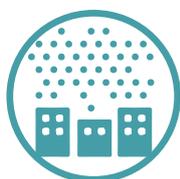




GUAPO



LA QUALITÉ DE L'AIR

à Paris et dans
la Métropole du Grand Paris

état des lieux & enjeux



Métropole
du Grand Paris

Remerciements pour leur contribution



Christine Anfray, Chargée de mission Air-Mobilités à la Métropole du Grand Paris.

Olivier Blond, Président de l'association Respire.

Olivier Chrétien, Responsable de la Division Prévention des Impacts Environnementaux de l'Agence d'Ecologie Urbaine à la Direction des Espaces Verts et de l'Environnement de la Ville de Paris.

Aude Fortain, Ingénieure air, bruit et mobilité à l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie Ademe.

Cécile Honoré, Responsable du pôle étude de l'Observatoire de la Qualité de l'air en Île-de-France Airparif.

Juliette Larbre, Directrice du Laboratoire Polluants Chimiques du Service Parisien de Santé Environnementale.

Karine Léger, Directrice de l'Observatoire de la Qualité de l'air en Île-de-France Airparif.

Lucas Manetti, Conseiller technique de l'adjointe à la Maire de Paris en charge de l'environnement & du plan climat chez Mairie de Paris.

Sébastien Maire, Délégué Général à la Transition Ecologique et à la Résilience au Secrétariat Général de la Ville de Paris.

Déborah Le Mener, Responsable du pôle Qualité de l'air de l'Agence d'Ecologie Urbaine à la Direction des Espaces Verts et de l'Environnement de la Ville de Paris.

Serge Orru, Conseiller de la Maire de Paris.

Kiran Ramgolam, Coordinatrice de projets scientifiques en Santé-Environnement à la Ville de Paris.

Tony Renucci, Consultant qualité de l'air et villes durables.

Nathalie Roebbel, Responsable technique sur les déterminants sociaux de la santé à l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

Aurélie Solans, Conseillère déléguée chargée de l'environnement auprès de l'Adjointe à la Maire en charge de l'environnement, du développement durable, de l'eau, de la politique des canaux et du plan climat.

Maria Spendel, Chargée de mission Environnement et Développement Durable à la Métropole du Grand Paris.



Sommaire

Page

- 1** → Introduction
 - 3** → I. La qualité de l'air s'améliore mais les inquiétudes grandissent
 - 13** → II. Se déplacer et se chauffer sans polluer ?
L'équation difficile des grandes agglomérations
 - 25** → III. Cadre réglementaire et actions juridiques
 - 31** → IV. Agir pour une ville respirable : innovons ensemble
 - 35** → V. Quelles perspectives face aux enjeux émergents ?
-
- 39** → Références
 - 42** → Annexes



Introduction

Selon une étude menée par des chercheurs allemands et publiée en mars 2019, la pollution de l'air tuerait aujourd'hui en Europe plus que le tabac (Lelieveld et al., 2019). Enjeu majeur de santé publique, la qualité de l'air prend une place importante parmi les préoccupations environnementales des populations et des responsables des villes et des métropoles à travers le monde.



À Paris comme ailleurs, la ville se pense désormais différemment. L'intégration des enjeux de la qualité de l'air dans les différentes politiques sectorielles est de plus en plus prégnante.

La lutte contre la congestion a favorisé une politique de mobilité diversifiée répondant à des enjeux sanitaires et environnementaux. Pour ne rappeler que les éléments les plus marquants d'une mutation profonde, la loi LAURE - qui stipule « Le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé » ainsi que la Directive AIR en Europe, conjuguées à l'émergence des enjeux climatiques - dont la COP21 a été un symbole en 2015 - traduisent un changement radical d'approche des politiques publiques. C'est à la lumière de ces évolutions que la piétonnisation des berges de Seine dans le centre de Paris en 2016, et la

création d'une Zone Faibles Emissions (ZFE) à Paris et dans la Métropole, se justifient.

A l'échelle locale, ces politiques publiques s'organisent dans le cadre des Plans Climat Air Energie (PCAÉ) qui fixent des objectifs et planifient des actions coordonnées en matière de lutte contre le changement climatique, de qualité de l'air et de recours aux énergies renouvelables.

L'intégration des approches sectorielles dans un même cadre réglementaire s'est également accompagnée d'une intégration des actions à l'échelle de la zone dense de l'agglomération parisienne avec la création en 2016 de la Métropole du Grand Paris, composée de douze territoires, et le rôle de plus en plus prépondérant des associations, des citoyens et des acteurs économiques.



Ainsi, la Métropole du Grand Paris, dans le cadre de son PCAE métropolitain, et la Ville de Paris, dans le cadre de son PCAE territorial travaillent de concert pour la qualité de l'air, notamment en élargissant la ZFE à l'échelle pertinente pour être efficace et en se projetant sur ses étapes ultérieures afin de tendre vers la mobilité décarbonée.

Les citoyens, quant à eux, ont une place de plus en plus centrale dans la transition écologique et dans les actions en lien avec la qualité de l'air. Les capteurs individuels de mesure de la qualité de l'air, proposés par tout un panel d'acteurs économiques, génèrent un grand nombre de données pouvant aider à la sensibilisation mais également susciter des inquiétudes et appellent une stratégie de réponse et de vérification de la part des autorités locales.

Les politiques publiques et les actions en faveur de la qualité de l'air sont donc passées d'un cadre sectoriel très segmenté à une approche transversale impliquant des jeux d'acteurs multiples. La Ville de Paris à partir des années 2000, puis la Métropole du Grand Paris dès sa création en 2016 ont ainsi intégré la lutte contre la pollution de l'air dans une stratégie territoriale globale, incluant des enjeux citoyens, sanitaires et environnementaux en constante évolution.

**LA VILLE DE PARIS
ET LA MÉTROPOLE
DU GRAND PARIS
LUTTENT CONTRE
LA POLLUTION
DE L'AIR**



**Métropole
du Grand Paris**



I. La qualité de l'air s'améliore mais les inquiétudes grandissent

UNE ZONE URBAINE DENSE, TRAVERSÉE PAR DE NOMBREUX AXES ROUTIERS

Le système urbain français est caractérisé par une polarité de la capitale, unique en Europe continentale. Paris a longtemps été le point de convergence des grands axes de communication, puis, à partir du 19^{ème} siècle, un grand centre de production industrielle et tertiaire dont la banlieue était partie prenante. Cette croissance démographique et économique s'est caractérisée par un système de grands axes routiers et de transports en commun convergents vers la capitale. A cette structure correspond une densité de population très forte dans le centre, Paris étant la ville la plus dense d'Europe.

Paris 105 km² 2 206 488 hab
20 934 hab/km²

De nombreuses voies à grande circulation relient Paris au reste de la France et à l'Europe et traversent les territoires de la Métropole du Grand Paris, dont la densité décroît en s'éloignant du centre.

L'idée d'un Grand Paris, intégrant dans une approche de développement cohérente Paris et les territoires qui l'entourent, a mis des

décennies à se concrétiser : elle a vu le jour le 1 janvier 2016, avec la création de la Métropole du Grand Paris, Etablissement Public de Coopération Intercommunale, regroupant 131 communes elles-mêmes réparties en 12 Etablissements Publics Territoriaux, dont Paris, et dotée, entre autres, de compétences en matière de transition écologique et de qualité de l'air.

Dans cet environnement urbain extrêmement dense et traversé de grands axes routiers, les sources de pollution sont nombreuses. La topographie du bassin parisien et le climat océanique sont néanmoins favorables à la dispersion des polluants. Ainsi, dans le bassin parisien, la vitesse de vent est rarement nulle et les vents proviennent majoritairement du sud-ouest, amenant des masses d'air moins chargées en polluants. En revanche, les vents de nord-est, assez fréquents, apportent des masses d'air continentales potentiellement riches en polluants. Les pluies sont faibles mais fréquentes sur la région (environ un jour sur deux – Source Météo-France) et permettent de laver l'atmosphère de ses polluants.

