Valeur limite	Objectif de qualité
Pb	→	Respectée	Respecté	
As	↘			Respectée
Cd	↘			Respectée
Ni	↘			Respectée

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

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

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

SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION ET ÉVOLUTION SUR LE LONG TERME

Le **plomb** (Pb), qui a progressivement disparu des carburants à partir de 2000, a vu ses teneurs diminuer de manière très importante en 15 ans (-97 % entre 1991 et 2005)(Figure 63). De cet fait, le plomb ne représente plus un indicateur pertinent du trafic routier. Sa mesure a ainsi été arrêtée sur le site de la Place Victor Basch fin 2005. En situation de fond, où la mesure est assurée depuis 2002, les teneurs sont, chaque année, très faibles et voisines des limites de quantification. **La valeur limite et l'objectif de qualité** (fixés à 0,5 et 0,25 µg/m³, respectivement) **sont tous deux très largement respectés, la moyenne 2017 étant 25 à 50 fois inférieure aux normes**. Le même constat est également observé au voisinage des sites industriels de Limay et de Bagneaux-sur-Loing.

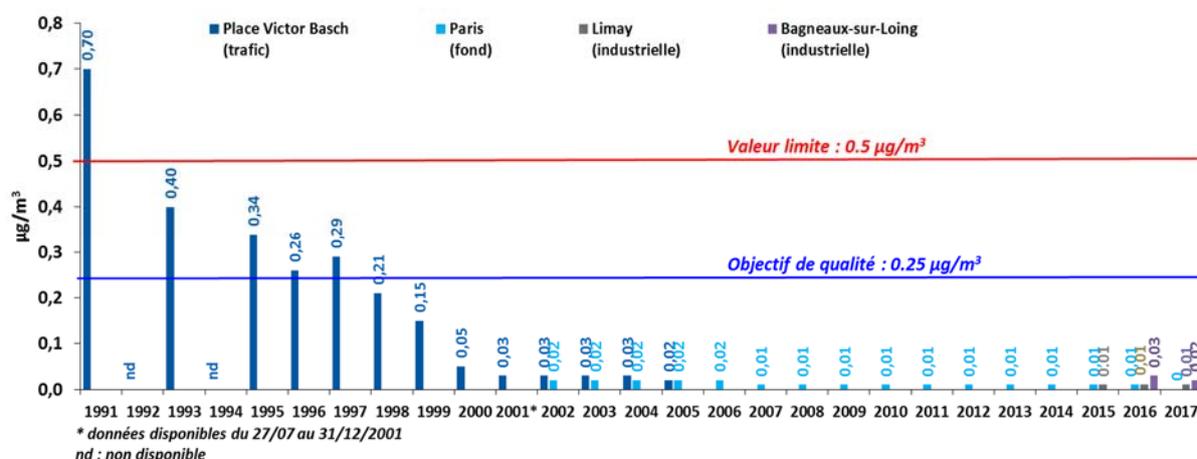


Figure 63 : évolution de la concentration moyenne annuelle de plomb (Pb) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et à Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1991 à 2017

Après une forte baisse enregistrée entre 2007 et 2008 (~-50 %), les teneurs en **arsenic** (As) montraient une tendance à la hausse de 2008 à 2011 en situation de fond. L'année 2012 a mis fin à cette hausse. En 2017, le niveau moyen annuel d'arsenic relevé en site de fond urbain est en baisse par rapport aux années précédentes (Figure 64).

La station de Limay, implantée à proximité d'une installation émettrice de ce composé, relève des niveaux légèrement plus élevés, mais toutefois en baisse constante par rapport à 2015 et 2016.

La station de Bagneaux-sur-Loing enregistre des niveaux beaucoup plus élevés et supérieurs à l'année 2016. 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 l'entreprise Keraglass, des émissions importantes d'arsenic ont été ponctuellement mesurées dans l'air ambiant. Ce site industriel est le premier émetteur d'arsenic en Île-de-France et le cinquième émetteur national. Il est à noter que ces émissions peuvent varier fortement d'une année à l'autre en fonction des productions [Airparif, 2014].

Ces valeurs restent néanmoins inférieures à la valeur cible, fixée à 6 ng/m³.

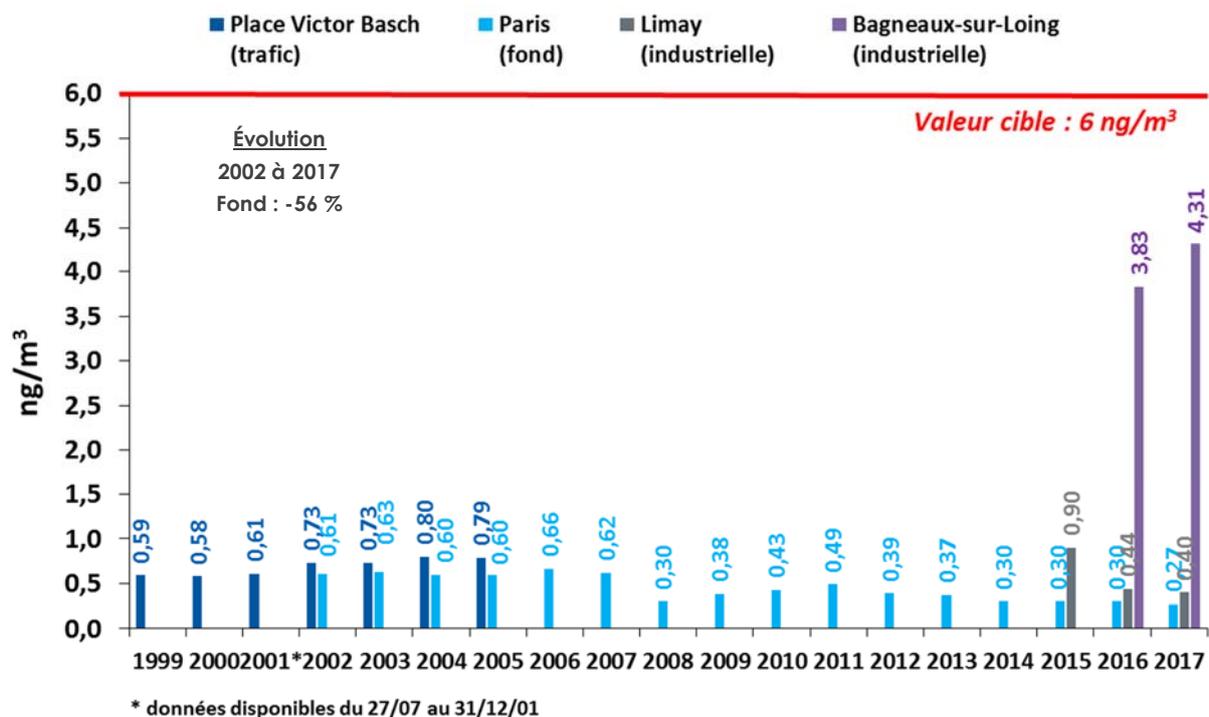


Figure 64 : évolution de la concentration moyenne annuelle d'arsenic (As) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1999 à 2017

Pour le **cadmium** (Cd), les teneurs moyennes annuelles montrent une baisse en fond comme au voisinage du trafic routier entre 1999 et 2005 (Figure 65). Depuis 2008, les niveaux de cadmium ne montrent pas de tendance nette. La moyenne annuelle relevée en fond en 2017 est proche de 2016. Elle est 50 fois inférieure à la valeur cible européenne (fixée à 5 ng/m³). Le site de Limay (industriel) présente des niveaux 1.5 fois plus élevés, mais néanmoins faibles. Le site de Bagneaux-sur-Loing (industriel) enregistre un niveau moyen annuel inférieur à celui mesuré en 2016 (-30 %). **Ces valeurs sont très largement inférieures à la valeur cible de 5 ng/m³.**

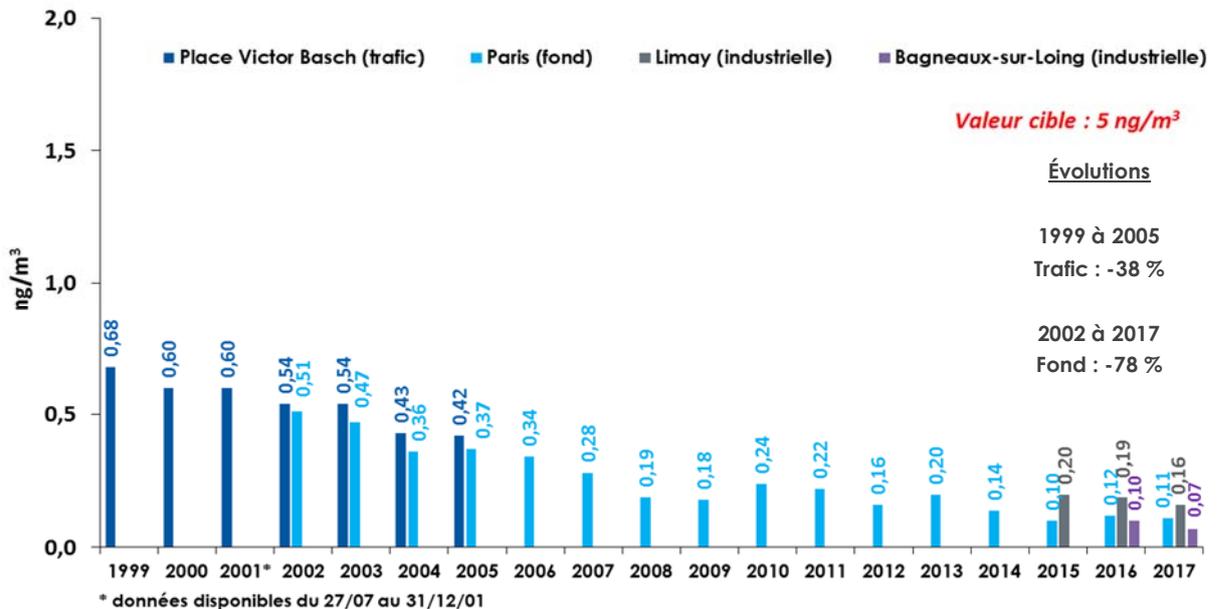


Figure 65 : évolution de la concentration moyenne annuelle de cadmium (Cd) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et à Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1999 à 2017

Des mesures de **nickel** (Ni) sont disponibles depuis 2007 sur la station de référence de Paris 1^{er} Les Halles jusqu'en 2010, puis sur la station de fond de Paris 18^{ème}. Entre 2007 et 2017, les concentrations moyennes annuelles en fond sont comprises entre 0,9 et 2,6 ng/m³, soit des teneurs de 8 à près de 20 fois inférieures à la valeur cible (fixée à 20 ng/m³) (Figure 66). Les niveaux de nickel enregistrés en fond en 2017 sont légèrement plus élevés qu'en 2016. Les concentrations mesurées en 2017 sur le site industriel de Limay sont inférieures à celles relevées en 2016. Celles-ci sont proches des niveaux relevés sur le site de référence urbain. Le site industriel de Bagneaux-sur-Loing enregistre également une concentration moyenne annuelle faible et similaire à 2016. Elle reste inférieure à celle relevée en fond urbain.

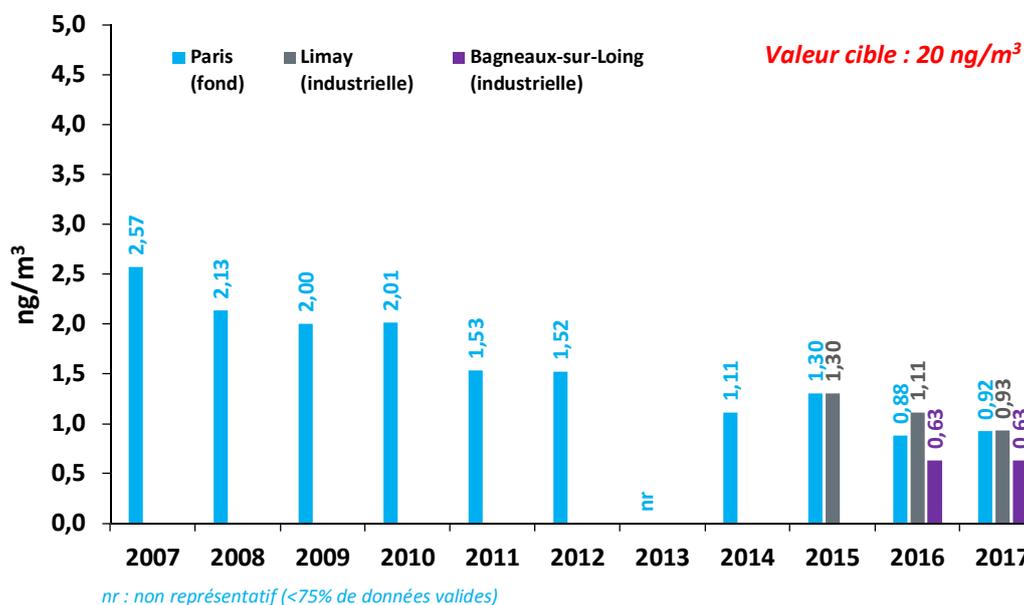


Figure 66 : évolution de la concentration moyenne annuelle de nickel (Ni) à Paris (fond) de 2007 à 2017, à Limay (industrielle) de 2015 à 2017 et à Bagneaux-sur-Loing de 2016 à 2017

Monoxyde de carbone (CO)



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



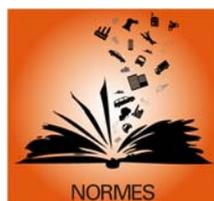
Effets sur la santé :

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.



Effets sur l'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).



Valeur limite	Protection de la santé humaine	10 000 µg/m ³ en moyenne glissante sur 8 heures
---------------	--------------------------------	--



	Tendances		Normes à respecter
	1996-2017	2008-2017	Valeur limite
Loin du trafic	-	→	Respectée
Le long du trafic	↘↘	↘	Respectée

Une baisse constante depuis le début des mesures et des niveaux de CO très inférieurs aux normes réglementaires.

SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÈGLEMENTATION

La **valeur limite pour la protection de la santé** (fixée à 10 000 µg/m³ sur une période de 8 heures) **est largement respectée en situation de fond** (maximum en 2017 = 1 488 µg/m³ enregistré sur la station urbaine de fond Aubervilliers), **ainsi qu'à proximité du trafic** (maximum 2017 = 1 475 µg/m³ relevé sur la station Place Victor Basch) (Figure 67).

En 2017, les niveaux moyens de CO sont comparables à ceux mesurés en 2016.

En revanche, les concentrations maximales sur 8 heures de CO ont diminué.

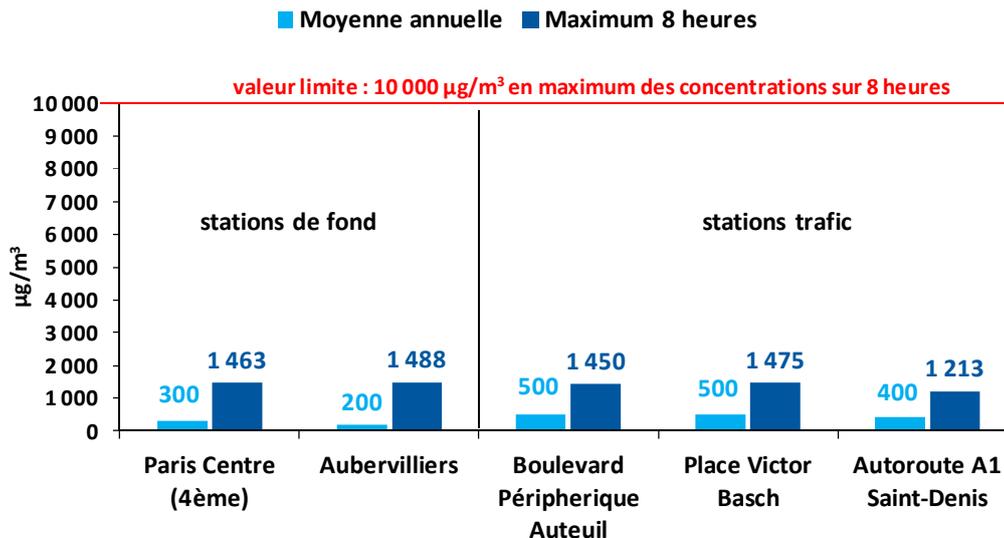


Figure 67 : concentrations moyennes annuelles et maximales sur 8 heures de monoxyde de carbone (CO) en Île-de-France en 2017

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME

Une baisse sensible est observée sur l'historique, avec une diminution de -88 % entre 1996 et 2017 sur les sites trafic (Figure 68). Les concentrations moyennées sur 3 ans tendent à se stabiliser depuis 2010. 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. Toutefois, l'écart tend à se réduire d'année en année.