Métropole du Grand Paris
814 km² 7 020 210 hab
8 624 hab/km²

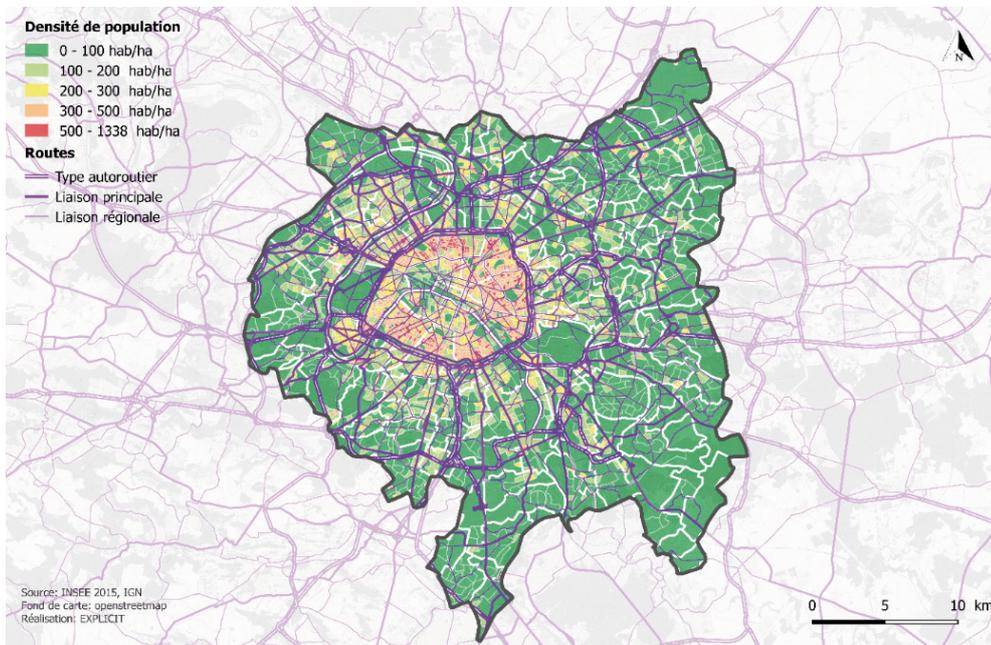


FIGURE 1

Densité de population et principaux réseaux de transport à Paris et dans la Métropole du Grand Paris.

Source :
INSEE 2015

DES SOURCES DE POLLUTIONS TYPIQUES DES GRANDES AGGLOMÉRATIONS

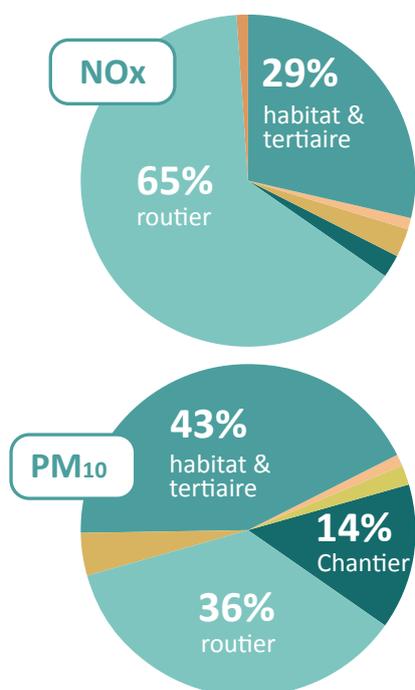
Ces caractéristiques urbaines se retrouvent dans le profil des sources d'émission qui dominent à Paris et dans la Métropole du Grand Paris : le **trafic routier** et le **chauffage résidentiel et tertiaire** (Figure 2). A Paris, le chauffage résidentiel et tertiaire est la principale source de particules (43 %) suivie de très près par le trafic routier (36 %) et dans une moindre mesure par les chantiers (14 %) (Airparif, 2019). Dans la Métropole, le chauffage résidentiel et tertiaire est le premier contributeur aux émissions de particules (40 %), devant le trafic routier (29 %) et les chantiers (19 %).

Les oxydes d'azote sont quant à eux émis principalement par le trafic (65 % à Paris et 54 % dans la Métropole) et à plus de 20 % par le chauffage résidentiel et tertiaire.





Ville de PARIS



Métropole du Grand Paris

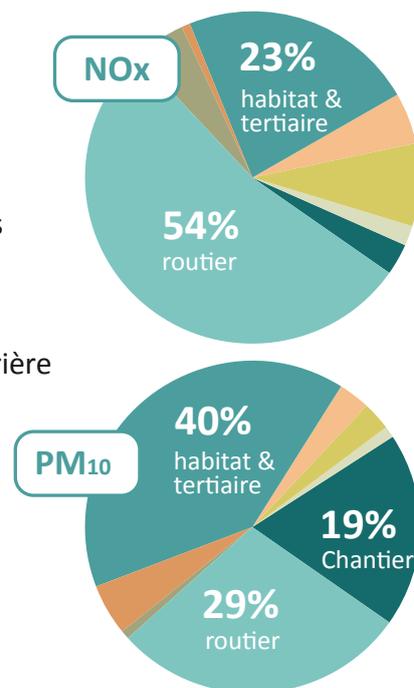


FIGURE 2

Profil des sources d'émissions de NOx et de PM₁₀ à Paris et dans la Métropole du Grand Paris par secteur d'activité en 2015. *Source : Airparif (2019)*

Les émissions de particules, d'oxydes d'azote (NOx), de dioxyde de soufre (SO₂) et de Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) ont très largement chuté entre 2005 et 2015 (Tableau 1) à Paris, dans la Métropole et sur l'ensemble de la région Île-de-France. Les émissions de PM₁₀ ont ainsi diminué d'environ 30 % en 10 ans, les PM_{2,5} de plus de 35 % et les émissions de NOx d'environ 40 %.

Polluant	% Réduction 2005-2015 Paris	% Réduction 2005-2015 Métropole	% Réduction 2005-2015 Région Ile-de-France
NOx	- 41%	- 40%	- 37%
PM ₁₀	- 32%	- 30%	- 29%
PM _{2,5}	- 38%	- 36%	- 36%
SO ₂	- 67%	- 64%	- 66%
COVNM	- 47%	- 31%	- 40%

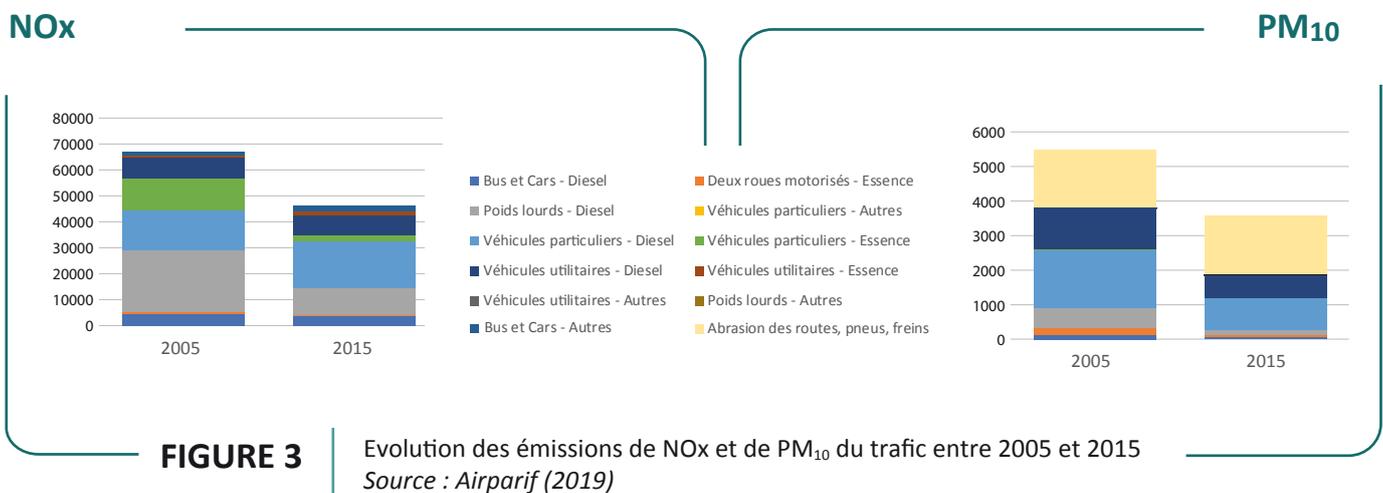
TABLEAU 1

Réduction des émissions de polluants atmosphériques entre 2005 et 2015 à Paris, dans la Métropole et dans la région. *Source : Airparif (2019)*

la qualité de l'air s'améliore mais les inquiétudes grandissent



Concernant le trafic, les émissions de PM_{10} et de $PM_{2.5}$ à l'échappement ont diminué de moitié en 10 ans à Paris et dans la Métropole du Grand Paris, grâce au renouvellement technologique du parc et dans une moindre mesure, à la diminution du nombre de véhicules particuliers due aux aménagements réalisés dans Paris. Les émissions dues à l'abrasion des pneus et des freins des véhicules varient peu car elles ne dépendent que du nombre et du type de véhicules et non des évolutions technologiques.



Cette diminution des émissions de particules par le trafic routier met en avant la pollution issue du chauffage, notamment au bois.

UNE POLLUTION D'ORIGINE LOCALE MAIS AUSSI IMPORTÉE

Les polluants présents dans l'air francilien ont plusieurs origines. Certains sont émis directement dans l'atmosphère : il s'agit des polluants primaires évoqués précédemment. D'autres se forment dans l'atmosphère : on les appelle les polluants secondaires.

L'ozone troposphérique¹ est un polluant secondaire produit par des réactions chimiques entre les Composés Organiques Volatiles (COVs) et les oxydes d'azote. Les particules secondaires sont produites en partie par des réactions chimiques de composés gazeux dans l'atmosphère.