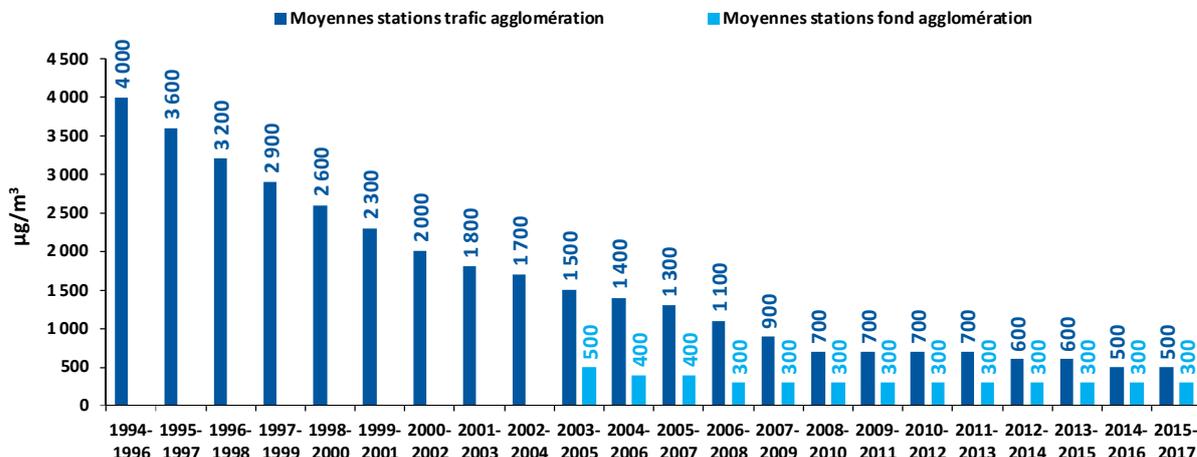


Figure 68 : évolution de la concentration moyenne 3 ans en monoxyde de carbone (CO) à proximité au trafic et en situation de fond dans l'agglomération parisienne de 1994-1996 à 2015-2017

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

La Figure 69 montre que les concentrations maximales de CO sur 8 heures ont connu, comme pour les moyennes annuelles, de fortes baisses depuis 25 ans. Les teneurs maximales sont aujourd'hui 10 fois inférieures à celles relevées il y a vingt-cinq ans, du fait des **progrès technologiques importants dans les émissions des véhicules routiers**. Les dernières années sont les plus faibles de l'historique.

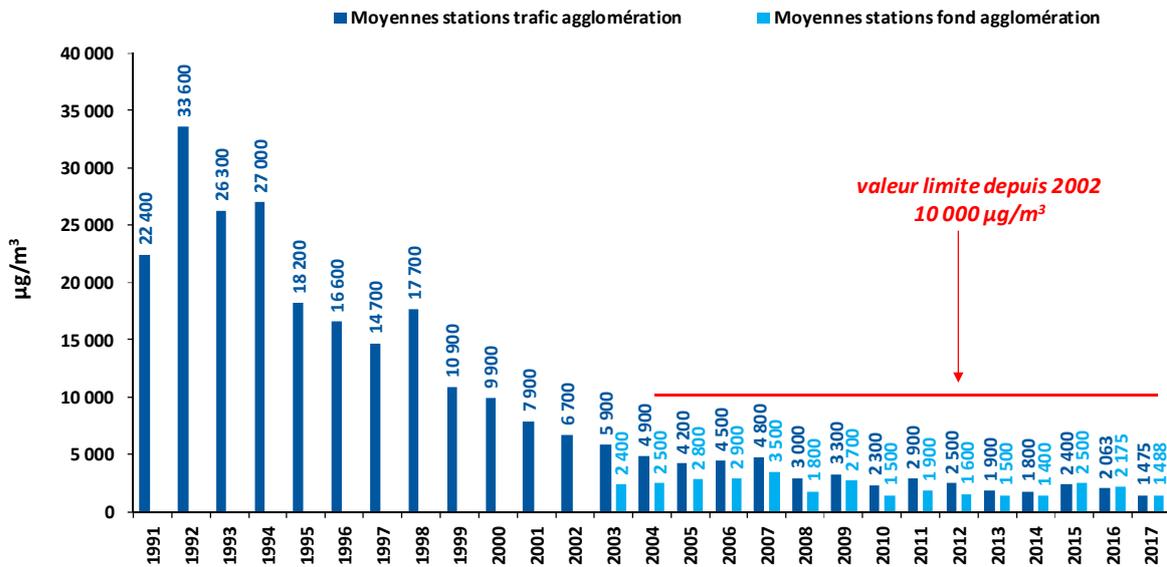


Figure 69 : évolution des concentrations maximales sur 8 heures de monoxyde de carbone (CO) dans l'agglomération parisienne de 1991 à 2017

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

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 70 recense les plus fortes concentrations de monoxyde de carbone mesurées sur la période 1991-2017.

Historique 1991-2017	Fond	Proximité au trafic		
	Valeur (µg/m³)	Où et quand ?	Valeur (µg/m³)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	500	Paris 1 ^{er} les Halles, 2003 Paris 1 ^{er} les Halles, Aubervilliers, 2004	8 000	Place Victor Basch, 1991
Concentration horaire maximale	3 900	Paris 1 ^{er} les Halles le 1 ^{er} février 2006 à 12h légales	41 500	Place Victor Basch le 21 septembre 1992 à 19h légales
Concentration sur 8 heures maximale	3 500	Aubervilliers, du 22 décembre à 22h légales au 23 décembre 2007 à 6h légales	33 600	Place Victor Basch le 21 septembre 1992 de 16h à 24h légales

Figure 70 : records annuels pour le monoxyde de carbone (CO) en Île-de-France sur l'historique 1991-2017

Dioxyde de soufre (SO₂)



Le **dioxyde de soufre** est émis lors de la combustion des matières fossiles, telles que le charbon, le pétrole et certains gaz contenant des impuretés en soufre, ainsi que lors de certains procédés industriels.

Le SO₂ émane également de l'activité volcanique, principale source naturelle.



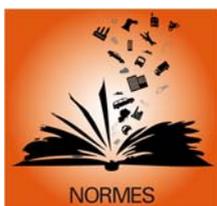
Effets sur la santé :

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].

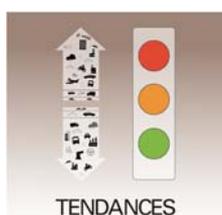


Effets sur l'environnement :

- contribution aux pluies acides, qui appauvrissent les milieux naturels (sols et végétaux) ;
- dégradation des bâtiments



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



Tendances		Normes à respecter		Normes à respecter dans la mesure du possible
1992-2017	2007-2017	Valeur limite horaire	Valeur limite journalière	Objectif de qualité
↘↘	↘	Respectée	Respectée	Respecté

Des niveaux de SO₂ très faibles qui respectent largement les normes réglementaires (valeurs limites et objectif de qualité).

SITUATION EN 2017 VIS-A-VIS DE LA RÉGLEMENTATION

En 2017, les concentrations moyennes annuelles de SO₂ sont inférieures à la limite de détection (estimée à 5 µg/m³) sur les cinq stations mesurant ce polluant en Île-de-France, y compris sur la station trafic du Boulevard Périphérique parisien. **Elles sont donc largement inférieures à l'objectif de qualité (fixé à 50 µg/m³).**

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

ÉVOLUTION EN MOYENNE SUR LE LONG TERME

En hiver depuis plus de 50 ans :

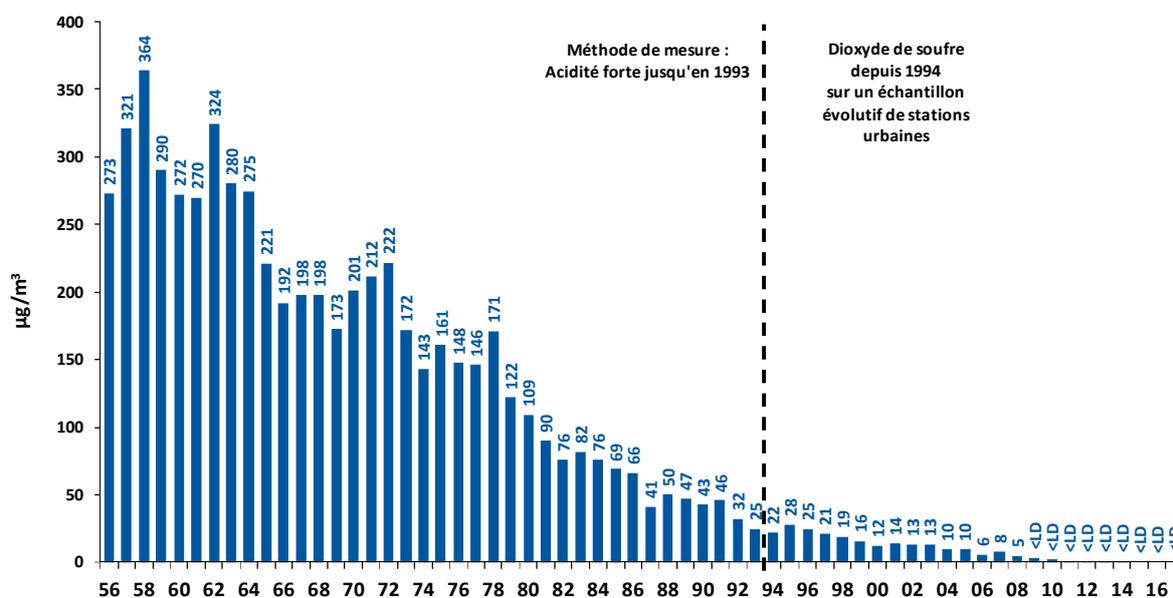


Figure 71 : évolution des concentrations moyennes hivernales de dioxyde de soufre (SO₂) à Paris depuis l'hiver 1956-1957

Une forte baisse des niveaux de SO₂ est observée sur le long terme (Figure 71). Considéré comme un indicateur de la pollution liée aux combustions des activités de production d'électricité et de chauffage, le dioxyde de soufre a connu une baisse spectaculaire de ses teneurs depuis les années 1950 (niveaux divisés par cent). Cette décroissance est liée à la baisse du nombre de sites industriels en Île-de-France depuis les années 50, à la forte diminution de l'usage de certains combustibles (comme le charbon) et à la diminution importante du taux de soufre dans tous les combustibles fossiles. Les dernières années sont les plus faibles de l'historique de mesure, les résultats étant maintenant inférieurs à la limite de détection (< LD).

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

RECORDS HISTORIQUES

La Figure 72 indique les plus fortes concentrations de dioxyde de soufre relevées sur l'historique de mesures depuis 1991.

Historique 1991-2017	Fond		Proximité trafic	
	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?	Valeur (µg/m ³)	Où et quand ?
Concentration moyenne annuelle la plus forte	41	Neuilly-sur-Seine, 1991	48	Boulevard Périphérique Auteuil, 1996
Concentration horaire maximale	689	Mantes-la-Jolie, le 26 avril 1995 à 11h légales	263	Boulevard Périphérique Auteuil, le 13 janvier 1997 à 15h légales
Concentration journalière la plus forte	222	Neuilly-sur-Seine, le 13 décembre 1991	137	Boulevard Périphérique Auteuil, le 30 janvier 1996

Figure 72 : records annuels pour le dioxyde de soufre (SO₂) en Île-de-France sur la période 1991-2017

Les aldéhydes



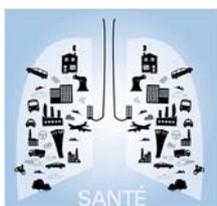
Les **aldéhydes** appartiennent à la famille des Composés Organiques Volatils (COV). Ils sont présents dans l'air ambiant en faibles concentrations. Ce sont à la fois des polluants primaires et secondaires. Ils participent en effet, à la fois comme précurseurs et sous-produits, aux réactions photochimiques responsables de la formation de l'ozone troposphérique (O₃). Ils sont donc produits par oxydation des COV, en particulier du méthane pour le formaldéhyde.

Il s'agit d'une vaste famille de composés chimiques, mais 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). La combustion des agrocarburants produit davantage d'aldéhydes que les carburants fossiles.

Les aldéhydes sont utilisés dans la fabrication de certains matériaux de construction et d'isolation. Ils peuvent également être émis lors du stockage ou de l'utilisation 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...

Les sources d'exposition les plus fréquentes en air intérieur sont les panneaux de particules agglomérées et autres matériaux de construction semblables, les moquettes, les peintures, les colles et vernis, les aliments et la cuisson, la fumée de tabac et l'utilisation de formaldéhyde comme désinfectant.



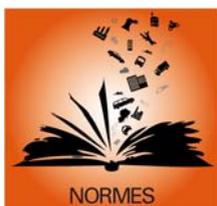
Effets sur la santé :

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



Effets sur l'environnement :

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



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.

À compter du 1^{er} janvier 2014, des mesures d'aldéhydes par tubes à diffusion ont été mises en œuvre sur un site de fond urbain (Paris Centre 4^{ème}) et deux sites trafic (Boulevard Périphérique (BP) Est et Place Victor Basch). La Figure 73 donne les teneurs moyennes annuelles de formaldéhyde et d'acétaldéhyde mesurées en 2017 sur ces trois sites.

µg/m ³	Station urbaine de fond		Stations urbaines trafic			
	Paris Centre 4 ^{ème}		BP Est		Place Victor Basch	
	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Formaldéhyde	Acétaldéhyde
Moyenne	2.2	1.7	2.5	1.7	3.1	2

Figure 73 : concentrations moyennes annuelles de formaldéhyde et d'acétaldéhyde mesurés en Île-de-France en 2017

Les niveaux d'aldéhydes sont **légèrement plus élevés en situation de proximité au trafic routier qu'en fond urbain**. Ce résultat s'explique par le fait que le transport routier est une source identifiée d'aldéhydes (en particulier de formaldéhyde) produits par la combustion incomplète de combustibles fossiles issue des véhicules non catalysés. L'écart entre les sites de mesure est légèrement plus marqué pour le formaldéhyde (14 % et 41 % de plus à BP Est et Basch qu'à Paris Centre 4^{ème}) que pour l'acétaldéhyde (allant jusqu'à +18 %).

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

AUTRES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS PRÉCURSEURS DE L'OZONE

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

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

La Figure 74 présente l'évolution temporelle des concentrations moyennées sur 3 ans de COV totaux (correspondant à la somme des 29 COV) mesurés sur les stations de fond urbain Paris-Les Halles (entre 2003 et 2010) et Paris-Crillon (entre 2011 et 2017). **Les teneurs moyennes des COV totaux montrent une tendance à la baisse depuis 2003**. Cette observation est cohérente avec l'analyse de tendance des émissions de COV à Paris menée par Waked et al. [2016]. Les résultats de cette étude ont montré que les concentrations d'hydrocarbures diminuaient significativement de -1 à -7 % par année.

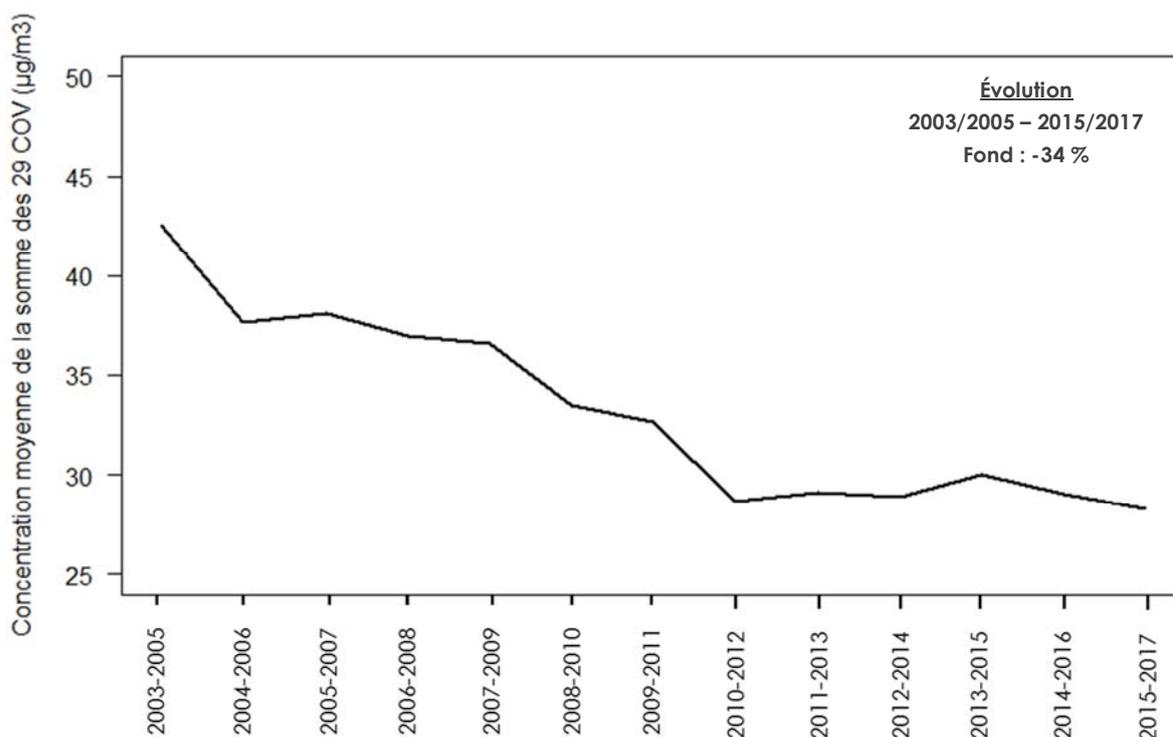


Figure 74 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans des COV totaux (somme des 29 COV) mesurés en situation de fond urbain de 2003-2005 à 2015-2017

La Figure 75 présente les teneurs moyennes annuelles des COV mesurés au siège d'Airparif implanté rue Crillon (Paris 4^{ème}) en 2017.

	Moyenne annuelle 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ethane	4,35
Ethylène	1,53
Acétylène	0,66
Propane	2,83
Propène	0,66
Butane	3,94
Isobutane	2,24
T2 - Butène	0,13
1 - Butène	0,17
C2 - Butène	nd
1,3 - Butadiène	0,16
Pentane	1,18
Isopentane	2,16
1 - Pentène	nd
T2 - Pentène	nd
C2 - Pentène	nd
Hexane	0,58
Heptane	0,34
Octane	0,14
Iso - Octane	0,5
Benzène	0,78
Toluène	2,68
Ethylbenzène	0,41
m+p - Xylène	1,26
o - Xylène	0,48
1, 2, 4 - Triméthylbenzène	nd
1, 2, 3 - Triméthylbenzène	nd
1, 3, 5 - Triméthylbenzène	nd

nd : non disponible

Figure 75 : concentrations moyennes annuelles des 29 COV mesurés au siège d'Airparif (Paris 4^{ème}) (fond urbain) en 2017

II. ÉPISODES DE POLLUTION

Procédure d'information et d'alerte régionale

Un nombre de journées de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte sensiblement inférieur aux années précédentes. Une année 2017 marquée d'une part par un épisode de pollution en particules PM₁₀ intense en janvier, et d'autre part par un épisode de pollution à l'ozone (O₃) au mois de juin.