¹ L'ozone troposphérique est un polluant formé dans les basses couches de l'atmosphère en grande partie par les activités humaines. Il ne s'agit pas de l'ozone stratosphérique qui forme la couche d'ozone située bien plus haut dans l'atmosphère.

La qualité de l'air s'améliore mais les inquiétudes grandissent



Enfin, les polluants voyagent et des particules respirées à Paris peuvent ainsi avoir été émises ou produites à des centaines, voire à des milliers de kilomètres.

Les particules peuvent ainsi être à la fois d'origine primaire, secondaire ou être importées dans la région. En moyenne annuelle, 70 % (Airparif, 2011a ; Beekmann et al, 2015) des particules PM₁₀ du fond urbain de la région Île-de-France sont importées. En proximité au trafic, ce pourcentage est d'environ 40 % avec un impact plus fort de la pollution routière locale.

Les polluants liés aux activités agricoles, tels que les particules, le dioxyde d'azote, l'ammoniaque, les pesticides, ne sont pas directement émis par les villes mais sont néanmoins une source significative de pollution urbaine. Des épisodes de pollution peuvent ainsi avoir lieu à cause des épandages d'engrais agricoles comme en mars 2014 et en mars 2015, lorsque les particules mesurées en Île-de-France présentaient une forte teneur en ammoniaque, polluants émis principalement par l'agriculture.

Les conditions météorologiques ont un impact très important sur les niveaux de polluants. **Les pics de pollution aux particules et au dioxyde d'azote ont généralement lieu en hiver**, lorsque la stabilité de l'atmosphère empêche la dispersion des polluants qui sont alors concentrés dans une très fine couche de l'atmosphère. La pollution peut également être importée, c'est notamment le cas lorsque le vent, provenant du nord-est, arrive sur la région chargée de polluants. Aux polluants importés viennent alors s'ajouter les polluants de l'agglomération parisienne. **Les pics d'ozone ont lieu au printemps ou en été**, en particulier lors des journées très chaudes et ensoleillées. Ainsi, à émissions constantes, ce sont généralement les conditions météorologiques qui conditionnent les épisodes de pollution d'où **l'importance de réduire avant tout la pollution chronique**.

UNE QUALITÉ DE L'AIR QUI S'AMÉLIORE GLOBALEMENT

Comme nous l'avons vu précédemment, les émissions de particules primaires ont fortement diminué durant les 10 dernières années. Ceci induit une diminution significative des particules respirées.

A Paris, les niveaux de particules PM₁₀ ont ainsi diminué de 25 % à proximité du trafic et de 20 % en site de fond depuis une dizaine d'années (Airparif, 2018a). **La diminution des PM_{2.5} atteint 30 % environ sur les sites de fond parisien et presque 50 % en proximité au trafic.**

Dans la Métropole du Grand Paris, la diminution des niveaux de PM_{2.5} en fond urbain est également d'environ 30 % sur les 10 dernières années.

DIMINUTION
DES PM_{2.5} - **30%**
EN 10 ANS

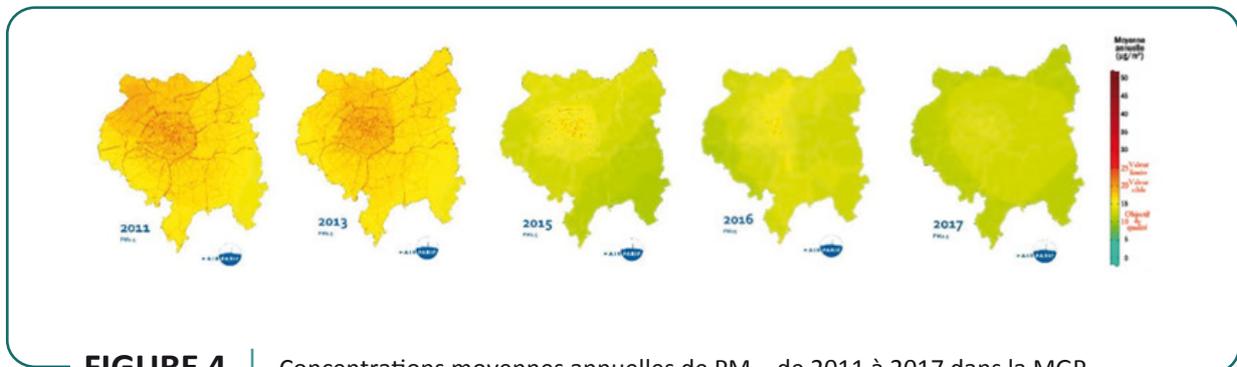


FIGURE 4

Concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ de 2011 à 2017 dans la MGP
Source : Airparif (2018b)

Au-delà des particules et des oxydes d'azote, les concentrations d'autres polluants ont aussi diminué comme celles du dioxyde de soufre et des composés organiques volatiles. Seules les concentrations d'ozone ont stagné ces dernières années.

Malgré ces fortes diminutions, la France fait l'objet de **deux procédures d'infraction** de la part de la Commission Européenne pour non-respect des valeurs limites. La première concerne le **dépassement des valeurs limites pour le dioxyde d'azote** (NO_2) dans 14 zones (dont l'agglomération parisienne) – à noter que l'Allemagne et le Royaume Uni sont également visés. Cette procédure est entrée dans sa **phase contentieuse** en mai 2018 avec la saisine de la Cour de Justice de l'Union Européenne (CJUE) par la Commission, ce qui signifie que la France s'expose à des **sanctions financières en cas de jugement défavorable** par la CJUE. La seconde procédure concerne elle le **dépassement des valeurs limites pour les PM_{10}** et elle se trouve toujours à la phase «**précontentieuse**» de dialogue entre l'Etat-Membre et la Commission.

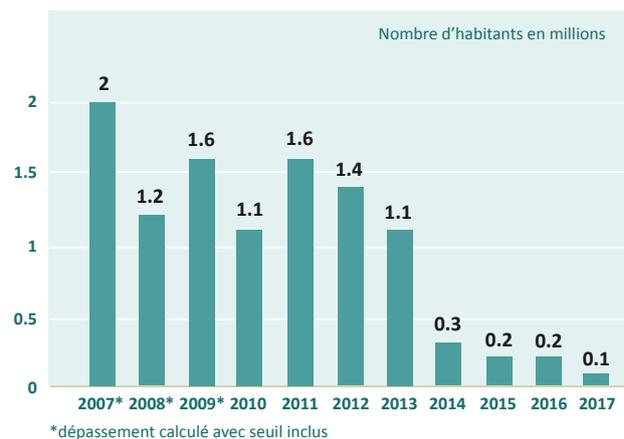
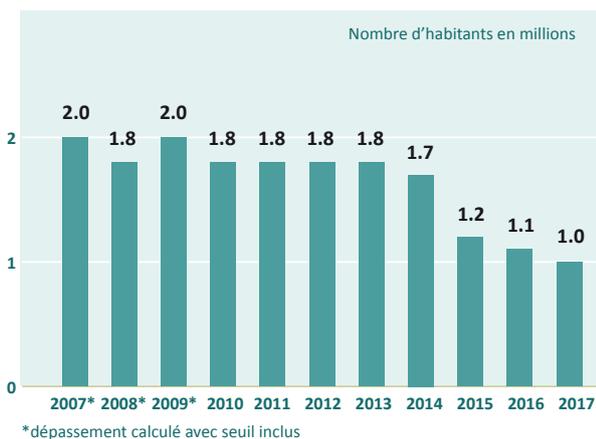
La Directive européenne 2008/50/CE impose en effet aux Etats-Membres de limiter l'exposition de leurs populations aux NO_2 et aux PM_{10} . Les valeurs limites annuelles ($40 \mu g/m^3$) et journalières ($50 \mu g/m^3$ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an) pour les PM_{10} sont ainsi dépassés à proximité des grands axes routiers. La valeur limite annuelle du NO_2 ($40 \mu g/m^3$) et la valeur limite horaire ($200 \mu g/m^3$ à ne pas dépasser plus de 18 jours par an) sont elles aussi largement dépassée à proximité des grands axes routiers.

Le nombre de Parisiens concernés par un dépassement des valeurs limites journalières pour les PM_{10} est faible en 2017 (environ 80 000 habitants) alors qu'ils étaient tous concernés en 2007 (Airparif, 2018a). En revanche, et malgré une diminution de moitié, **il reste 1 million d'habitants concernés par un dépassement de la valeur limite annuelle pour le NO_2 à Paris, soit environ 1 parisien sur 2** (Figure 3). Dans la Métropole du Grand Paris, ils sont 1,3 million à être concernés par un dépassement des valeurs limite pour le NO_2 , soit environ **20 % des habitants de la Métropole**.



FIGURE 5

Nombre d'habitants concernés par un dépassement de la valeur limite annuelle en NO₂ (à gauche) et de la valeur limite journalière en PM₁₀ (à droite) à Paris, de 2007 à 2017. Source : Airparif (2018a)



LES IMPACTS SANITAIRES DES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

Les polluants atmosphériques ont des impacts sanitaires aujourd'hui connus (<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/pollution-lair-origines-situation-et-impacts>). Ces impacts sanitaires immédiats ou chroniques varient en fonction de la sensibilité des individus et de leurs environnements. Les effets à court terme de la pollution atmosphérique sont généralement plus marqués chez les sujets âgés, chez les enfants, ainsi que chez les personnes souffrant de maladies chroniques, en particulier respiratoires et cardiaques. Ces effets immédiats peuvent entraîner des hospitalisations pour causes cardio-vasculaires et respiratoires et des décès prématurés, notamment à cause des PM₁₀ et de l'ozone. Le NO₂ agit sur les bronches et favorise les crises d'asthme et les infections pulmonaires.

L'exposition à long terme à la pollution augmenterait le risque de cancer du poumon ou des maladies cardio-vasculaires ou respiratoires. La mise en place du projet européen d'étude épidémiologique ESCAPE (European Study of Cohorts for Air Pollution Effects) de 2008 à 2012 a impliqué plus de 300 000 individus dans plusieurs villes d'Europe, dont Paris, et a conclu à un lien entre l'exposition long terme à la pollution aux particules et l'occurrence du cancer du poumon en Europe.

la qualité de l'air s'améliore mais les inquiétudes grandissent



L'étude APHEKOM (<http://aphekom.org/web/aphekom.org/home>) « Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe » a ciblé spécifiquement l'impact du trafic routier sur la santé entre 2008 et 2011 dans 25 villes d'Europe. Cette étude a montré que vivre à proximité d'un axe routier pourrait être responsable de 15 à 30 % de nouveaux cas d'asthme chez l'enfant en Europe, et de 16 % des cas à Paris et dans la Petite Couronne.

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), qui fait partie de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), a par ailleurs classé dès 2012 « les gaz d'échappement des moteurs Diesel comme étant cancérigènes pour l'homme (Groupe 1), sur la base d'indications suffisantes prouvant qu'une telle exposition est associée à un risque accru de cancer du poumon » (OMS, 2012). En 2013, les matières particulaires sont classées comme cancérigène pour l'homme (OMS, 2013).

Les impacts sanitaires directs sont associés à un autre enjeu : les inégalités de santé qui reproduisent une hiérarchie sociale (Benmarhnia, 2013). Ces inégalités de santé ont une composante environnementale forte notamment à travers l'exposition à des nuisances et pollutions cumulées dans les logements, au travail, dans les transports... Elles sont également liées aux conditions d'accès à un service de santé adéquat. Le long de la ligne du RER B (Haas et Vigneron, 2012), à quelques kilomètres de distance, le risque moyen de mourir, à âge égal, variait du simple au double en 2011. Ainsi, le risque de mourir une année donnée augmente de 82 % entre les arrondissements les plus aisés de Paris et le quartier du Stade de France.

5.8 MOIS
D'ESPÉRANCE DE VIE
GAGNÉS

1 à 2
MILLIARDS
D'EUROS PAR AN

Si les seuils de l'OMS pour les $PM_{2.5}$ étaient respectés l'Agence Santé Publique France estime que :

- 2 500 décès prématurés par an pourraient être évités à Paris et 5 000 sur le territoire de la Métropole.
- 5,8 mois d'espérance de vie pourraient être gagnés à 30 ans à Paris.

Le coût sanitaire de la pollution est estimé à 1 à 2 milliards d'euros par an pour le système de santé français.



DES PRÉOCCUPATIONS SANITAIRES QUI AUGMENTENT AU GRÉ DES PICS

Si les études d'impacts sanitaires sont conduites depuis les années 1990, la prise de conscience de ces enjeux est plutôt récente. Elle se manifeste par une multiplication des relais d'alerte depuis les années 2010, comme l'appel des médecins généralistes de Paris en 2013. L'enjeu sanitaire est désormais le prisme de sensibilisation le plus important dans le grand public comme dans les médias ; même si ce sujet reste fortement associé aux pics de pollution.

La qualité de l'air est ainsi la principale préoccupation environnementale des Franciliens (65 % du total des citations) devant le changement climatique (63 %) et l'alimentation (38 %) (Source IFOP pour Airparif).

En dépit de l'amélioration globale de la qualité de l'air, une majorité de Franciliens considère que la qualité de l'air s'est dégradée ces dix dernières années. Cette opinion provient notamment de l'occurrence des pics de pollution : depuis 10 ans, le nombre de personnes s'informant régulièrement a ainsi baissé au profit de ceux qui ne s'informent qu'en cas de pic de pollution.

Enfin il faut noter que l'augmentation du nombre de pics provient également du renforcement de la réglementation (Annexe 1). Les seuils de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte pour les PM₁₀ ont été abaissés fin 2011 de 80 à 50 µg/m³ pour le seuil d'information et de 125 à 80 µg/m³ pour le seuil d'alerte. Cette modification a eu pour conséquence une augmentation notable du nombre moyen de pics de pollution. En 2011, le nombre de jours de dépassements était de 16 contre 44 en 2012 avec les nouveaux critères (figure 6). **L'abaissement des seuils de déclenchement a renforcé la prise de conscience citoyenne à travers l'occurrence des pics, plus nombreux, prise de conscience qui a également été accentuée par une couverture médiatique importante à l'occasion de ces épisodes de pollution avec la mise en place de la circulation alternée par exemple en 2014.**

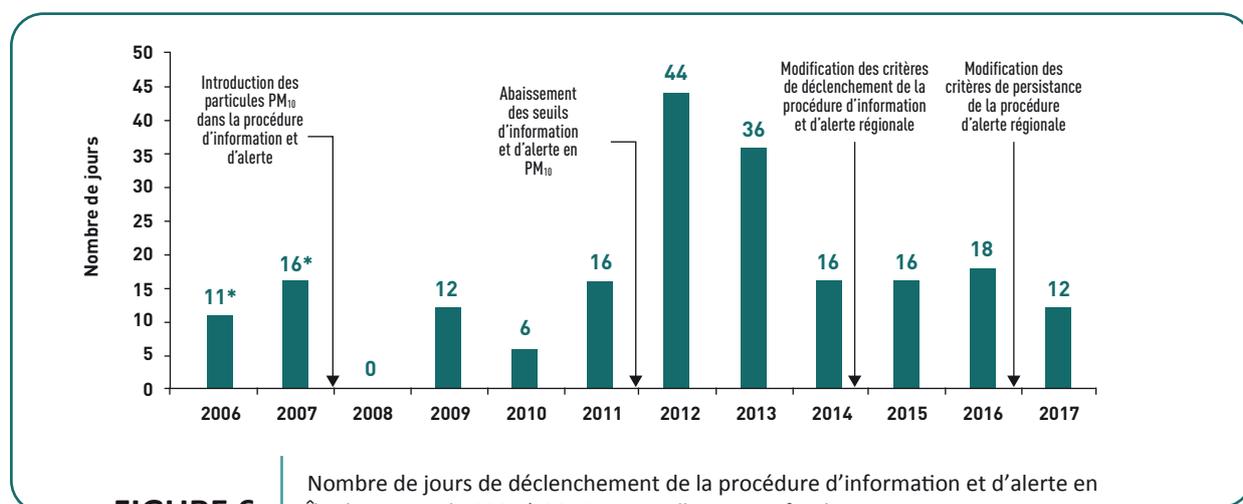


FIGURE 6

Nombre de jours de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte en Île-de-France de 2005 à 2017, tous polluants confondus