L'année 2017 a comptabilisé 12 journées de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte (Figure 76). **Ces déclenchements ont uniquement concerné les particules PM₁₀ et l'ozone (O₃)**. Trois jours de dépassement du seuil d'information et 3 jours de dépassement du seuil d'alerte ont été enregistrés entre le 21 janvier et le 11 février 2017 pour les particules PM₁₀. Six jours de dépassement du seuil d'information ont été observés entre le 27 mai et le 7 juillet 2017 pour l'ozone (O₃). Ces épisodes ont conduit à la mise en place de mesures d'urgence par la Préfecture de Police. Enfin, aucun dépassement du seuil d'information n'a été enregistré pour le dioxyde d'azote (NO₂).

Date	Seuil dépassé	Polluant
21/01/2017	Alerte	Particules PM ₁₀
22/01/2017	Alerte	Particules PM ₁₀
23/01/2017	Alerte	Particules PM ₁₀
24/01/2017	Information	Particules PM ₁₀
26/01/2017	Information	Particules PM ₁₀
11/02/2017	Information	Particules PM ₁₀
27/05/2017	Information	Ozone O ₃
19/06/2017	Information	Ozone O ₃
20/06/2017	Information	Ozone O ₃
21/06/2017	Information	Ozone O ₃
22/06/2017	Information	Ozone O ₃
07/07/2017	Information	Ozone O ₃

Figure 76 : jours de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte en Île-de-France en 2017; seuil dépassé (information ou alerte) et polluant concerné (PM₁₀, O₃ et NO₂)

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

À compter du 30 novembre 2011 (de par l'entrée en vigueur de [l'arrêté inter-préfectoral du 27 octobre 2011](#)), un abaissement des seuils de déclenchement pour les particules a été appliqué et a ainsi induit une nette augmentation du nombre de dépassements PM₁₀ à partir de 2012 (Figure 77). En effet, le seuil d'information, initialement fixé à 80 µg/m³, a été abaissé à 50 µg/m³. Le seuil d'alerte est passé de 125 µg/m³ à 80 µg/m³.

L'arrêté inter-préfectoral a été révisé une nouvelle fois en septembre 2014 en modifiant les critères de déclenchement¹⁵, sans toutefois changer les seuils d'information et d'alerte des polluants réglementés. Une étude interne a montré que le changement des critères de déclenchement n'a pas induit d'effet notable sur le nombre de journées de dépassement pour les particules PM₁₀. [L'arrêté inter-préfectoral du 7 juillet 2014](#) a introduit, pour la première fois, la notion de persistance¹⁶ pour les particules PM₁₀.

L'arrêté inter-préfectoral a été à nouveau revu fin 2016 en modifiant les critères de persistance¹⁶ pour les particules PM₁₀ et l'O₃. Ces modifications ont entraîné **davantage de déclenchements des mesures d'urgence par la Préfecture de Police** par rapport aux années précédentes ; la notion de persistance étant passée de 4 à 2 jours consécutifs d'un dépassement du seuil d'information prévu et/ou constaté. Néanmoins, elles n'ont **pas eu d'incidence sur le nombre d'épisodes de pollution, ni sur le bilan des dépassements** présentés ci-dessous, qui est établi sur la base des seuils de concentration et non du type de procédure inter-préfectorale mise en œuvre par les autorités. Le SO₂, dont les niveaux sont aujourd'hui très faibles en région Île-de-France, a également été supprimé de la procédure d'information et d'alerte.

La Figure 77 illustre le nombre de journées de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte de 2006 à 2017, tous polluants confondus (NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂).

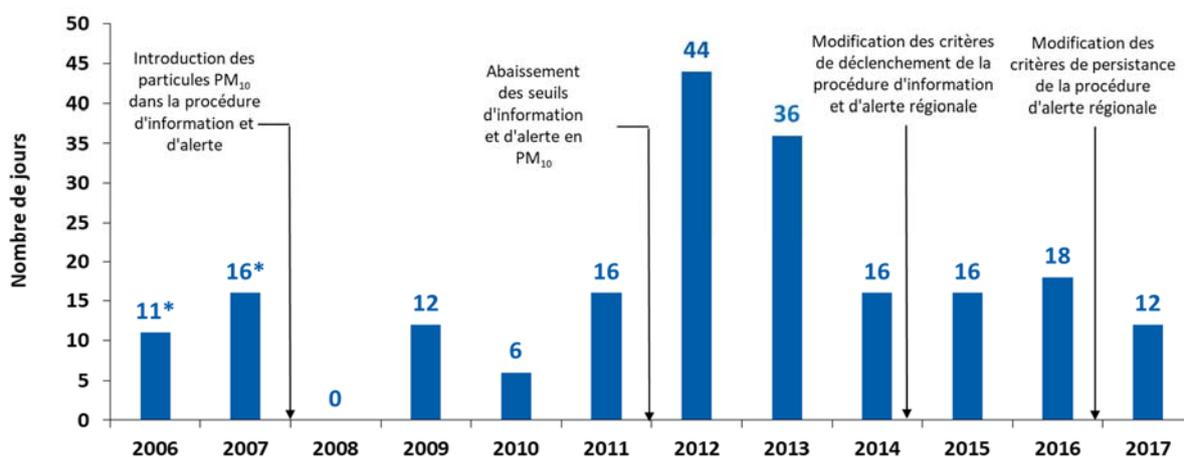


Figure 77 : nombre de jours de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte en Île-de-France de 2006 à 2017, tous polluants confondus (y compris les particules PM₁₀*).

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

¹⁵ Les critères de dépassement sont :

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

¹⁶ Les conditions de persistance d'un épisode de pollution sont réunies dès lors que le seuil d'information et de recommandations pour un polluant donné (PM₁₀, O₃) est constaté et/ou prévu sur 2 jours consécutifs.

Afin de comparer le nombre d'épisodes de pollution aux particules PM₁₀ à seuils de déclenchement équivalents, la Figure 78 présente le nombre de jours pendant lesquels les seuils d'information et d'alerte pour les PM₁₀ auraient été dépassés entre 2007 et 2017 selon les critères de l'arrêté inter-préfectoral du 27 octobre 2011 : d'une vingtaine à une cinquantaine selon les années contre une dizaine en moyenne avec la procédure précédente¹⁷.

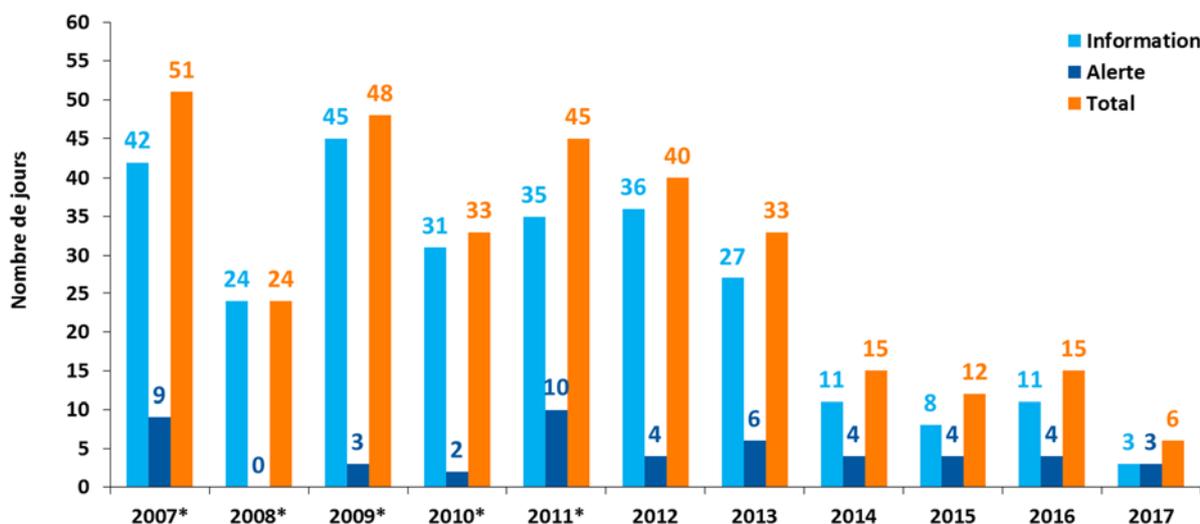


Figure 78 : nombre de jours d'information et d'alerte en particules PM₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017 selon les critères de déclenchement de l'arrêté inter-préfectoral du 27 octobre 2011 (* simulation rétrospective de 2007 à 2011)

À seuils équivalents, 2017 enregistre le plus faible nombre de déclenchement de la procédure régionale lié aux particules PM₁₀ (soit 6 jours au total) sur tout l'historique 2007-2017.

Janvier 2017 (mois confronté à plusieurs épisodes de pluies verglaçantes, de la neige et deux vagues de froid entrecoupées par une tempête¹⁸) a été marqué par 5 jours de dépassement du seuil d'information et d'alerte pour les PM₁₀. Les émissions locales de pollution (majoritairement induites par le trafic routier et le chauffage), accentuées par des conditions météorologiques froides et peu dispersives (vents très faibles, inversions de température, faible hauteur de couche de mélange) ont expliqué cette situation.

Le mois de février 2017 a été particulièrement doux (+2,5°C par rapport à la normale). Le dernier jour de dépassement du seuil d'information en particules PM₁₀ pour l'année 2017 a eu lieu sur une journée isolée (11/02), lors de conditions météorologiques très ponctuelles défavorables pour la qualité de l'air.

Contrairement à l'année 2016, les conditions météorologiques de la fin de l'année 2017 ont été très clémentes (températures supérieures à la normale, temps perturbé). Aucun épisode n'a été relevé sur cette période.

Le mois de juin 2017 a enregistré 4 jours de dépassement du seuil d'information en ozone (fixé à 180 µg/m³ en moyenne horaire). Les mois de mai et juillet ont également enregistré 1 journée chacun de dépassement de ce même seuil. Les conditions météorologiques survenues en mai et juin (fortes températures, ensoleillement excédentaire) expliquent ces constats.

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

¹⁷ [Procédure d'information-recommandation et d'alerte du public en cas d'épisode de pollution en région Île-de-France en application de l'arrêté inter-préfectoral du 12 juillet 2005.](#)

¹⁸ Bulletin climatique Météo-France, région Île-de-France, Janvier 2017.

Retour sur les épisodes de pollution aux PM₁₀ de janvier 2017

Le mois de janvier 2017 a enregistré 5 jours de dépassement des seuils réglementaires pour les particules PM₁₀. Les seuils d'information (fixé à 50 µg/m³ en moyenne journalière) et d'alerte (fixé à 80 µg/m³) ont été respectivement dépassés au cours de 2 et 3 journées (Figure 79). Le mois de février a également enregistré 1 jour de dépassement du seuil d'information en PM₁₀.

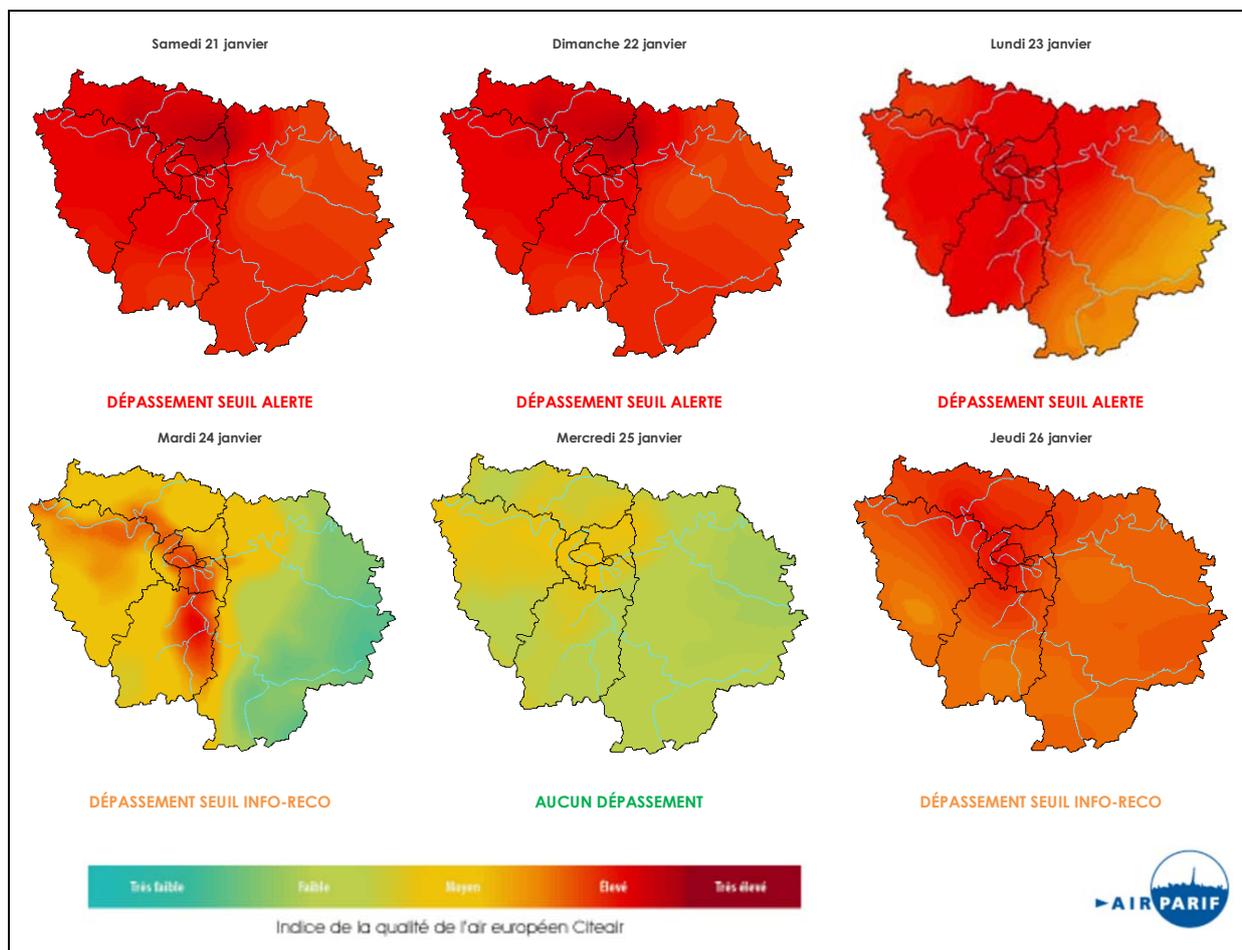


Figure 79 : cartes journalières de la qualité de l'air en Île-de-France de l'épisode de pollution aux particules PM₁₀ ayant débuté le 21 janvier 2017

L'**absence de nuages** a favorisé un refroidissement de la surface du sol, induisant ainsi des **inversions de températures marquées et des hauteurs de couche de mélange très basses**. De plus, les **vitesse de vent très faibles** (inférieures à 2 m/s à 10 m au-dessus du sol) n'ont pas favorisé la dispersion des polluants atmosphériques en surface.

Cette situation météorologique a conduit à **une augmentation importante et rapide des concentrations de particules PM₁₀**, comme l'illustre la Figure 80. Durant l'épisode, une concentration maximale journalière de 97 µg/m³ de particules a été atteinte dans l'agglomération parisienne sur la journée du samedi 21 janvier 2017. Ponctuellement, les niveaux horaires ont atteint 180 µg/m³. Ces concentrations restent néanmoins inférieures à celles relevées le 1^{er} décembre 2016 (146 µg/m³ en moyenne journalière). **Cet épisode a conduit à la mise en place de la circulation différenciée par les autorités préfectorales.**

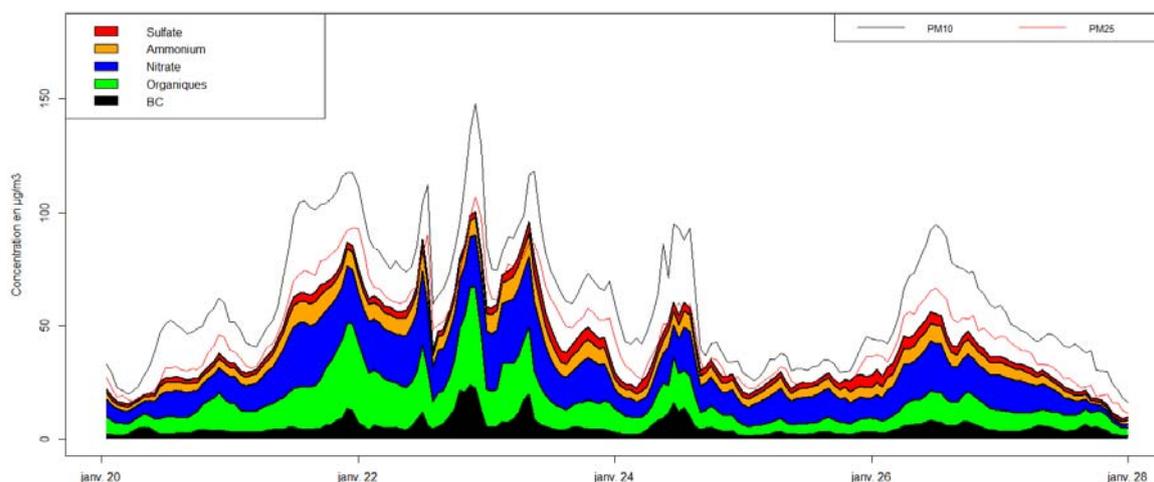


Figure 80 : évolution des concentrations horaires de particules PM₁₀ et de PM_{2.5} (en µg/m³) observées entre le 20 et le 27 janvier 2017 au sein de la station urbaine de fond de Gennevilliers (92) et répartition moyenne (en %) des composants majeurs des particules (fraction PM₁) mesurés par l'ACSM* (Organiques, Nitrate, Ammonium, Sulfate) et un Aéthalomètre (BC=Black Carbon).
*ACSM : Aerosol Chemical Speciation Monitor

De fortes concentrations de particules PM₁₀ ont été observées au cours de cet épisode hivernal, du fait de **la conjonction entre les émissions des activités anthropiques majoritairement locales** (notamment induites par **le chauffage résidentiel - principalement le chauffage domestique - et le transport routier**) et l'occurrence de **conditions anticycloniques stables et froides très marquées** favorisant l'accumulation des polluants près du sol.