Source : Airparif (2018c)

la qualité de l'air s'améliore mais les inquiétudes grandissent

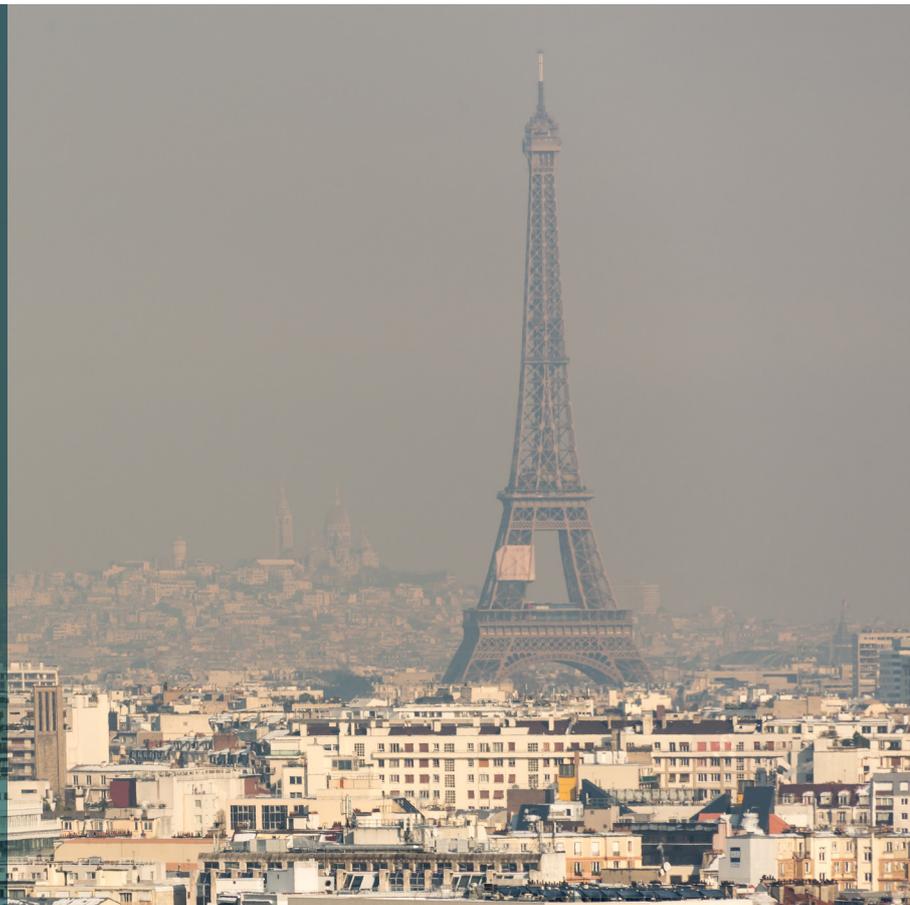


L'importance des pics de pollution dans le traitement médiatique et l'opinion publique risque d'inciter les acteurs du territoire à concentrer leurs actions sur ces épisodes alors que la pollution chronique induit des effets plus graves sur la santé. Certaines villes, comme Londres par exemple, ne prennent pas de mesures spécifiques en cas de pics de pollution.

À Paris et dans les communes de l'intra-A86, des mesures d'interdiction d'activité ou de restriction de la circulation automobile peuvent être prises en cas de dépassement du seuil d'alerte. Ces mesures concernant le trafic automobile permettent de réduire l'exposition des populations puisque plus d'un établissement (école, crèche, hébergement des personnes âgées) recevant du public sensible sur deux est situé à moins de 500 m d'un axe routier.

À Paris et dans la Petite Couronne, 30 % de la population vit à moins de 75 m d'un axe à fort trafic routier (données de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Île-de-France - IAU). De plus, l'impact médiatique de ces pics permet une prise de conscience et donc une meilleure acceptabilité des mesures pérennes, telles que la mise en place de Zone Faibles Emissions, prises pour réduire la pollution chronique.

En disparaissant pendant plusieurs jours sous une nappe de pollution en mars 2014, la Tour Eiffel a envoyé un symbole qui a marqué les esprits. Ce pic de pollution, arrivé peu de temps après la publication d'un rapport de l'OMS en 2013 et juste avant les révélations du Dieselgate en 2015, a contribué à renforcer la prise de conscience sur la pollution atmosphérique.





II. Se déplacer et se chauffer sans polluer ? L'équation difficile des grandes agglomérations

PARIS : UN CHANGEMENT DE CAP DÈS LES ANNÉES 2000 EN FAVEUR D'UN MEILLEUR PARTAGE DE L'ESPACE PUBLIC PRIVILÉGIANT LES MOBILITÉS DOUCES ET LES TRANSPORTS EN COMMUN

Depuis le début des années 2000, la Ville de Paris, comme beaucoup de métropoles européennes, a mis en place des mesures afin **d'associer l'amélioration de la qualité de vie aux politiques de mobilité**. Ces mesures, récapitulées dans la feuille de route du Plan de Protection de l'Atmosphère adopté en 2018, visent à la fois à réduire la pollution atmosphérique et à créer des incitations nouvelles afin de diversifier les moyens de transport à moyen terme et de diminuer la place de la voiture au profit des mobilités douces et partagées.

DÉVELOPPER LES TRANSPORTS EN COMMUN

Des voies de bus et de tramways protégées ont été aménagées afin d'établir des voies dédiées à côté des voies de circulation automobile, dans une perspective de **partage de l'espace public**.

En avril 2019, Paris s'est doté d'un nouveau plan de circulation des bus, plus adapté à la demande des Parisiens, et qui a engendré des travaux conséquents de requalification de la voirie (création de quais bus, élargissements de trottoirs, suppression de places de stationnement...) afin de fournir un service plus fiable et efficace aux usagers.

Enfin, Paris met en place plusieurs lignes de Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) en site propre : BHNS Maréchaux (2020) ; BHNS Quai de la Seine – Rive Droite (2020) ; BHNS Rocade des Gares (2024).



Piste cyclable bidirectionnelle de la rue de Rivoli - Crédit photo : Christophe Belin/Ville de Paris

Se déplacer et se chauffer sans polluer ? l'équation difficile des grandes agglomérations



FAVORISER LES MOBILITÉS DOUCES ET LES VÉHICULES PROPRES

Paris mène une politique ambitieuse pour développer les mobilités douces et en particulier l'usage du vélo : **entre 2014 et 2017, la Ville a réalisé 100 kilomètres de pistes cyclables**. Cette politique va se poursuivre avec les objectifs contenus dans le PPA : aménagement de 700 kilomètres d'itinéraires cyclables, dont 100 km de pistes cyclables, incluant un Réseau Express Vélo (REV) composé de trois axes Est-Ouest, Nord-Sud et Seine). Parallèlement, la Ville a pour objectif de créer **plus de 10 000 places de stationnement vélo**.

L'encouragement à l'usage du vélo passe aussi par la **création en 2007 du service de vélo partagé Vélib, étendu en 2018 à la Métropole du Grand Paris**.

Enfin, de nouveaux services privés de vélo et de trottinettes en libre-service (ou « free-floating ») se développent rapidement depuis quelques années et représentent une offre alternative de mobilité douce et partagée.

Puisque l'usage de la voiture individuelle reste nécessaire dans certains cas, Paris encourage la conversion aux véhicules propres, avec la création de points d'approvisionnement (GNV, électricité, hydrogène) – sans compter les aides à la conversion destinées aux particuliers et aux professionnels (voir plus bas). La Ville favorise également la pratique de l'autopartage, avec le lancement en 2011 du service Autolib. Fermé en 2018, une offre privée d'autopartage se développe depuis (par exemple, Moov'in) et représente une alternative pour les usagers parisiens. Le soutien au covoiturage fait également partie des objectifs du PPA, avec en particulier l'identification et la création d'aires de covoiturage aux portes de Paris.

PERMETTRE UN MEILLEUR PARTAGE DE L'ESPACE PUBLIC

De grandes places parisiennes telles que la place de la République, la place du Panthéon, la place Clichy ont été réaménagées afin de devenir des espaces de vie et plus uniquement des espaces de transit privilégiant la circulation automobile. Au total, sept places doivent être réaménagées dont celle de la Bastille.

Afin de valoriser son patrimoine historique, en septembre 2016, la Mairie de Paris a définitivement fermé à la circulation automobile 3,5 km de voies sur berges le long de la Seine entre le tunnel des Tuileries et le tunnel Henri IV, au profit des piétons et des vélos.



Piétonnisation des quais bas de la Seine - Crédit photo : Christophe Belin/Ville de Paris

Se déplacer et se chauffer sans polluer ? l'équation difficile des grandes agglomérations



Cette piétonnisation des berges a fait l'objet d'une étude spécifique réalisée par Airparif sur l'évolution de la qualité de l'air induite par cette fermeture. Si le projet n'a pas eu globalement d'impacts significatifs sur la pollution de fond, il a tout de même permis de réduire la concentration d'azote et de particules fines aux abords des berges.

Cependant, l'impact de ce projet ne se limite pas au seul calcul de la réduction des polluants, mais aussi aux changements de comportements qu'il induit à long terme.

Cette décision politique contribue également au plaidoyer de la municipalité et s'inscrit en cohérence avec les autres actions mises en place en vue de favoriser les mobilités douces.

Depuis 2017, la vignette Crit'Air a été rendue obligatoire dans les zones à circulation restreinte. Crit'air est un certificat de qualité de l'air qui permet de classer les véhicules en fonction de leur âge et du type de combustible consommé (Diesel, essence ou électricité) et d'estimer ainsi leurs niveaux d'émissions polluantes (Figure 7). La vignette verte correspond aux véhicules « propres », c'est-à-dire les véhicules électriques ou hydrogène, puis les autres véhicules sont classés de 1 pour les plus propres à 5 pour les véhicules les plus émetteurs de polluants (https://www.certificat-air.gouv.fr/docs/table_aux_classement.pdf). Les vignettes Crit'air 1 correspondent aux véhicules essence uniquement.