Cet épisode hivernal est un **épisode multisources**, issu à la fois de la formation de composés carbonés issus de la combustion (Black Carbon/Carbone suie, matière organique) et de **composés particulaires secondaires** (produits par des réactions photochimiques de gaz et de particules dans l'atmosphère). En effet, l'analyse de la composition chimique des particules a montré **une part importante de nitrate d'ammonium (~45 %)**.

Le nitrate d'ammonium est produit par réaction photochimique entre l'ammoniac gazeux (NH₃) émis lors des épandages agricoles (fertilisation des champs par du lisier, du fumier et des engrais chimiques) **et l'acide nitrique** (issu de l'oxydation des oxydes d'azote), **émis par le trafic routier**.

Enfin, une nette décroissance des niveaux de particules a été constatée le mercredi 25 janvier 2017 (Figure 79). Cette baisse temporaire des concentrations s'explique par **la présence de conditions météorologiques plus dispersives**, avec en particulier des vitesses de vent et une hauteur de couche de mélange plus importantes.

Indice de qualité de l'air réglementaire ATMO

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

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

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

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

La Figure 81 présente le nombre de jours où l'indice de qualité de l'air ATMO se révélait médiocre, mauvais ou très mauvais (correspondant aux indices 6 à 10) pour les années 2011 à 2017.

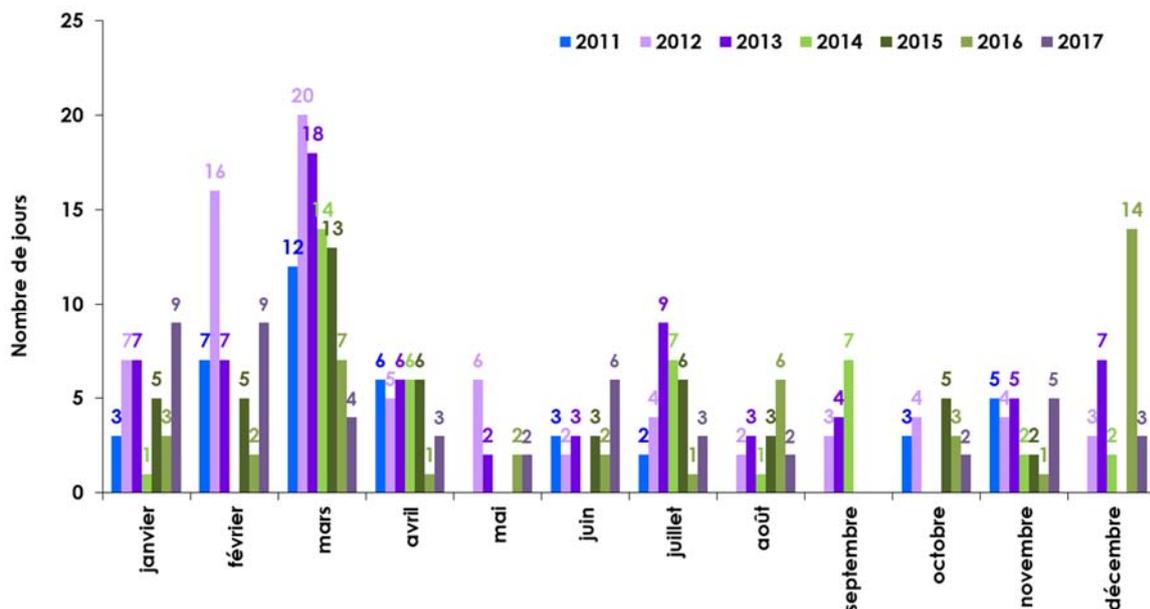


Figure 81 : nombre de jours où l'indice de qualité de l'air ATMO (moyenne de la pollution de fond de l'agglomération parisienne) était médiocre, mauvais ou très mauvais de 2011 à 2017

En 2017, l'indice ATMO a été supérieur ou égal à 6 (qualité de l'air « médiocre » à « très mauvais ») au cours de **48 journées**. C'est en augmentation par rapport à l'année 2016 (+6 j.), mais similaire à 2015. Le nombre de journées durant lesquelles l'indice ATMO est ≥ 6 se répartit de manière **très hétérogène** selon les différents mois de l'année.

En 2017, **les mois de mai, août, septembre et octobre comptabilisent le plus faible nombre de jours** (compris entre 0 et 2 j) **où la qualité de l'air est médiocre sur la période 2011-2017**. Les conditions météorologiques clémentes et dispersives (pluies estivales, vents de secteur ouest à sud-ouest) rencontrées au cours de ces quatre mois se sont révélées favorables à une bonne qualité de l'air.

Les mois de janvier, février et juin 2017 ont enregistré le plus important nombre de jours (compris entre 9 et 6 j), **où l'indice ATMO était supérieur ou égal à 6**. L'indice le plus défavorable a été de 10 (représentatif d'une qualité de l'air « très mauvaise ») et a été enregistré au cours de deux journées durant l'épisode de pollution du mois de janvier 2017. Les conditions météorologiques exceptionnelles de juin 2017 (mois ensoleillé et chaud, marqué par un épisode de canicule) ont induit un nombre d'indices élevés dû à des niveaux en ozone (O₃) particulièrement soutenus. Juin 2017 comptabilise le plus important nombre de jours où la qualité de l'air est médiocre sur la période 2011-2017.

Au cours de cette année 2017, 75 % des indices « médiocres » à « très mauvais » (indice ATMO ≥ 6) ont été dus aux particules PM₁₀ (soit 36 jours) et 25 % à l'ozone (soit 12 jours).

La Figure 82 donne la répartition des indices ATMO dans l'agglomération parisienne (fond) pour l'année 2017.

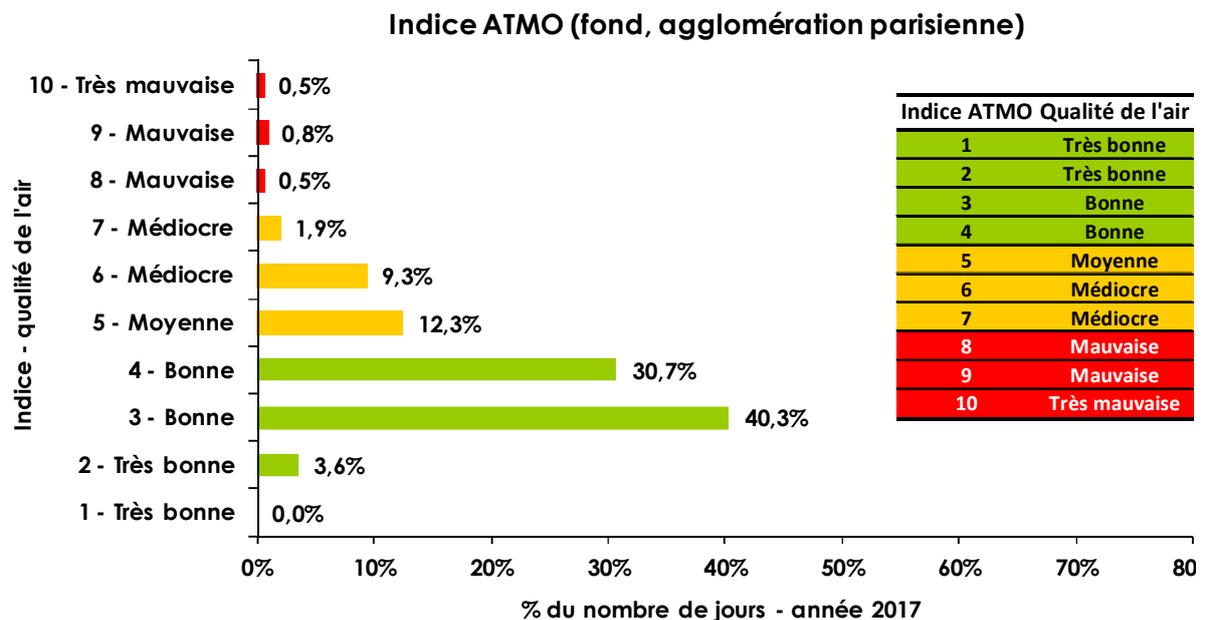


Figure 82 : répartition en pourcentage des indices ATMO (fond, agglomération parisienne) en 2017

Pour l'année 2017, la qualité de l'air a été « très bonne/bonne » près de 75 % du temps, « moyenne » et « médiocre à très mauvaise » (indice ATMO ≥ 6) environ 12 % et 13 % du temps, respectivement.

Indices de qualité de l'air européens CITEAIR

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

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

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

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

Pour l'année 2017, **l'indice général (fond) a majoritairement été faible voire très faible** (près de 67 % du temps)(Figure 83). C'est 3 % de moins qu'en 2016. Les 33 % restants correspondent à une pollution moyenne (~ 29 %), élevée (~ 4 %) et très élevée (< 1 %).

À proximité du trafic routier, l'indice CITEAIR a été faible environ 5 % du temps (Figure 84), soit une augmentation (+ 2.5 %) par rapport à 2016. **En 2017, la qualité de l'air le long des voies de circulation a généralement été moyenne** (environ 70 % du temps). Une diminution d'environ 6 % de l'indice de pollution « moyenne » par rapport à celui de l'année dernière est constatée. Les 25 % restants correspondent à une pollution élevée à très élevée. Ce pourcentage est en hausse par rapport à 2016 (+1.4 % et +1.9 %, respectivement).

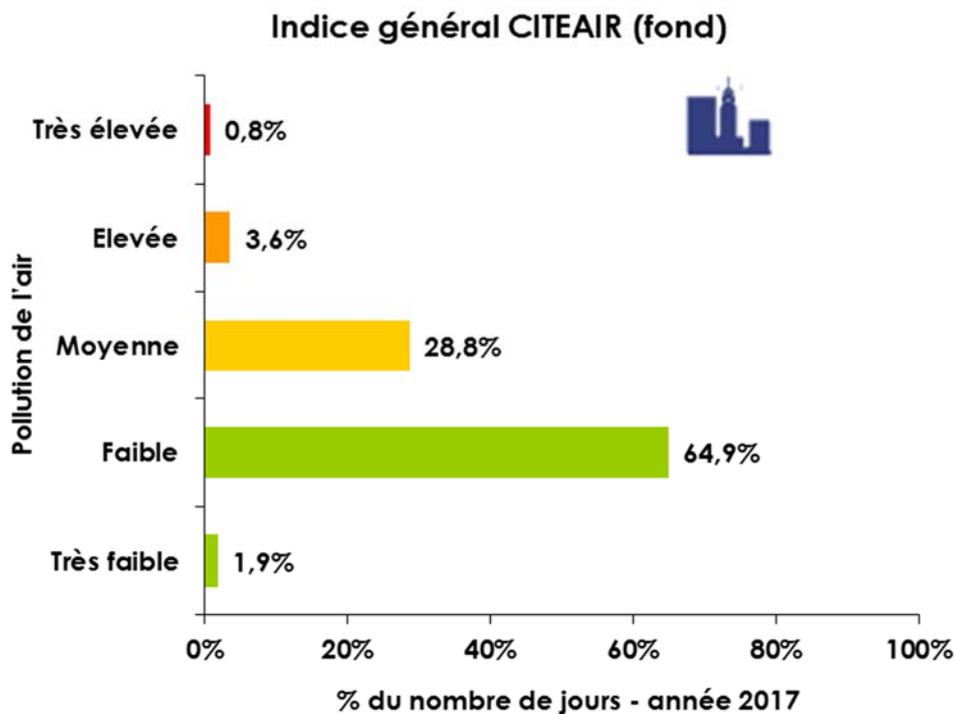


Figure 83 : répartition des indices généraux CITEAIR (fond, Paris intra-muros) en 2017

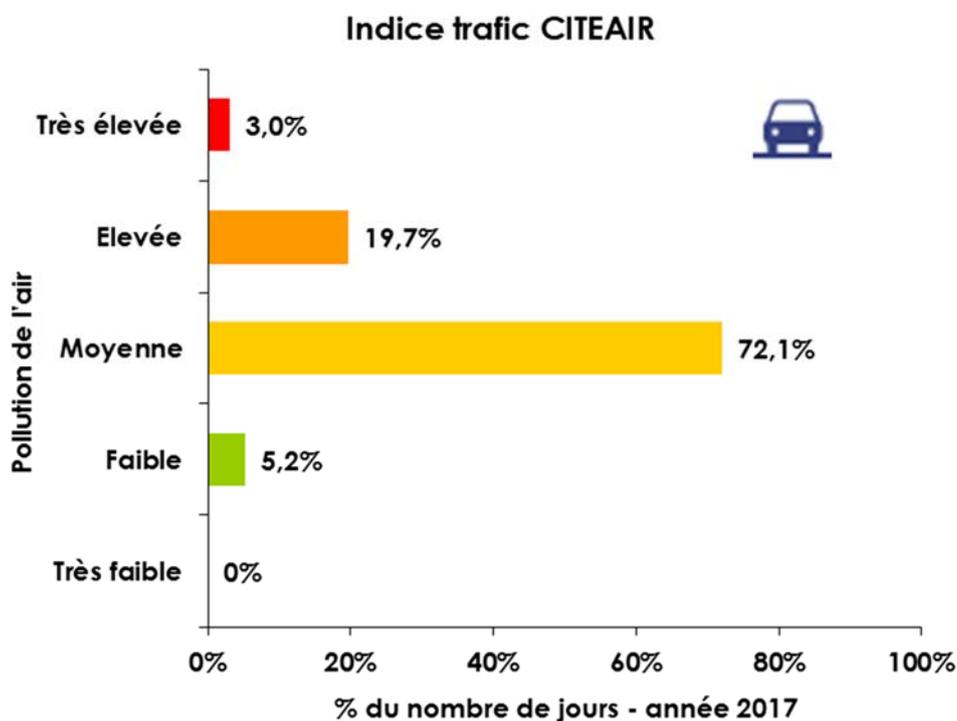


Figure 84 : répartition des indices trafic CITEAIR (proximité trafic, Paris intra-muros) en 2017

III. BILAN MÉTÉOROLOGIQUE 2017 EN ÎLE-DE-FRANCE

Le bilan météorologique ci-après a été entièrement réalisé à partir des données fournies par le centre régional de Météo-France et 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.

Après une année 2016 globalement proche de la normale (bien que marquée par deux semestres bien contrastés), **l'année 2017 se caractérise par des températures légèrement plus chaudes et par un faible excédent pluviométrique.**

Hormis un mois de janvier plutôt froid, l'année 2017 a débuté avec des températures moyennes mensuelles très douces. Les mois de février et mars ont été particulièrement chauds, bénéficiant de températures en moyenne entre 2 et 3 °C au-dessus des normales. Le printemps et l'été 2017 ont été les 2^{es} plus chaudes saisons jamais observées depuis 1900. Des pics de chaleur ont été enregistrés entre mai et août. Le reste de l'année s'est révélé globalement sans excès. **La température moyenne annuelle de 13,4°C a dépassé la normale de 0.8 °C, plaçant ainsi 2017 au 5^{ème} rang des années les plus chaudes.**

La durée d'ensoleillement a été globalement conforme à la normale sur l'ensemble de la région Île-de-France. Globalement excédentaire jusqu'en juin, l'ensoleillement a ensuite été déficitaire durant le second trimestre.

Sur l'ensemble de l'année 2017, **la quantité de précipitations a été légèrement supérieure à la normale avec une alternance de mois déficitaires et excédentaires.** La pluviométrie a été globalement conforme aux normales au premier semestre, en dépit d'un mois d'avril exceptionnellement sec (-65 %). La période estivale (de juillet à septembre) a été très arrosée, avec un excédent pluviométrique compris entre +35 % et +116 % par rapport à la normale. Enfin, les trois derniers mois de l'année ont connu des cumuls de précipitations globalement conformes aux normales.

Les conditions anticycloniques puissantes et durables qui ont régné sur l'Île-de-France au mois de janvier 2017 ont entraîné un fort déficit de précipitations, accompagné de pressions atmosphériques constamment élevées, de hauteurs de couche de mélange et de vitesses de vent remarquablement faibles ainsi que d'inversions de températures marquées. **Cette situation météorologique a conduit à une élévation importante des concentrations en particules PM₁₀ localement**, due à l'utilisation du chauffage résidentiel (principalement le chauffage au bois) et au transport routier.

Les conditions anticycloniques observées durant le mois de juin, couplées à un épisode caniculaire précoce pour la saison et un ensoleillement très excédentaire, ont été propices à une élévation importante des concentrations d'ozone (O₃).

La Figure 85 présente une synthèse mensuelle et annuelle des principales variables météorologiques (précipitations, température et durée d'ensoleillement) pouvant influencer les niveaux de pollution rencontrés en région Île-de-France en 2017.