FIGURE 7 | Vignettes Crit'air

Une mesure phare : la Zone Faibles Emissions Parisienne

L'évolution du cadre national a également permis de développer de nouvelles initiatives pour décliner les Low Emission Zone (LEZ) en France. Paris a ainsi mis en place une ZFE initiée par Anne Hidalgo le 1er septembre 2015. Les bus, les cars, ainsi que les poids lourds antérieurs à 2001 (véhicules Crit'air 5 et antérieurs) ont été interdits de circulation 7 jours sur 7, entre 8h et 20h. En 2017, cette ZFE a été étendue aux véhicules légers non classés et Crit'air 5, du lundi au vendredi de 8h à 20h.

La ZFE a vocation à être de plus en plus restrictive au fil des années. En Juillet 2019, l'interdiction s'étendra aux véhicules Crit'air 4.

La Ville de Paris a également introduit des objectifs ambitieux aux horizons 2024 et 2030 dans son PCAET :

- **La fin des moteurs diesel d'ici 2024 et plus aucun parisien exposé à des dépassements des valeurs limites européennes.**
- **La fin des moteurs thermiques d'ici 2030 et le respect des valeurs guides de l'OMS pour tous les polluants.**

La ZFE permet d'accélérer le renouvellement du parc automobile de près de 5 ans. D'après une étude de l'Observatoire Régionale de Santé Île-de-France menée en collaboration avec Airparif et Santé Publique France (ORS, 2018a), la mise en place d'une ZFE parisienne permet de réduire fortement le nombre d'établissements recevant du public sensible concernés par un dépassement de la réglementation pour le NO₂, qui passerait de 1 sur 6 sans ZFE à 1 sur 20 avec ZFE, à Paris et en petite couronne.

Se déplacer et se chauffer sans polluer ? l'équation difficile des grandes agglomérations



Le **renouvellement de la flotte de véhicules municipaux** en vue d'éradiquer les moteurs Diesel d'ici à 2020 est également une action d'exemplarité de la municipalité.

Les Zones Faibles Emissions sont relativement récentes en France mais ne sont pas un mécanisme isolé en Europe (ADEME, 2018b) et dans le reste du monde (Figure 8). Ainsi, **Madrid** a mis en place une **Zone Faibles Emissions** en son centre ; les standards seront progressivement renforcés jusqu'à atteindre une zone zéro émissions en 2025. Dans le centre de **Tokyo**, la **circulation est interdite aux véhicules Diesel depuis 2010**.

Pays	Nombre de LEZ				
	Mars 2011	Mars 2012	Mars 2014	Mars 2015	Sept. 2017
Autriche	1	1	2	4	4
République Tchèque	1	1	1	1	1
Danemark	4	4	4	4	4
Allemagne	43	56	69	78	83
Italie	109	98	94	100	108
Pays-Bas	12	12	12	13	13
Portugal	0	1	1	1	1
Suède	6	6	7	8	8
Royaume-Uni	2	2	3	1	1
Grèce				1	1
France					2
Belgique					1
Total	179	182	193	211	227

FIGURE 8

Pays mettant en œuvre des LEZ en Europe. Chiffres indicatifs de mars 2011, mars 2012, mars 2014, mars 2015 et septembre 2017.

Source : ADEME 2018b



LES LIMITES DE LA CLASSIFICATION CRIT'AIR POUR LES VÉHICULES DIESEL

Le scandale industriel et sanitaire « Dieselgate » visant le groupe Volkswagen en 2015 a mis en lumière l'utilisation de techniques pour optimiser les émissions de polluants lors des tests d'homologation, dans un contexte où les normes européennes sont de plus en plus strictes.

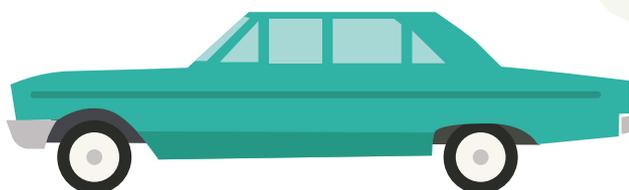
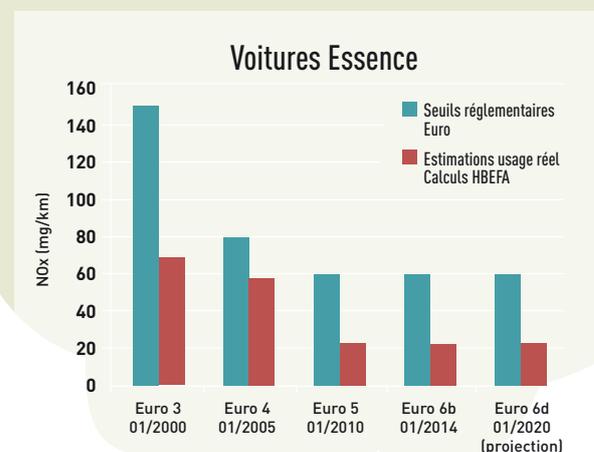
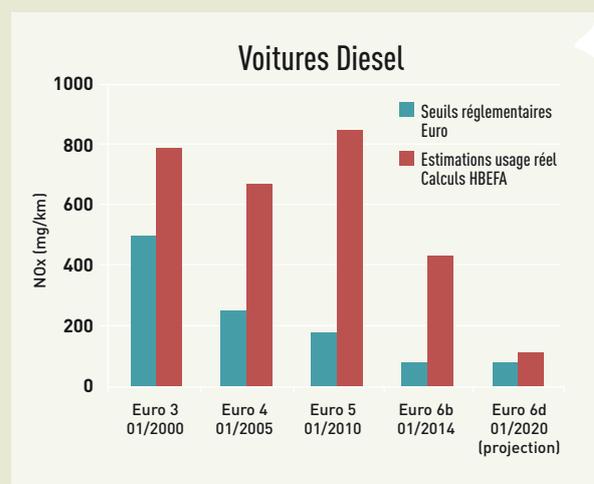
Ce scandale a permis d'illustrer les limites de la technologie – et des normes européennes - pour lutter contre la pollution de l'air.

Une étude commandée par la Maire de Paris a été menée par l'ICCT (the International Council on Clean Transportation) à l'été 2018 pour mesurer les émissions des véhicules en conditions réelles. Cette campagne de mesure s'appuie sur une technologie de télédétection : une source de lumière et un détecteur, placés sur le côté ou au-dessus d'une chaussée, sont utilisés pour mesurer les émissions de gaz d'échappement à distance par spectroscopie lorsque les véhicules passent près du lieu de mesure. La vitesse et l'accélération sont mesurées en même temps que la mesure des émissions, fournissant des informations sur la charge du moteur. Enfin, une caméra capture une image de la plaque d'immatriculation du véhicule, permettant de récupérer des informations essentielles sur le véhicule : marque, modèle, année du modèle, norme d'émission certifiée, type de carburant, bases de données d'immatriculation des véhicules à puissance nominale. Ainsi, l'ensemble des mesures de télédétection fournit les taux d'émission de polluants atmosphériques de la flotte de véhicules dans une large gamme de conditions de conduite. Cette étude a également permis d'obtenir un échantillon du parc roulant à Paris.

FIGURE 9

Comparaison entre les seuils réglementaires Euro et les émissions de NOx calculées en usage réel suivant la méthode HBEFAE, de l'évolution dans le temps des émissions de NOx des voitures Diesel.

Source : ADEME 2018a



Se déplacer et se chauffer sans polluer ? l'équation difficile des grandes agglomérations



D'après cette campagne de mesures, **les émissions de NOx par les véhicules Diesel Euro 5 et Euro 6 seraient largement plus fortes, en conditions réelles, que les seuils réglementaires fixés par la Commission Européenne**. En revanche, les véhicules essence respectent les normes Euro.

Si la classification des véhicules à partir de Crit'air est pertinente pour réduire les émissions de particules en centre urbain, elle est cependant beaucoup plus discutable pour les NOx. Ce défaut est néanmoins pallié par la classification Crit'air 1 qui n'inclut pas de véhicule Diesel.

PENSER LA MOBILITÉ DANS SA GLOBALITÉ : MESURES DIVERSES

Au-delà de l'interdiction progressive des véhicules les plus polluants dans la capitale (ZFE) et de la réduction de la place dédiée au véhicules particuliers dans l'espace urbain, **c'est la mobilité dans sa globalité et plus généralement la qualité de vie qui représente un enjeu pour la Ville de Paris**. Ainsi, il est prévu d'identifier et de créer des **zones de covoiturages** aux Portes de Paris. La Ville de Paris mène également des projets au sein de ses services à titre d'exemplarité. Le **télétravail** des agents, et en particulier de ceux qui habitent le plus loin (environ 1 500 agents), est favorisé. Potentiellement, 30% des emplois de la Mairie seraient compatibles avec le télétravail. Une concertation avec les maires des zones rurales est également en cours afin de créer des **pôles de télétravail dans des communes rurales** situées à proximité des lieux de vie de plusieurs des agents de la Ville de Paris.