	Précipitations	Température	Insolation	Secteurs de vent
janvier 2017	--	--	+	Souvent faible O-NO, puis S-SO
février 2017	-	++	-	Dominante NO et surtout S-SO
mars 2017	++	++	=	Variable, modéré à soutenu, rafales O
avril 2017	--	=	++	Vent faible secteur NE
mai 2017	-	+	+	Vent faible à modéré, avec quelques rafales, de secteur variable
juin 2017	-	+	++	Vent faible à modéré, majoritairement de secteur SO et NE
juillet 2017	=	=	-	Vent faible SO
août 2017	++	=	-	Vent faible à modéré, de secteur dominant NO-O-SO
septembre 2017	++	=	-	Vent faible à fort O-SO
octobre 2017	--	+	+	Dominante SO
novembre 2017	=	=	=	Vent calme et variable, majoritairement dans un large secteur O
décembre 2017	++	+	-	Dominante océanique O-SO
Année	+	=	=	

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

Figure 85 : synthèse mensuelle et annuelle des principaux paramètres météorologiques (précipitations, température, insolation) en Île-de-France en 2017 (d'après les bulletins mensuels pour la région Île-de-France téléchargeables à partir du site de Météo-France)

Température moyenne

La densité urbaine de l'agglomération parisienne, ainsi que les activités socio-économiques qui y règnent, créent un îlot de Chaleur Urbain (ICU). Ce « *microclimat artificiel* » se traduit par un écart positif de température, observé entre le centre de l'agglomération parisienne et les zones rurales/forestières environnantes. Ainsi, la température moyenne annuelle relevée au sein de l'aire urbaine de Paris est généralement entre +2 et +3 °C supérieure à la périphérie de l'Île-de-France (Figure 86 – carte droite).

L'année 2017 a de nouveau été une année relativement chaude. **La température moyenne annuelle a été très légèrement supérieure à la normale** (moyenne 1981-2010) **sur l'ensemble de la région Île-de-France** (Figure 86 – carte gauche).

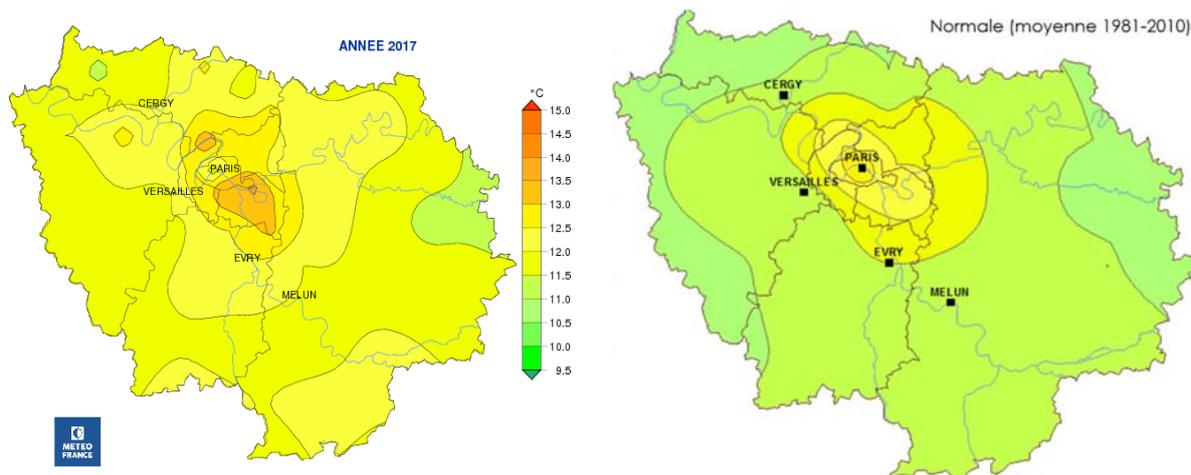


Figure 86 : température moyenne en 2017 (gauche) et normales simulées sur la période 1981-2010 (droite) en Île-de-France. Source : données Météo-France/DIRIC

À Paris-Montsouris, les températures moyennes mensuelles et annuelles ont été majoritairement supérieures aux normales (9 mois sur 12, +8 % sur l'année) (Figure 87). Après un mois de janvier 2017 très frais (2,9 °C en moyenne contre 5,0 °C pour les normales), la fin de l'hiver et le printemps ont été très doux, avec des températures moyennes mensuelles supérieures aux normales (+2,5 °C en février, +2,6 °C en mars, +3,1 °C en juin). Les mois estivaux ont présenté des températures similaires aux normales de saison. La fin de l'année s'est révélée douce, notamment en octobre (+1,9 °C).

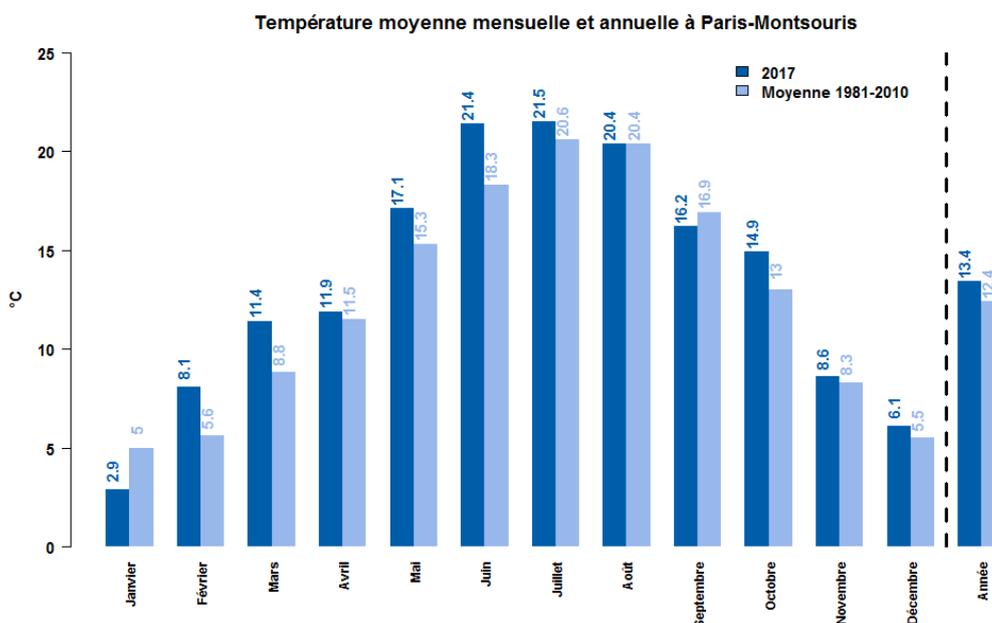


Figure 87 : température moyenne mensuelle et annuelle à Paris-Montsouris en 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC)

Journées de fortes températures

En 2017, la station météorologique de Paris-Montsouris (14^{ème} arrondissement) a enregistré **17 jours de forte chaleur** (où la température maximale a atteint ou dépassé 30°C). C'est moins qu'en 2015, mais plus qu'en 2016 (Figure 88). En 2017, le nombre de journées de fortes températures est encore supérieur aux normales (déterminées sur la période 1981-2010 (12,4 jours)).

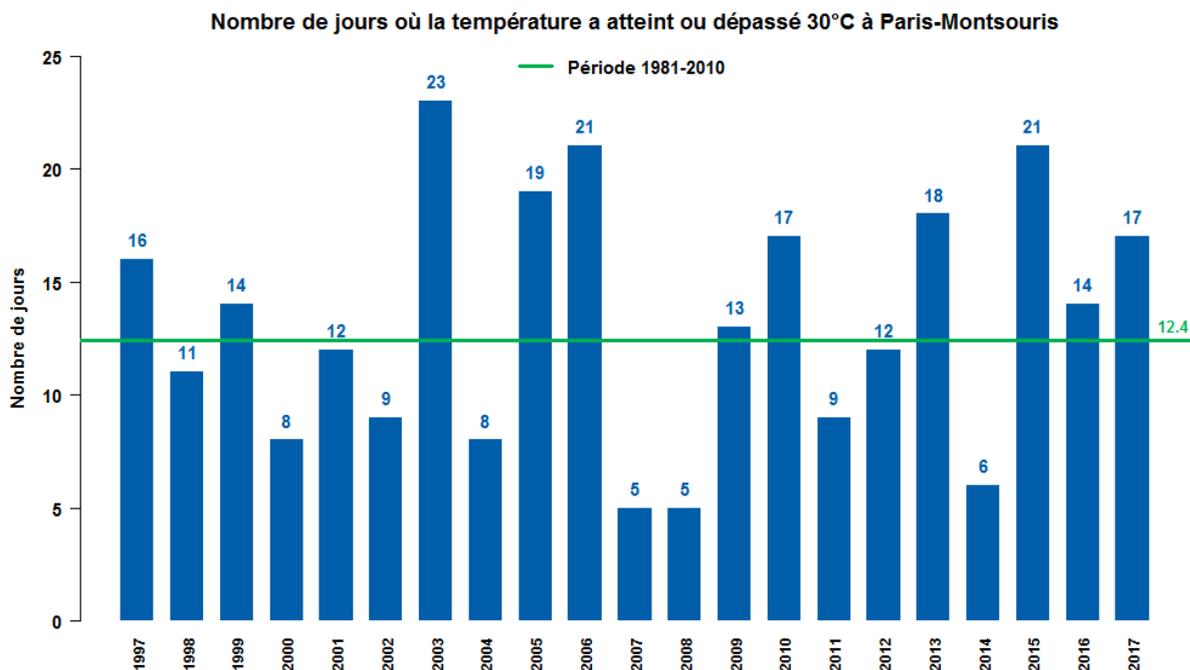


Figure 88 : nombre de jours où la température maximale a atteint ou dépassé 30 °C à Paris-Montsouris de 1997 à 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC)

Ces jours de forte chaleur ont été exclusivement répartis entre mai et août 2017. C'est essentiellement durant les mois de juin et juillet que ces fortes températures ont été observées (6 jours comptabilisés pour chaque mois). La plus forte température de l'été relevée sous abri à Paris-Montsouris est de 36,9 °C le 21 juin.

En 2017, **la quasi-totalité de la région Île-de-France a connu un nombre de jours de forte chaleur supérieur à la normale** (>15 j.) (Figure 89 – carte gauche).

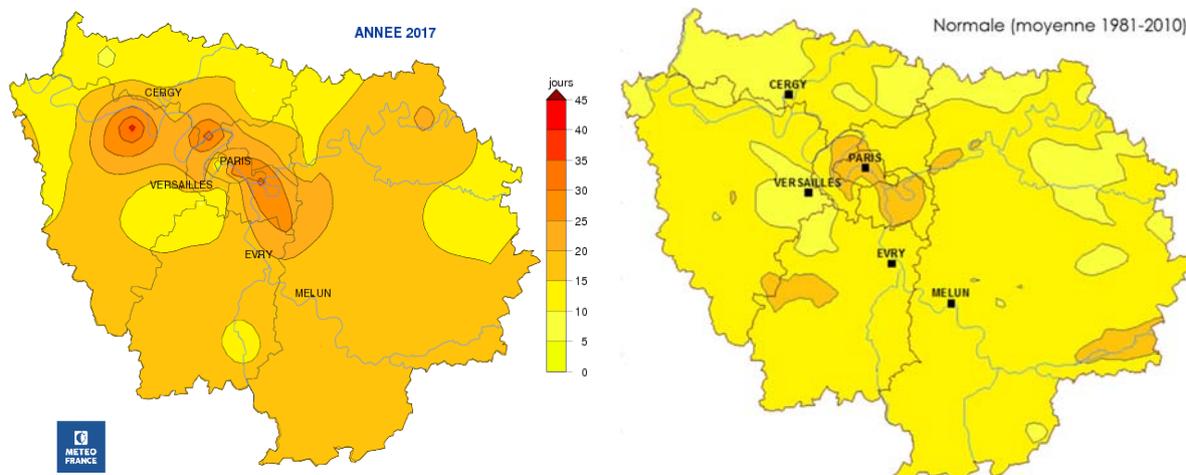


Figure 89 : nombre de jours de forte chaleur (Tx ≥ 30°C) en 2017 (gauche) et normales simulées sur la période 1981-2010 (droite) en Île-de-France. Source : données Météo-France/DIRIC

Durée d'insolation

L'Île-de-France a connu en 2017 **une durée d'insolation annuelle globalement conforme à la normale** sur l'ensemble des postes de mesure de Météo-France. À Paris-Montsouris, 1 784 heures d'ensoleillement ont été enregistrées en 2017, soit environ +7 % par rapport à la moyenne de référence 1991-2010 (Figure 90).

Suite à un vandalisme de la station de Paris-Montsouris, les données d'ensoleillement quotidien sur cette station sont absentes du 30 mai au 16 juin 2017. Le nombre de données absentes sont trop nombreuses pour être estimées. Les données d'ensoleillement pour les mois de mai et juin 2017* proviennent donc de la station la plus proche (Paris-Orly (91)). Cette station météorologique présente des durées d'insolation comparables à celles de la station Paris-Montsouris pour tous les autres mois de l'année (+ 2 % en moyenne en 2017).

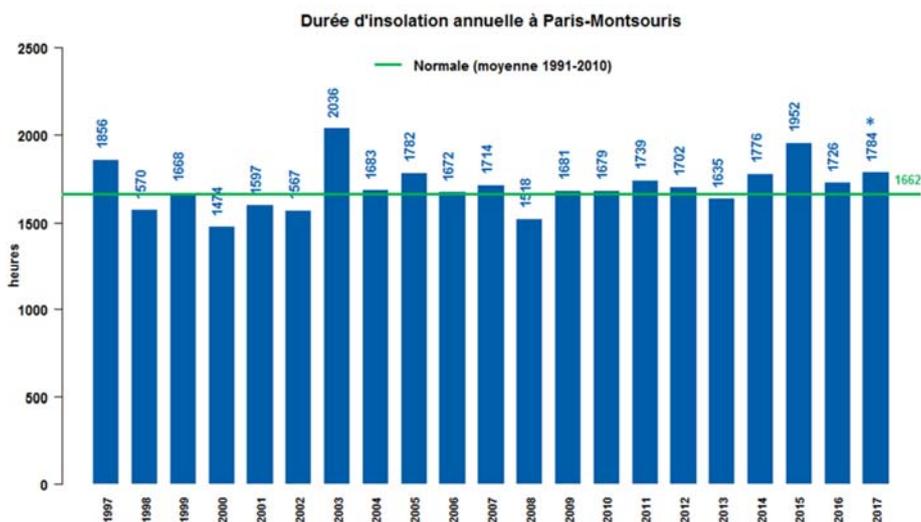


Figure 90 : durée annuelle d'insolation à Paris-Montsouris de 1997 à 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC)

Le premier trimestre de l'année 2017 a été aussi ensoleillé qu'à l'accoutumée. Le printemps a offert des durées d'insolation très supérieures aux normales (Figure 91). En effet, les mois d'avril, mai et juin 2017 ont été les mois les plus ensoleillés de l'année. Entre juillet et septembre 2017, les durées d'insolation ont été déficitaires (entre -7 et -16 %). Enfin, les trois derniers mois de l'année ont connu des durées d'insolation globalement équivalentes aux normales.

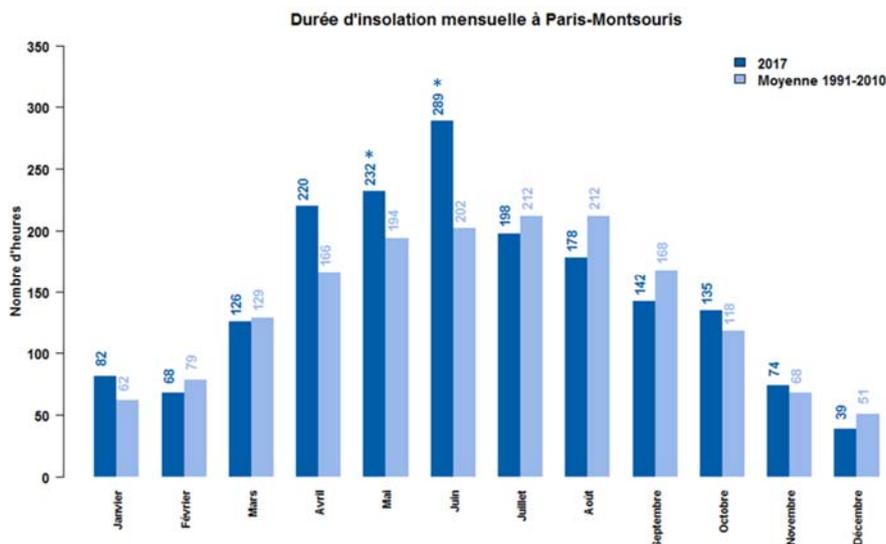


Figure 91 : durée mensuelle d'insolation à Paris-Montsouris en 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC)

*Données d'insolation complétées par celles de la station météorologique Paris-Orly (91)

Précipitations

L'année 2017 a comptabilisé en moyenne **entre 95 et 140 jours de précipitations (≥ 1 mm), répartis de manière hétérogène sur l'ensemble de l'Île-de-France** (Figure 92 – carte gauche). Comme chaque année, les cumuls de précipitations ont été plus importants sur l'est de la région. Le nord-ouest (Val d'Oise) et le sud de la région ont enregistré une pluviométrie plus faible.

En 2017, le nombre de jours de précipitations (≥ 1 mm) est en déficit par rapport à la normale (-5 à -10 jours) sur la quasi-totalité de l'Essonne et du Val d'Oise. Ce déficit concerne également la moitié des départements des Hauts-de-Seine, de Paris et de la Seine-et-Marne (Figure 92 – carte droite). À noter deux enclaves présentant un écart excédentaire à la moyenne (+5 à +10 jours) au sud de la Seine-Saint-Denis et à l'est de la Seine-et-Marne.

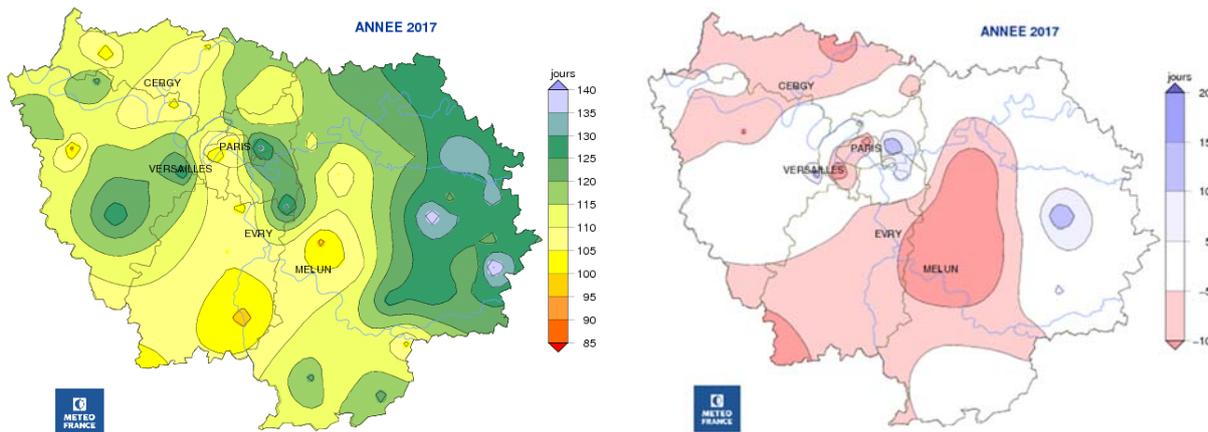


Figure 92 : nombre de jours avec précipitations (≥ 1 mm) et écarts à la normale 1981-2010 en Île-de-France en 2017 (Source : données Météo-France/DIRIC)

Après une année 2015 plutôt sèche et une année 2016 proche de la normale, **le cumul moyen annuel 2017 de précipitations relevé à la station Paris-Montsouris est supérieur à la normale** (environ +16 % par rapport à la moyenne de référence 1981-2010) (Figure 93).

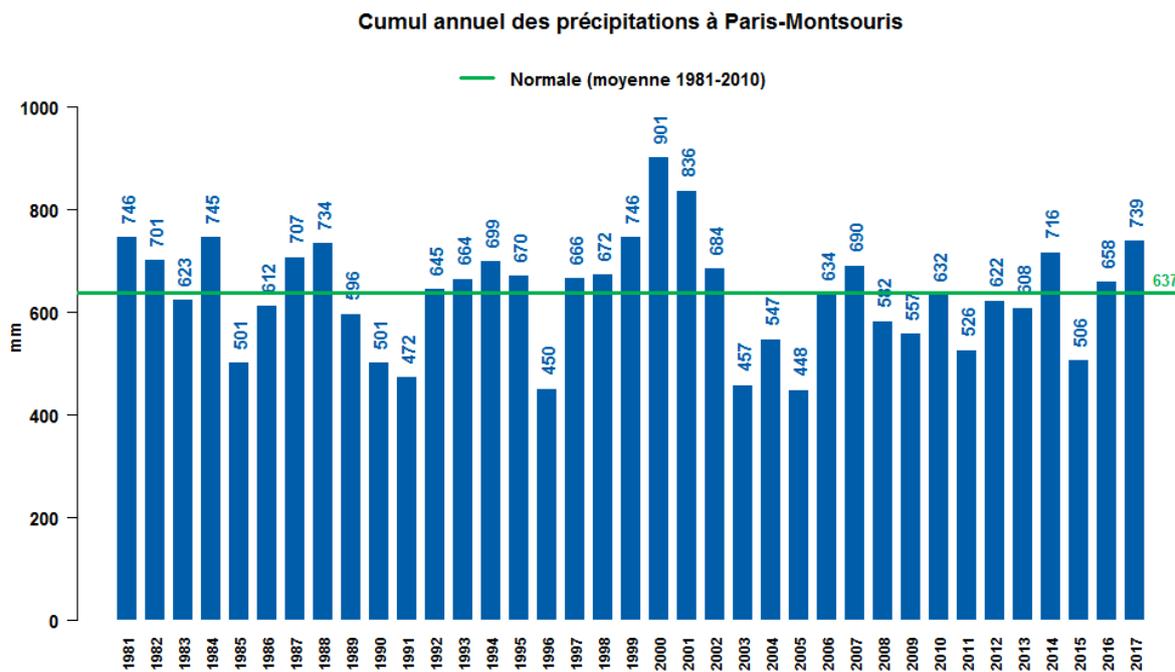


Figure 93 : cumul annuel des précipitations à Paris-Montsouris de 1981 à 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC)

Le cumul de précipitations a été globalement conforme aux normales au cours du premier semestre 2017 (Figure 94), malgré un mois de mars excédentaire (+52 %) et un mois d'avril exceptionnellement sec (-65 %). La période estivale (juillet, août, septembre) a été très arrosée, avec des précipitations excédentaires respectives de +61 %, +35 % et +116 %.

Enfin, le cumul de précipitations pendant les trois derniers mois de l'année a globalement été conforme aux normales, malgré un mois d'octobre déficitaire (-50 %) et un mois de décembre excédentaire (+65 %).

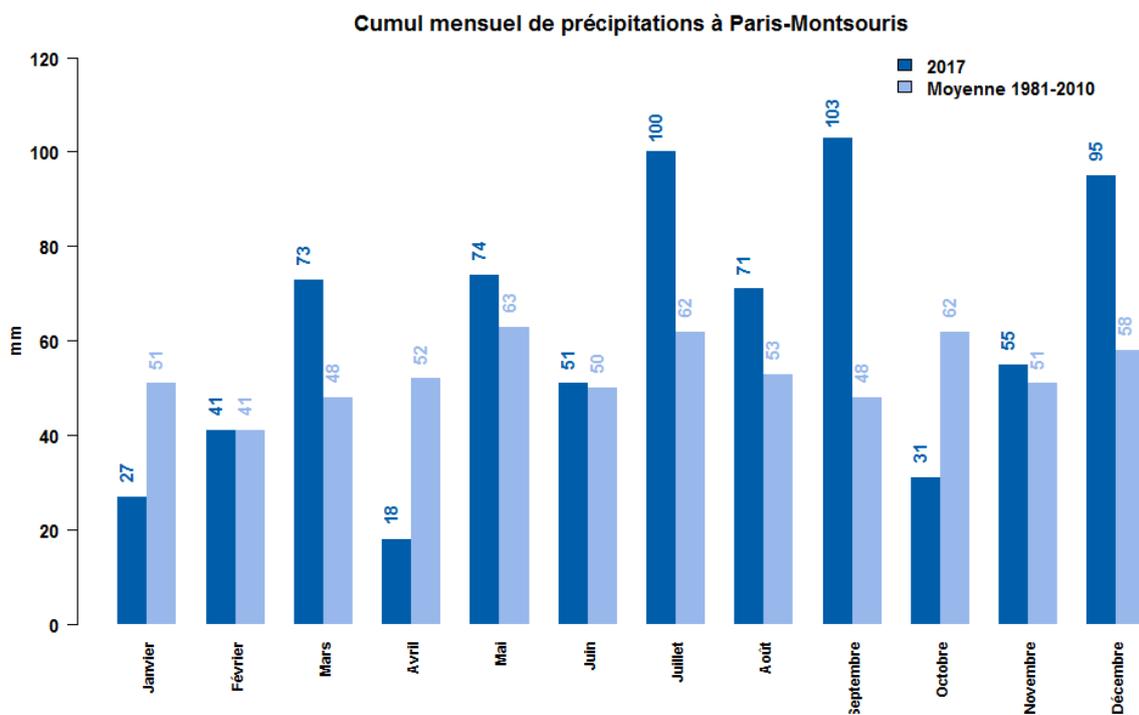


Figure 94 : cumul mensuel de précipitations à Paris-Montsouris en 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC)

Vent

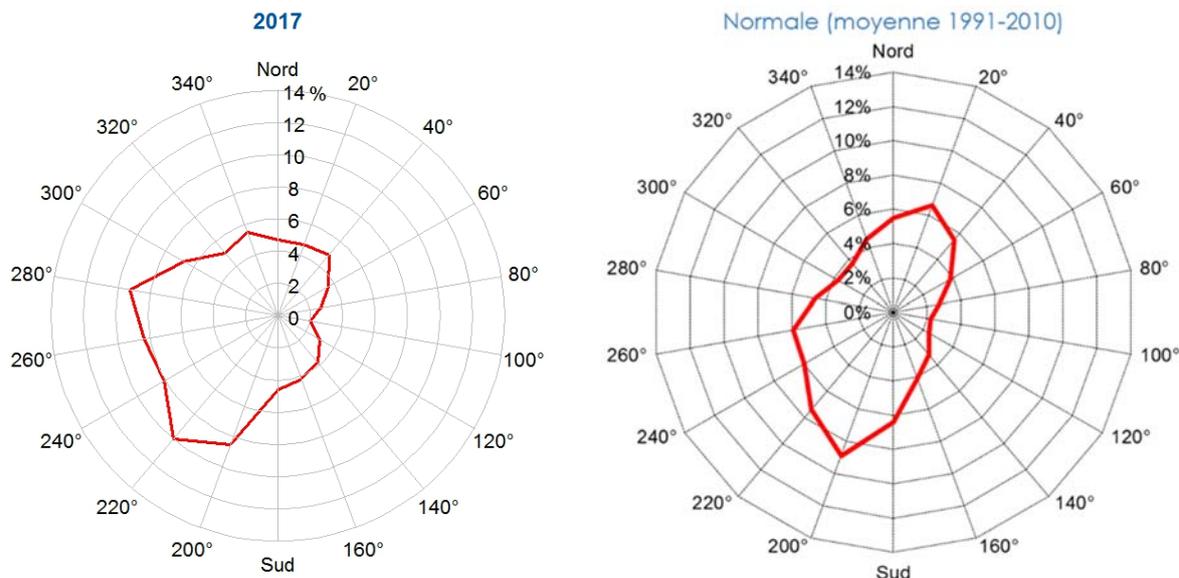


Figure 95: Roses de vent à Paris-Montsouris en 2017 (gauche) et normales simulées sur la période 1991-2010 (droite) (d'après les données Météo-France/DIRIC)

La rose des vents normale à Paris-Montsouris (Figure 95 – carte droite) présente les deux secteurs de vent dominants que connaît régulièrement la région :

- Secteur sud-ouest caractéristique d'un régime océanique perturbé ;
- Secteur nord-est lors de périodes anticycloniques où les hautes pressions sont situées sur la France, le proche Atlantique ou encore les Îles britanniques.

L'année 2017 a connu **une large prédominance de vents d'origine océanique, de secteur nord-ouest à sud-ouest** (Figure 95 – carte gauche).

ANNEXES

ANNEXE 1 : Normes françaises et européennes de qualité de l'air applicables en 2017.

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

Les **valeurs limites** 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** 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** sont définis par la réglementation française. Ils correspondent à un niveau **à atteindre à long terme et à maintenir**, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

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

Jusqu'en 2009, la réglementation française considérait un dépassement lorsque le seuil était atteint ou dépassé. Depuis 2010, la réglementation française s'est mise en accord avec les exigences de la réglementation européenne, qui considère un dépassement uniquement lorsque le seuil est dépassé. Des tests ont été effectués pour évaluer l'impact de cette modification sur les évaluations du respect de la réglementation. Les différences sont faibles pour la grande majorité des polluants, à l'exception des dépassements de la valeur limite journalière en PM₁₀. Ce changement entraîne une baisse plus significative du nombre de jours de dépassement en PM₁₀, rendant ainsi difficile la comparaison avec les années antérieures à 2010.

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	400 µg/m ³ 200 µg/m ³ le jour J si le seuil d'information a été déclenché à J-1 et risque de l'être à J+1
X	X		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 NO _x équivalent NO ₂
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 PHASE 1	Niveau annuel 2008 : 30 µg/m ³ 2009 : 29 µg/m ³ 2010 : 29 µg/m ³ 2011 : 28 µg/m ³ 2012 : 27 µg/m ³ 2013 : 26 µg/m ³ 2014 : 26 µg/m ³ 2015 : 25 µg/m ³
X		Valeur limite PHASE 2*	Niveau annuel 2020 : 20 µg/m ³
X	X	Obligation en matière de concentration relative à l'exposition	Niveau sur 3 ans à l'échelle nationale, sites de fond dans les agglomérations 2013-2014-2015 : 20 µg/m ³
X	X	Objectif national de réduction de l'exposition	Diminution de 15 ou 20 % ⁽¹⁾ entre 2011 et 2020 du niveau national de fond dans les agglomérations <small>(1) selon le niveau de 2011</small>

* Phase 2 : la valeur limite indicative sera révisée par la Commission à la lumière des informations complémentaires sur l'impact sanitaire et environnemental, la faisabilité technique et l'expérience acquise en matière de valeur cible dans les Etats membres

Ozone (O ₃)				
X	X	Valeurs cibles	Protection de la santé humaine	120 µg/m ³
			Niveau sur 8 heures, <i>à ne pas dépasser plus de 25 jours par an en moyenne sur 3 ans</i>	
X	X	Objectifs de qualité (F) Objectifs à long terme (E)	Protection de la végétation	18000 µg/m ³ .h
			AOT40 végétation (mai-juillet période 8h-20h)	
X	X	Objectifs de qualité (F) Objectifs à long terme (E)	Protection de la santé humaine	120 µg/m ³
			Niveau sur 8 heures, <i>aucun dépassement sur l'année</i>	
X	X	Seuil de recommandation et d'information	Protection de la végétation	6000 µg/m ³ .h
			AOT40 végétation (mai-juillet période 8h-20h)	
X	X	Seuil d'alerte	Niveau horaire	180 µg/m ³
X	X	Seuils d'alerte pour la mise en place de mesures de réduction	Niveau horaire	240 µg/m ³
X	X			240 µg/m ³ 3 heures consécutives
X	X			300 µg/m ³ 3 heures consécutives
X	X			360 µg/m ³
Monoxyde de carbone (CO)				
X	X	Valeur limite	Niveau sur 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 sur 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 horaire	500 µg/m ³ trois heures consécutives
Plomb				
X		Objectif de qualité	Niveau annuel	0,25 µg/m ³
X	X	Valeur limite	Niveau annuel	0,5 µg/m ³
Benzène				
X		Objectif de qualité	Niveau annuel	2 µg/m ³
X	X	Valeur limite	Niveau annuel	5 µg/m ³
Benzo(a)pyrène				
X	X	Valeur cible	Niveau annuel	1 ng/m ³
Arsenic				
X	X	Valeur cible	Niveau annuel	6 ng/m ³
Cadmium				
X	X	Valeur cible	Niveau annuel	5 ng/m ³
Nickel				
X	X	Valeur cible	Niveau annuel	20 ng/m ³

Figure 96 : normes françaises et européennes de qualité de l'air applicables en 2017

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

Particules PM₁₀

En 2017, le dépassement de la valeur limite journalière en PM₁₀ (35 jours supérieurs à 50 µg/m³ autorisés) est constaté sur **environ 1 % des axes routiers franciliens**, soit **environ 90 km de voirie** (Figure 97). En 2007, plus de 40 % du réseau régional (5 000 km) était concerné par ce dépassement.

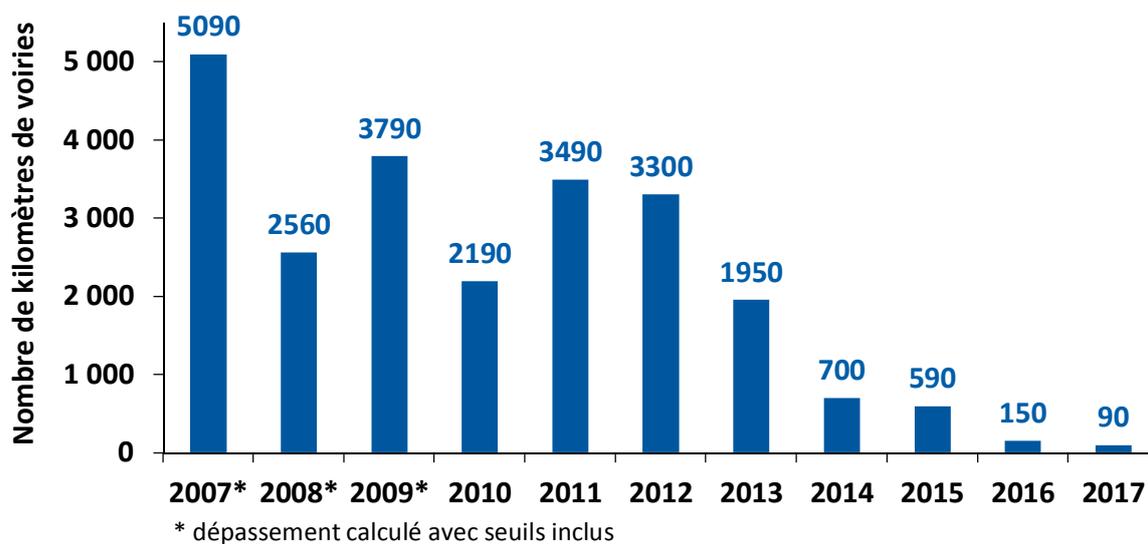


Figure 97 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant la valeur limite journalière PM₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017

En 2017, la superficie concernée par le dépassement de la valeur limite journalière est estimée à **environ 20 km²**, soit **moins de 1 % de la superficie régionale** (Figure 98).