La mobilité en zone urbaine dense pose également la question des livraisons qui sont de plus en plus nombreuses et fréquentes avec le développement d'importantes plateformes d'achat en ligne. Comment éviter le passage permanent de véhicules de livraison dans les centres urbains ? Paris expérimente **des espaces de logistiques urbaines** pour limiter les livraisons en ville. Si cette expérimentation s'avère concluante, elle pourrait être étendue à tout Paris mais aussi à la Métropole du Grand Paris.

Les différentes mesures prises par la Ville de Paris pour réduire la circulation automobile ont ainsi provoqué une diminution de 35% de la circulation dans le réseau instrumenté de Paris intra-muros sur la période 2002-2017, (Observatoire des déplacements, DVD- Ville de Paris 2017), et une **réduction de 10 % des émissions de NOx et de particules** sur la période 2002-2012 (Airparif, 2013).

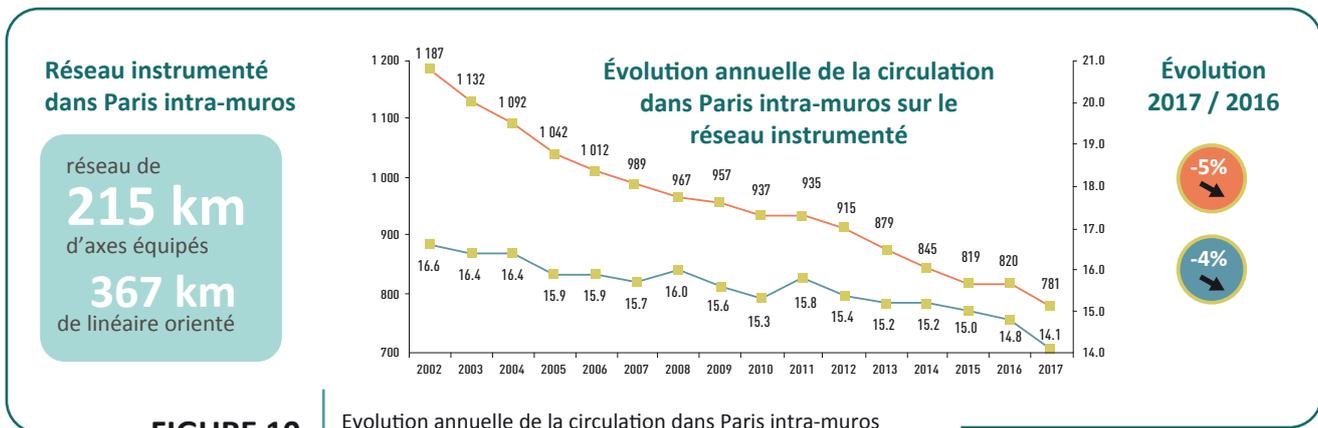


FIGURE 10

Evolution annuelle de la circulation dans Paris intra-muros
Source : Observatoire des déplacements à Paris 2017.

Se déplacer et se chauffer sans polluer ? l'équation difficile des grandes agglomérations



LA MÉTROPOLE DU GRAND PARIS : POUR UNE CONTINUITÉ TERRITORIALE DES ACTIONS EN FAVEUR DE LA QUALITÉ DE L'AIR

L'extension de la ZFE parisienne à une partie de la Métropole du Grand Paris (79 communes de l'intra-A86) est prévue dès le 1er juillet 2019 avec l'interdiction des véhicules Crit'air 5 et antérieurs (Figure 11). La ZFE Métropolitaine pourrait devenir ainsi la plus grande ZFE de France et d'Europe. Cependant, l'ensemble des communes ne sont pas prêtes à s'engager. La première ZFE métropolitaine pourrait être en fait morcelée.

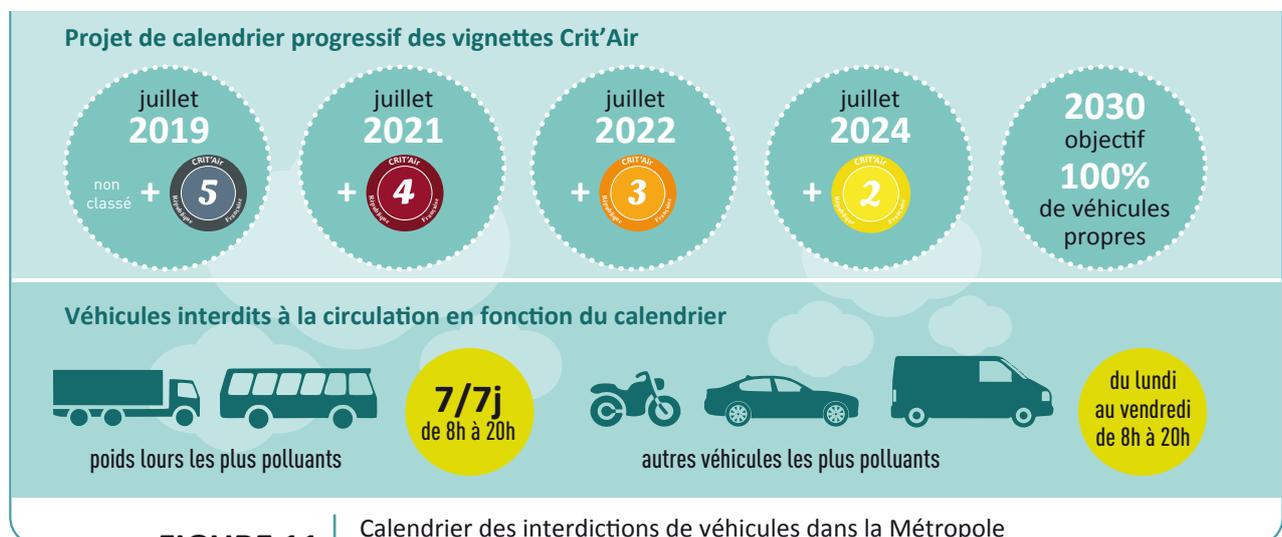


FIGURE 11

Calendrier des interdictions de véhicules dans la Métropole
<https://www.zonefaiblesemissionsmetropolitaine.fr/>

En élargissant le périmètre de la ZFE, le nombre de Franciliens exposés à des concentrations de polluants ne respectant pas les valeurs limites sera significativement réduit comme l'a montré l'étude (ORS, 2018a). L'extension de la ZFE parisienne aux communes de l'intra-A86 permettrait d'aller plus loin dans la réduction du nombre d'établissements recevant du public sensible concernés par un dépassement de la réglementation. Celui-ci passerait d'1 ERP sur 20 avec la ZFE parisienne à 1 ERP sur 70 avec son extension à une partie de la Métropole du Grand Paris. La ZFE de la Métropole du Grand Paris représente un enjeu clé pour rétablir un équilibre entre Paris et sa proche banlieue.

Par ailleurs, on peut citer le dispositif de vélo partagé Velib qui a été étendu au-delà des frontières parisiennes et constitue un vrai

service de mobilité à l'échelle métropolitaine, gérée par un syndicat de communes appartenant à la Métropole.

Au niveau de la mobilité, la mise en place de la ZFE à Paris et le projet de la Métropole constituent des projets inspirants pour les 12 Métropoles (Ministère de l'Ecologie et de la Transition Solidaire, 2018) s'étant engagées à mettre en place un projet de ZFE d'ici 2020, dans la mesure où seulement 2 villes françaises, Grenoble et Paris, avaient mis en place des ZFE en octobre 2018 contre plus de 200 en Europe. **La Métropole du Grand Paris, nouvelle entité territoriale, montre déjà toute sa pertinence concernant l'amélioration de la qualité de l'air, dans un travail mené en bonne intelligence avec la Ville de Paris.**



LE BOULEVARD PÉRIPHÉRIQUE (BP) : UN TRAITEMENT PARTICULIER

Le BP fait depuis 2018 l'objet d'une évaluation environnementale et sanitaire. Il s'agit à cette occasion d'étudier les perspectives d'évolution de cette infrastructure considérée comme une coupure physique conséquente entre Paris et le reste de la Métropole. Le boulevard périphérique est également une réserve foncière potentielle importante, à la fois pour la construction de logements et de terrains de sports. Le résultat de cette évaluation devrait être rendu courant 2019.

Le long des axes fortement circulés, et notamment du BP qui est **l'infrastructure la plus polluante d'Île-de-France** (1 million de véhicules par jour sur l'ensemble du BP) un traitement particulier est accordé aux opérations d'aménagement situées à proximité :

- Orientations des formes urbaines pour diminuer la pénétration des polluants au niveau des établissements sensibles.
- Mise en place de murs antibruit.
- Éloignement des logements par rapport à l'axe, grâce notamment à la végétalisation (de type forêt linéaire), espaces verts.
- Préconisations pour les prises d'air des ventilations des bâtiments, loin des zones d'émissions.
- Implantation des logements et établissements sensibles en cœur d'îlot, orientation des bureaux ou locaux techniques plutôt côté axes circulés.

vitesse
maximale
réduite de
80 à 70 km/h



En accompagnement de ces dispositifs, la vitesse maximale est réduite sur le BP de 80 à 70 km/h ce qui induit une diminution des émissions polluantes des véhicules.