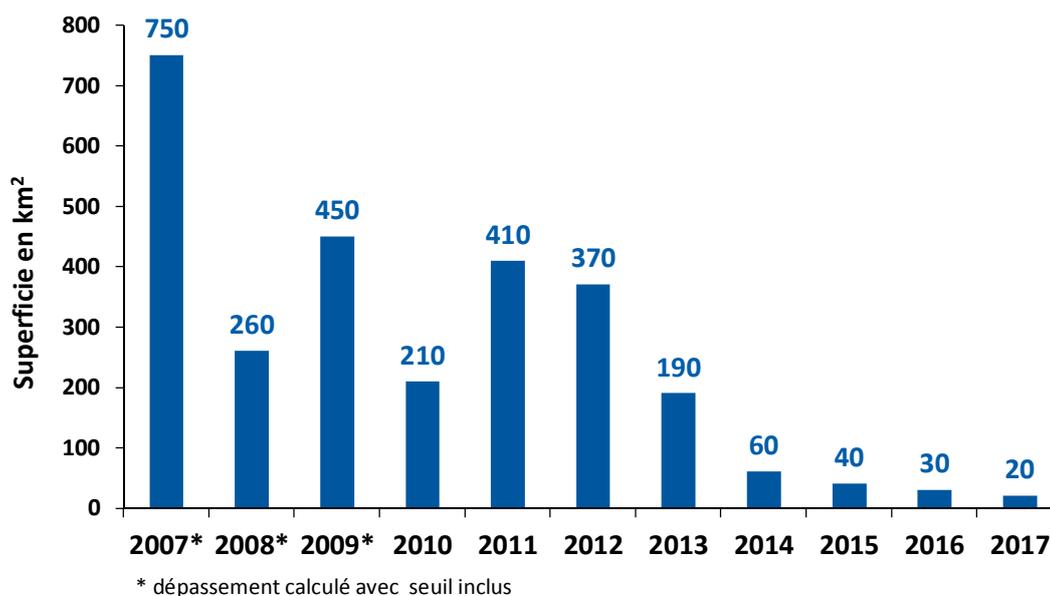


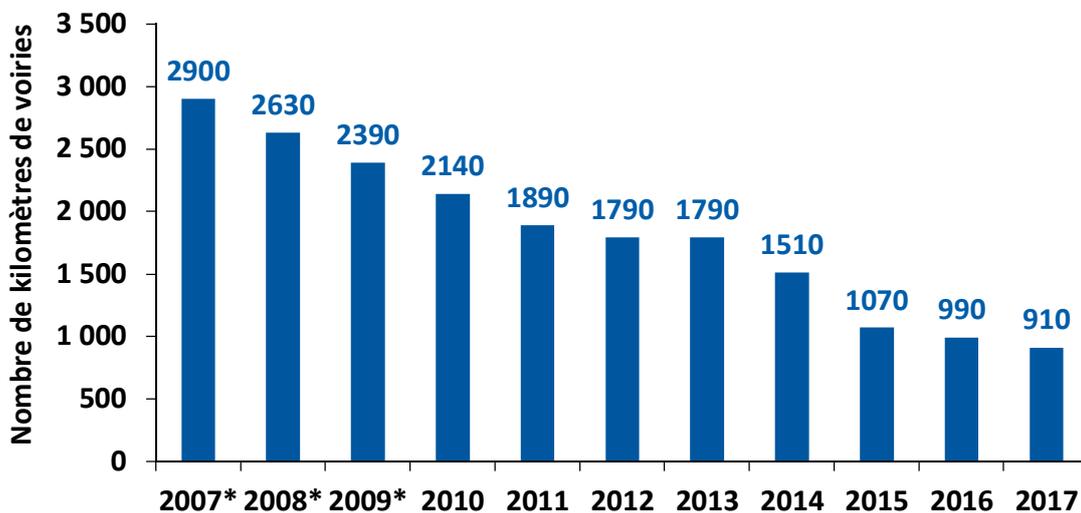
Figure 98 : évolution de la superficie concernée par un dépassement de la valeur limite journalière en particules PM₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017

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 2017, la valeur limite annuelle en NO₂ (fixée à 40 µg/m³) est dépassée sur **environ 910 km de voirie** (Figure 99), soit **environ 10 % 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.**

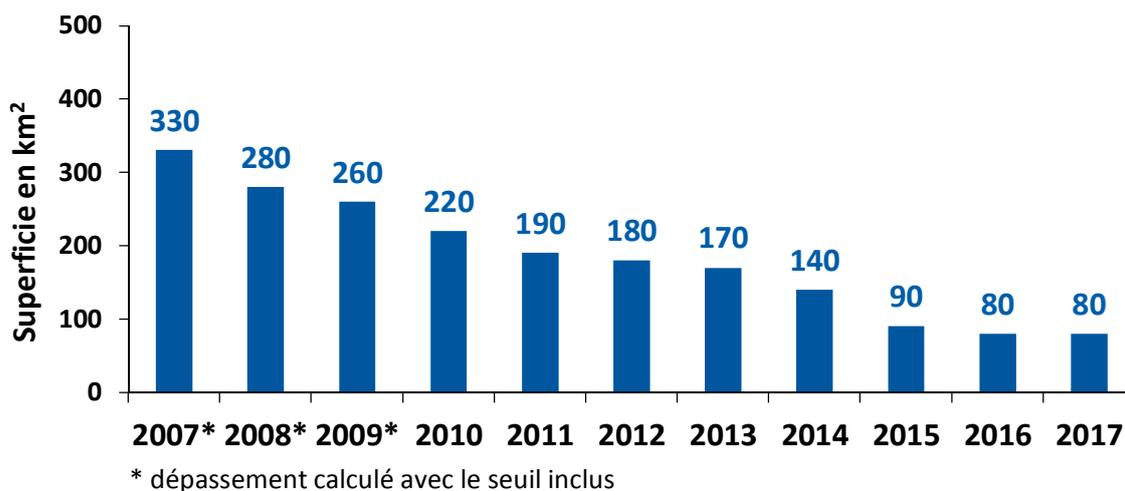
En 10 ans, le nombre de kilomètres de voies routières dépassant la valeur limitée annuelle en NO₂ a baissé de l'ordre de -70 %.



* dépassement calculé avec le seuil inclus

Figure 99 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant la valeur limite annuelle (40 µg/m³) en dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France de 2007 à 2017

À l'image de 2016, le dépassement de la valeur limite annuelle en NO₂ en Île-de-France représente en 2017 une **superficie de près de 80 km²** (Figure 100), soit **moins de 1 % de la superficie régionale.** **Entre 2007 et 2017, ce dépassement a baissé de -75 %.**

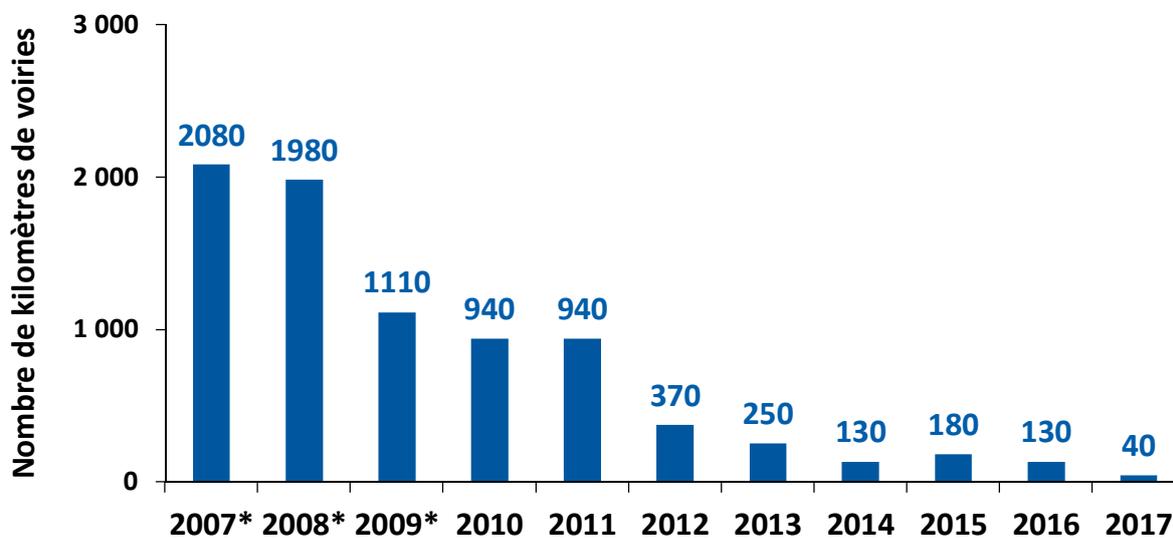


* dépassement calculé avec le seuil inclus

Figure 100 : évolution de la superficie cumulée concernée par un dépassement potentiel de la valeur limite annuelle (40 µg/m³) en dioxyde d'azote (NO₂) en Île-de-France de 2007 à 2017

Benzène (C₆H₆)

L'objectif de qualité français en benzène (fixé à 2 µg/m³ en moyenne annuelle) est dépassé sur **environ 40 km de voies**, soit **moins 1 % du réseau francilien modélisé** par Airparif (Figure 101). **Ces dépassements sont exclusivement constatés dans l'agglomération parisienne.**



* dépassements calculés avec le seuil inclus

Figure 101 : évolution du kilométrage cumulé de voiries dépassant l'objectif de qualité en benzène en Île-de-France de 2007 à 2017

La superficie concernée par ce dépassement est très faible à l'échelle de la région Île-de-France. Compte-tenu des incertitudes de la méthode employée, les chiffres ne sont pas significatifs.

ANNEXE 3 : Définition de la zone sensible en Île-de-France

Les Schémas Régionaux Climat, Air et Energie (SRCAE) instaurés par la Loi Grenelle 2 imposent 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 (PM₁₀ et NO₂). Sur ces zones, les actions en faveur de la qualité de l'air sont qualifiées de prioritaires.

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

La zone sensible de l'Île-de-France correspond à la zone administrative de surveillance déclarée au niveau européen comprenant l'agglomération parisienne et l'agglomération de Meaux (Figure 102). 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 23 % de la surface de l'Île-de-France et constitue un tissu urbain continu.

Liste des communes comprises dans la zone sensible

75

PARIS

77

BOISSETTES, 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, COUNTRY, CREGY-LES-MEAUX, CROISSY-BEAUBOURG, DAMMARIE-LES-LYS, DAMPMART, EMERAINVILLE, ESBLY, FUBLAINES, GOUVERNES, GUERMANTES, ISLES-LES-VILLENNOY, LAGNY-SUR-MARNE, LESCHES, LESIGNY, LIVRY-SUR-SEINE, LOGNES, MEAUX, MEE-SUR-SEINE, MELUN, MITRY-MORY, MONTEVRAIN, NANDY, NANTEUIL-LES-MEAUX, NOISIEL, POINCY, POMPONNE, PONTAULT-COMBAULT, PRINGY, ROCHETTE, ROISSY-EN-BRIE, RUBELLES, SAINT-FARGEAU-PONTHIERRY, SAINT-THIBAUT-DES-VIGNES, SAVIGNY-LE-TEMPLE, SERVON, THORIGNY-SUR-MARNE, TORCY, TRILPORT, VAIRES-SUR-MARNE, VAUX-LE-PENIL, VERT-SAINT-DENIS, VIGNELY, VILLENNOY, VILLEPARISIS

78

ACHERES, AIGREMONT, ANDRESY, BAZOCHES-SUR-GUYONNE, BOIS-D'ARCY, BOUGIVAL, BUC, BUCHELAY, CARRIERES-SOUS-POISSY, CARRIERES-SUR-SEINE, CELLE-SAINT-CLOUD, CHAMBOURCY, CHANTELOUP-LES-VIGNES, CHAPET, CHATOU, CHESNAY, CHEVREUSE, CLAYES-SOUS-BOIS, COIGNIERES, CONFLANS-SAINTE-HONORINE, CROISSY-SUR-SEINE, ELANCOURT, ETANG-LA-VILLE, EVECQUEMONT, 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, ROCQUENCOURT, SAINT-CYR-L'ECOLE, SAINT-GERMAIN-EN-LAYE, SAINT-REMY-LES-CHEVREUSE, SAINT-REMY-L'HONORE, SARTROUVILLE, TRAPPES, TREMBLAY-SUR-MAULDRE, TRIEL-SUR-SEINE, VAUX-SUR-SEINE, VELIZY-VILLACOUBLAY, VERNEUIL-SUR-SEINE, VERNOUILLET, VERRIERE, VERSAILLES, VESINET, VILLENNES-SUR-SEINE, VILLEPREUX, VILLIERS-SAINT-FREDERIC, VIROFLAY, VOISINS-LE-BRETONNEUX

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, DRAVEL, 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, SAINTE-GENEVIEVE-DES-BOIS, SAINT-GERMAIN-LES-ARPAJON, SAINT-GERMAIN-LES-CORBEIL, SAINT-JEAN-DE-BEAUREGARD, SAINT-MICHEL-SUR-ORGE, SAINT-PIERRE-DU-PERRAY, SAINTRY-SUR-SEINE, SAINT-YON, SAULX-LES-CHARTREUX, SAVIGNY-SUR-ORGE, SOISY-SUR-SEINE, VARENNES-JARCY, VAUHALLAN, VERRIERES-LE-BUISSON, VIGNEUX-SUR-SEINE, VILLABE, VILLEBON-SUR-YVETTE, VILLE-DU-BOIS, VILLEJUST, VILLEMOISSON-SUR-ORGE, VILLIERS-SUR-ORGE, VIRY-CHATILLON, WISSOUS, YERRES, ULIS

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

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

94

ABLON-SUR-SEINE, ALFORTVILLE, ARCUEL, 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

95

ANDILLY, ARGENTEUIL, ARNOUVILLE-LES-GONESSE, AUVERS-SUR-OISE, BEAUCHAMP, BESSANCOURT, BEZONS, BONNEUIL-EN-FRANCE, BOUFFEMONT, BUTRY-SUR-OISE, CERGY, CHAMPAGNE-SUR-OISE, CORMEILLES-EN-PARISIS, COURDIMANCHE, DEUIL-LA-BARRE, DOMONT, EAUBONNE, ECOUEN, ENGHIE-NES-BAINS, ERAGNY, ERMONT, EZANVILLE, FRANCONVILLE, FREPILLON, FRETTE-SUR-SEINE, GARGES-LES-GONESSE, GONESSE, 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, VALMONDOIS, VAUREAL, VILLIERS-ADAM, VILLIERS-LE-BEL

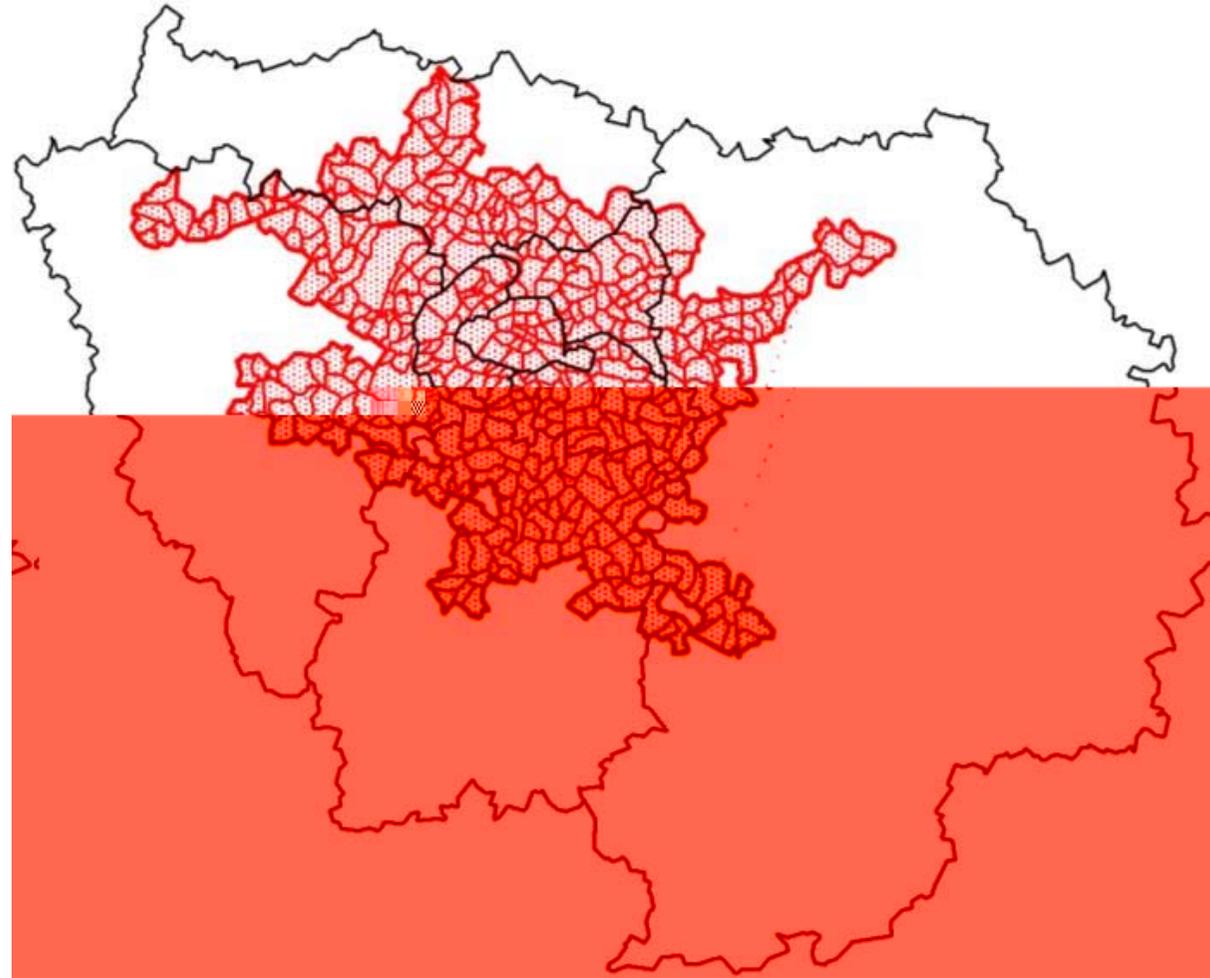


Figure 102 : zone sensible définie sur l'Île-de-France

RÉFÉRENCES

Affset (Anses), Émissions de dioxyde d'azote de véhicules diesel – Impact des technologies de post-traitement sur les émissions de dioxyde d'azote de véhicules diesel – Août 2009

Airparif, Campagne de mesure du mercure dans l'air ambiant en Île-de-France, Novembre 2010

Airparif, Inventaire régional des émissions en Île-de-France - Année de référence 2010 - éléments synthétiques, Édition décembre 2012

Airparif, Surveillance des métaux dans l'air ambiant à Bagneaux-sur-Loing (77), Décembre 2014

Airparif, Pollution atmosphérique au Benzo(a)pyrène en Île-de-France, Campagne 2014-2015, Octobre 2015

Airparif, Inventaire régional des émissions en Île-de-France. Année de référence 2012 – éléments synthétiques. Édition mai 2016, 2016

Baudic, A. et al., Seasonal variability and source apportionment of volatile organic compounds (VOCs) in the Paris megacity (France), *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 11961-11989, doi:10.5194/acp-16-11961-2016, 2016

Collette A. et al., Air quality trends in Europe over the past decade : a first multi-model assessment, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11 , 11657-11678, 2011

European Environment Agency, EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013 updated in September 2014

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

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

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

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

Kousoulidou M, Ntziachristos L, Mellios G, Samaras Z.: Road-transport emission projections to 2020 in European urban environments, *Atmospheric Environment* 42 (2008), 7465-7475, 2008

Mairie de Paris, Bilan des déplacements en 2012 à Paris, 2013

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

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

OMS, Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report, Juillet 2013

OMS-IARC, Diesel and Gasoline engine exhausts and some nitroarenes, IARC Monographs, Volume 105, 2013

ORS Nord-Pas-de-Calais, Effets des particules en suspension sur la santé respiratoire des enfants, Novembre 2007

Sjödin, Å., Jerksjö, M., Fallgren, H., Salberg, H., Parsmo, R., Hult, C., Yahya, M.-R., Wisell, T., Lindén, J., On-Road Emission Performance of Late Model Diesel and Gasoline Vehicles as Measured by Remote Sensing, **2017**.

Waked, A. et al. : Multi-year levels and trends of non-methane hydrocarbon concentrations observed in ambient air in France, *Atmos. Environ.*, 141, 263-275, doi:10.1016/j.atmosenv.2016.06.059, 2016

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 de qualité de l'air en Île-de-France en 2017	10
Figure 2 : tendances observées à long et court terme pour les concentrations des différents polluants réglementés en Île-de-France	10
Figure 3 : 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 2017.....	13
Figure 4 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m ³ en particules PM ₁₀ en Île-de-France en 2017.....	14
Figure 5 : pourcentage de la population francilienne exposée selon le nombre de jours où la moyenne journalière en PM ₁₀ est supérieure à 50 µg/m ³ pour les années 2007 (exposition maximale) et 2017 (exposition minimale et année courante).....	15
Figure 6 : évolution du nombre d'habitants potentiellement concernés par un dépassement de la valeur limite journalière en particules PM ₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017	15
Figure 7 : concentrations moyennes annuelles de particules PM ₁₀ en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne en 2017	16
Figure 8 : concentrations moyennes annuelles de particules PM ₁₀ en Île-de-France en 2017	16
Figure 9 : pourcentage de la population francilienne potentiellement exposée selon les concentrations annuelles de particules PM ₁₀ pour les années 2007 (exposition maximale) et 2017 (exposition minimale et année courante)	17
Figure 10 : évolution du nombre d'habitants potentiellement concernés par un dépassement de l'objectif de qualité annuel en particules PM ₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017	18
Figure 11 : nombre de jours de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m ³ en particules PM ₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017	19
Figure 12 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, des concentrations moyennes sur 3 ans en particules PM ₁₀ de 1999-2001 à 2015-2017 dans l'agglomération parisienne (en bleu) et hors agglomération (en vert).....	20
Figure 13 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM ₁₀ sur 2 stations trafic	20
Figure 14 : records annuels pour les particules PM ₁₀ en Île-de-France sur l'historique 2007-2017	21
Figure 15 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM _{2.5} en 2017 en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne.....	22
Figure 16 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM _{2.5} en Île-de-France en 2017	22
Figure 17 : pourcentage de la population francilienne potentiellement exposée selon les concentrations annuelles de particules PM _{2.5} pour les années 2007 (exposition maximale) et 2017 (année minimale et année courante)	23
Figure 18 : évolution du nombre d'habitants potentiellement concernés par un dépassement de l'objectif de qualité annuel (10 µg/m ³) en particules PM _{2.5} en Île-de-France de 2007 à 2017	24
Figure 19 : concentrations moyennes annuelles de particules fines PM _{2.5} de 2007 à 2017 en Île-de-France.....	25
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 2000-2002 à 2015-2017	26
Figure 21 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans de particules PM _{2.5} sur la station du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil de 1999-2001 à 2015-2017.....	26
Figure 22 : records annuels pour les particules PM _{2.5} en Île-de-France sur l'historique 2007-2017.....	27
Figure 23 : évolution des concentrations hivernales de fumées noires dans l'agglomération parisienne de 1956-1957 à 2016-2017	28
Figure 24 : concentrations moyennes annuelles en carbone suie en Île-de-France en 2017.....	29

Figure 25 : pourcentages de carbone suie issu de la combustion du fioul fossile et de la biomasse en situation de fond en Île-de-France sur l'année 2017, avec une distinction hiver/été.	30
Figure 26 : concentrations moyennes 2016-2017 d'ammoniac mesurées en situation de fond urbain, rural et à proximité du trafic routier entr.....	31
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 2017	32
Figure 28 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO ₂) en 2017 en Île-de-France, avec un zoom sur Paris et la petite couronne parisienne	34
Figure 29 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO ₂) pour l'ensemble des stations de mesure en Île-de-France en 2017	36
Figure 30 : pourcentage de la population francilienne exposée selon les concentrations annuelles de dioxyde d'azote (NO ₂) pour les années 2007 (exposition maximale) et 2017 (exposition minimale et année courante)	37
Figure 31 : évolution du nombre d'habitants potentiellement concernés par un dépassement de la valeur limite annuelle (40 µg/m ³) en dioxyde d'azote (NO ₂) en Île-de-France de 2007 à 2017	38
Figure 32 : concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO ₂) de 2007 à 2017 en Île-de-France.....	39
Figure 33 : évolution, à échantillon constant de six stations urbaines de fond, de la concentration en moyenne sur 3 ans en dioxyde d'azote (NO ₂) dans l'agglomération parisienne de 1992-1994 à 2015-2017	40
Figure 34 : évolution, à échantillon constant de cinq stations trafic, de la concentration moyenne sur 3 ans en dioxyde d'azote (NO ₂) en situation de proximité au trafic dans l'agglomération parisienne de 1996-1998 à 2015-2017	40
Figure 35 : évolution, à échantillon constant de cinq stations trafic, de la concentration moyenne sur 3 ans en oxydes d'azote (NO _x) en situation de proximité au trafic dans l'agglomération parisienne de 1996-1998 à 2015-2017	41
Figure 36 : ratio des concentrations NO ₂ /NO _x en moyenne sur 3 ans sur les stations de proximité au trafic routier en Île-de-France de 1996-1998 à 2015-2017.....	42
Figure 37 : ratio des concentrations NO ₂ /NO _x en moyenne sur 3 ans sur les stations BP Porte d'Auteuil et Champs-Élysées de 1998 à 2017.....	43
Figure 38 : records annuels pour le dioxyde d'azote (NO ₂) et les oxydes d'azote (NO _x) en Île-de-France sur l'historique 1991-2017	43
Figure 39 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air (annuelle et horaire) en dioxyde d'azote (NO ₂) en Île-de-France en 2017	44
Figure 40	46
Figure 41 : 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 2014 à 2017.....	46
Figure 42 : situation de l'Île-de-France au regard de la valeur cible en ozone (O ₃) pour la santé (seuil de 120 µg/m ³ sur 8 heures) en Île-de-France – Période 2015-2017.....	47
Figure 43 : nombre de jours de dépassement de la valeur cible en ozone (O ₃) pour la protection de la santé (seuil de 120 µg/m ³ sur 8 heures) en Île-de-France (moyenne 2015-2017)	47
Figure 44 : situation par rapport à l'objectif de qualité en ozone (O ₃) pour la protection de la végétation (AOT 40, seuil de 6 000 µg/m ³ .h ⁻¹) en Île-de-France en 2017	48
Figure 45 : nombre moyen de jours de dépassement de l'objectif de qualité en ozone (O ₃) (seuil de 120 µg/m ³ sur 8 heures) en Île-de-France de 1998 à 2017.....	49
Figure 46 : nombre de jours de dépassement du seuil de 120 µg/m ³ sur 8 heures en ozone en moyenne sur 3 ans (valeur cible pour la protection de la santé) sur la station de mesure la plus forte en Île-de-France de 1998-2000 à 2015-2017	50
Figure 47 : évolution, à échantillon constant de trois stations urbaines de fond, de la concentration moyenne sur 3 ans en ozone (O ₃) dans l'agglomération parisienne de 1992-1994 à 2015-2017	50
Figure 48 : records annuels pour l'ozone (O ₃) en Île-de-France sur l'historique 1992-2017.....	51
Figure 49 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en ozone (O ₃) en Île-de-France en 2017	52

Figure 50 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne en 2017	54
Figure 51 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France en 2017	55
Figure 52 : évolution du nombre d'habitants potentiellement concernés par un dépassement de l'objectif de qualité en benzène en Île-de-France de 2007 à 2017	55
Figure 53 : concentrations moyennes annuelles de benzène en Île-de-France de 2011 à 2017 et zoom sur Paris et la petite couronne pour 2017.....	56
Figure 54 : évolution, à échantillon évolutif de stations de fond, de la concentration moyenne de benzène sur 3 ans dans l'agglomération parisienne de 1994-1996 à 2015-2017.....	57
Figure 55 : évolution de la concentration moyenne 3 ans en benzène sur la station trafic de la Place Victor Basch à Paris de 1994-1996 à 2015-2017	57
Figure 56 : synthèse des dépassements des normes de qualité de l'air en benzène (C ₆ H ₆) en Île-de-France pour l'année 2017	58
Figure 57 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en continu en Île-de-France en 2017	59
Figure 58 : concentrations moyennes annuelles des cinq HAM mesurés en 2017 au sein de deux stations trafic parisiennes (Place Victor Basch, Boulevard Périphérique Est) et en situation de fond urbain.....	59
Figure 59 : concentrations moyennes annuelles de benzo(a)pyrène (BaP) en Île-de-France en 2017	61
Figure 60 : évolution de la concentration moyenne sur 3 ans de benzo(a)pyrène (BaP) dans l'agglomération parisienne sur un échantillon évolutif de stations urbaines de fond et en site trafic (le long du Boulevard Périphérique) de 1999-2001 à 2015-2017	62
Figure 61 : évolution de la concentration maximale journalière de benzo(a)pyrène (BaP) en et hors agglomération parisienne et à proximité du trafic routier (le long du Boulevard Périphérique) de 1998 à 2017	63
Figure 62 : concentrations moyennes annuelles des huit HAP mesurés en Île-de-France en 2017 ...	63
Figure 63 : évolution de la concentration moyenne annuelle de plomb (Pb) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et à Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1991 à 2017	65
Figure 64 : évolution de la concentration moyenne annuelle d'arsenic (As) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1999 à 2017	66
Figure 65 : évolution de la concentration moyenne annuelle de cadmium (Cd) sur les stations de la Place Victor Basch (trafic), à Paris (fond), à Limay et à Bagneaux-sur-Loing (sites industriels) de 1999 à 2017	67
Figure 66 : évolution de la concentration moyenne annuelle de nickel (Ni) à Paris (fond) de 2007 à 2017, à Limay (industrielle) de 2015 à 2017 et à Bagneaux-sur-Loing de 2016 à 2017.....	67
Figure 67 : concentrations moyennes annuelles et maximales sur 8 heures de monoxyde de carbone (CO) en Île-de-France en 2017.....	69
Figure 68 : évolution de la concentration moyenne 3 ans en monoxyde de carbone (CO) à proximité au trafic et en situation de fond dans l'agglomération parisienne de 1994-1996 à 2015-2017.....	69
Figure 69 : évolution des concentrations maximales sur 8 heures de monoxyde de carbone (CO) dans l'agglomération parisienne de 1991 à 2017	70
Figure 70 : records annuels pour le monoxyde de carbone (CO) en Île-de-France sur l'historique 1991-2017.....	70
Figure 71 : évolution des concentrations moyennes hivernales de dioxyde de soufre (SO ₂) à Paris depuis l'hiver 1956-1957.....	72
Figure 72 : records annuels pour le dioxyde de soufre (SO ₂) en Île-de-France sur la période 1991-2017	73
Figure 73 : concentrations moyennes annuelles de formaldéhyde et d'acétaldéhyde mesurés en Île-de-France en 2017	75

Figure 74 : évolution des concentrations moyennes sur 3 ans des COV totaux (somme des 29 COV) mesurés en situation de fond urbain de 2003-2005 à 2015-2017	76
Figure 75 : concentrations moyennes annuelles des 29 COV mesurés au siège d'Airparif (Paris 4 ^{ème}) (fond urbain) en 2017	77
Figure 76 : jours de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte en Île-de-France en 2017; seuil dépassé (information ou alerte) et polluant concerné (PM ₁₀ , O ₃ et NO ₂).....	78
Figure 77 : nombre de jours de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte en Île-de-France de 2006 à 2017, tous polluants confondus (y compris les particules PM ₁₀ *). [*Simulation rétrospective des PM ₁₀ pour les années 2006 et 2007 selon les conditions de l'arrêté inter-préfectoral du 3 décembre 2007 – Abaissement des seuils de déclenchement à partir du 30 novembre 2011 – Modification des critères de dépassement de l'arrêté d'information et d'alerte à partir du 15 septembre 2014 et Modification des critères de persistance de la procédure d'alerte selon l'arrêté inter-préfectoral du 19 décembre 2016].....	79
Figure 78 : nombre de jours d'information et d'alerte en particules PM ₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017 selon les critères de déclenchement de l'arrêté inter-préfectoral du 27 octobre 2011 (* simulation rétrospective de 2007 à 2011)	80
Figure 79 : cartes journalières de la qualité de l'air en Île-de-France de l'épisode de pollution aux particules PM ₁₀ ayant débuté le 21 janvier 2017	81
Figure 80 : évolution des concentrations horaires de particules PM ₁₀ et de PM _{2.5} (en µg/m ³) observées entre le 20 et le 27 janvier 2017 au sein de la station urbaine de fond de Gennevilliers (92) et répartition moyenne (en %) des composants majeurs des particules (fraction PM ₁) mesurés par l'ACSM* (Organiques, Nitrate, Ammonium, Sulfate) et un Aéthalomètre (BC=Black Carbon). *ACSM : Aerosol Chemical Speciation Monitor.....	82
Figure 81 : nombre de jours où l'indice de qualité de l'air ATMO (moyenne de la pollution de fond de l'agglomération parisienne) était médiocre, mauvais ou très mauvais de 2011 à 2017.....	83
Figure 82 : répartition en pourcentage des indices ATMO (fond, agglomération parisienne) en 2017	84
Figure 83 : répartition des indices généraux CITEAIR (fond, Paris intra-muros) en 2017	86
Figure 84 : répartition des indices trafic CITEAIR (proximité trafic, Paris intra-muros) en 2017	86
Figure 85 : synthèse mensuelle et annuelle des principaux paramètres météorologiques (précipitations, température, insolation) en Île-de-France en 2017 (d'après les bulletins mensuels pour la région Île-de-France téléchargeables à partir du site de Météo-France).....	88
Figure 86 : température moyenne en 2017 (gauche) et normales simulées sur la période 1981-2010 (droite) en Île-de-France. Source : données Météo-France/DIRIC.....	89
Figure 87 : température moyenne mensuelle et annuelle à Paris-Montsouris en 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC)	89
Figure 88 : nombre de jours où la température maximale a atteint ou dépassé 30°C à Paris-Montsouris de 1997 à 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC).....	90
Figure 89 : nombre de jours de forte chaleur (Tx ≥ 30°C) en 2017 (gauche) et normales simulées sur la période 1981-2010 (droite) en Île-de-France. Source : données Météo-France/DIRIC.....	90
Figure 90 : durée annuelle d'insolation à Paris-Montsouris de 1997 à 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC).....	91
Figure 91 : durée mensuelle d'insolation à Paris-Montsouris en 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC)	91
Figure 92 : nombre de jours avec précipitations (≥ 1 mm) et écarts à la normale 1981-2010 en Île-de-France en 2017 (Source : données Météo-France/DIRIC)	92
Figure 93 : cumul annuel des précipitations à Paris-Montsouris de 1981 à 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC).....	92
Figure 94 : cumul mensuel de précipitations à Paris-Montsouris en 2017 (d'après les données Météo-France/DIRIC)	93
Figure 95: Roses de vent à Paris-Montsouris en 2017 (gauche) et normales simulées sur la période 1991-2010 (droite) (d'après les données Météo-France/DIRIC)	94
Figure 96 : normes françaises et européennes de qualité de l'air applicables en 2017.....	97

Figure 97 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant la valeur limite journalière PM ₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017	98
Figure 98 : évolution de la superficie concernée par un dépassement de la valeur limite journalière en particules PM ₁₀ en Île-de-France de 2007 à 2017	98
Figure 99 : évolution du kilométrage cumulé de voies routières dépassant la valeur limite annuelle (40 µg/m ³) en dioxyde d'azote (NO ₂) en Île-de-France de 2007 à 2017	99
Figure 100 : évolution de la superficie cumulée concernée par un dépassement potentiel de la valeur limite annuelle (40 µg/m ³) en dioxyde d'azote (NO ₂) en Île-de-France de 2007 à 2017	99
Figure 101 : évolution du kilométrage cumulé de voiries dépassant l'objectif de qualité en benzène en Île-de-France de 2007 à 2017	100
Figure 102 : zone sensible définie sur l'Île-de-France.....	103