AIDES FINANCIÈRES

Enfin, les **dispositifs d'aide** à la conversion des véhicules et des systèmes de chauffage, tout comme les aides pour l'achat de deux roues (vélo électrique) ainsi que les autres incitations financières devront à terme, faire l'objet d'un **guichet unique**. Cette piste, dont l'impact est très prometteur, est à l'étude par la Métropole du Grand Paris, la Ville de Paris et les services de l'Etat.

Ainsi, la Ville de Paris propose une aide à l'installation électrique dans les copropriétés qui vient s'ajouter à l'aide de la Métropole et de l'état pour l'achat d'une voiture particulière ou d'une camionnette propres. Par ailleurs, la ville de Paris et la Métropole proposent une aide financière pour l'achat d'un deux-roues électrique venant s'ajouter aux aides de l'Etat. Des vélos à assistance électrique font également l'objet d'aide financière par la Ville de Paris, la Métropole et l'état. Des aides spécifiques sont disponibles pour les professionnels et les taxis.



LES AMÉNAGEMENTS URBAINS

Parce qu'il y aura toujours des zones en ville exposées à la pollution, les **projets d'urbanisme** doivent intégrer dès les premières phases les questions de **qualité de l'air** et de **dispersion des polluants**. A Paris, l'Agence d'Ecologie Urbaine de la Ville teste des scénarii d'aménagement avec les architectes et les urbanistes en modélisant en 3D l'impact de plusieurs aménagements sur la qualité de l'air, notamment en fonction des directions de vents prédominants dans la capitale. La Ville préconise également cette approche aux bureaux d'études extérieurs qui réalisent des études d'impact. Dans le cadre de son Plan Parisien de Santé Environnementale, la ville recommande également aux futurs aménageurs des systèmes de ventilation efficaces, dont les prises d'air sont éloignées au maximum des zones polluées, un entretien régulier de ces systèmes, l'éloignement des établissements sensibles par rapport aux sources et éventuellement des murs anti-bruit.

LES JEUX OLYMPIQUES 2024

Dans le cadre de sa candidature aux Jeux Olympiques de 2024, Paris a mené une Etude d'Impact en Santé (EIS) afin d'établir un état des lieux et d'anticiper les impacts potentiels des Jeux sur la santé et le bien-être des populations. L'étude réalisée par l'Observatoire régional de santé (ORS) Île-de-France et par le Service Parisien de Santé Environnementale (SPSE) de la Ville a établi les recommandations suivantes :

- Les Jeux doivent avoir un effet domino sur la **réduction des nuisances environnementales** dans les territoires d'accueil des Jeux et plus largement dans la région Île-de-France.
- La stratégie « post JO » doit aller plus loin que la vision environnementale du développement durable et doit permettre d'**inclure les dimensions d'inégalités sociales et territoriales de santé ainsi que d'équité sur le territoire**.
- La **participation citoyenne** doit être un prérequis des stratégies et innovations qui seront proposées concernant les politiques de réduction de la pollution.

Ces Etudes d'Impacts en Santé ont également été réalisées sur d'autres aménagements de la Ville de Paris.

Des dispositifs de circulation sont également prévus en lien avec le boulevard périphérique dans le cadre des jeux olympiques :

- dispositif des voies olympiques (366 km de voies réservées dans toute l'Île-de-France pour permettre aux athlètes et VIP de maîtriser le temps d'accès aux sites de compétition),
- l'utilisation de véhicules autonomes,
- l'obligation d'utiliser des véhicules non-thermiques,
- contrôle automatisé des véhicules qui pourrait être réutilisés post-JO (voie réservée...).





UN ENJEU HIVERNAL : LE CHAUFFAGE RÉSIDENTIEL ET TERTIAIRE

Le chauffage au bois

Le bois est une énergie renouvelable : son utilisation semble donc une solution idéale pour limiter le réchauffement climatique. Toutefois, le chauffage au bois est une source importante de particules atmosphériques par rapport à d'autres types de combustibles. Ainsi, **à Paris, les émissions de particules primaires de PM₁₀ sont attribuables en même quantité au trafic et au chauffage au bois.** Dans la Métropole, les émissions de PM₁₀ par le chauffage au bois sont supérieures à celles du trafic alors que le chauffage au bois ne représente que 5 % des combustibles utilisés pour le chauffage en Île-de-France et moins de 2 % à Paris. Les PM_{2,5} émises en Île-de-France sont imputables à 42 % au chauffage au bois, contre 27 % pour le trafic (Aiparif, 2019 - Figure 12). La combustion du bois émet également d'autres polluants tels que du monoxyde de carbone (CO), des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et des NOx. Une étude très complète de l'ORS (ORS, 2018b) revient sur le lien entre chauffage au bois et santé en Île-de-France.

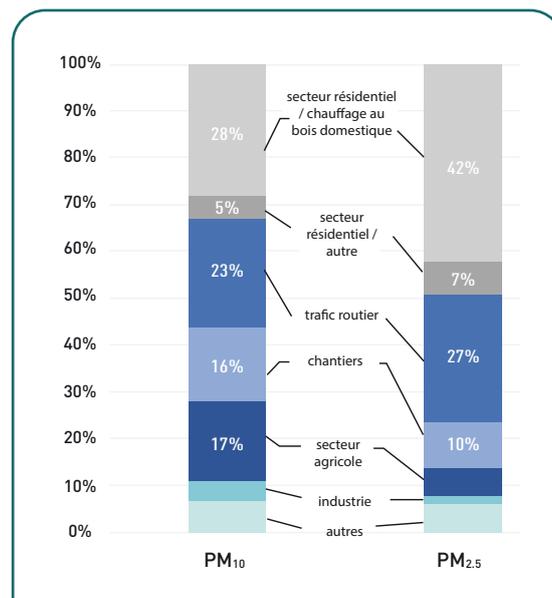
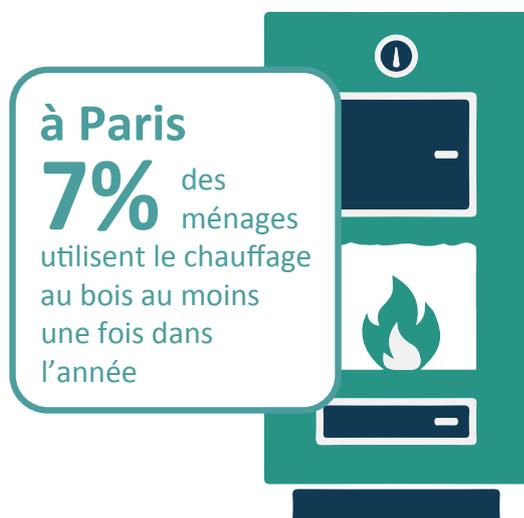


FIGURE 12

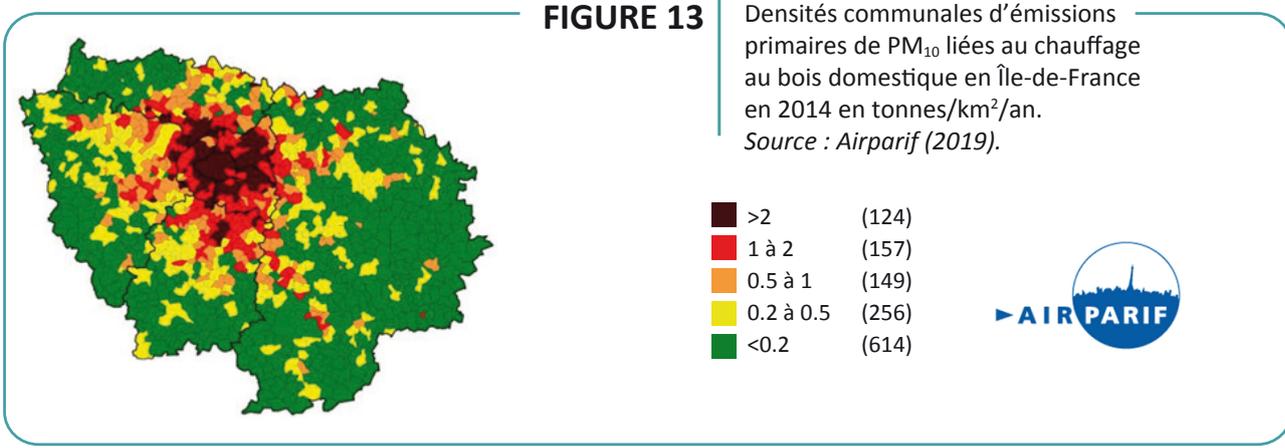
Contributions par secteur d'activité aux émissions de particules primaires (PM₁₀, PM_{2,5}) en Île-de-France en 2015.

Source Airparif – Figure ORS

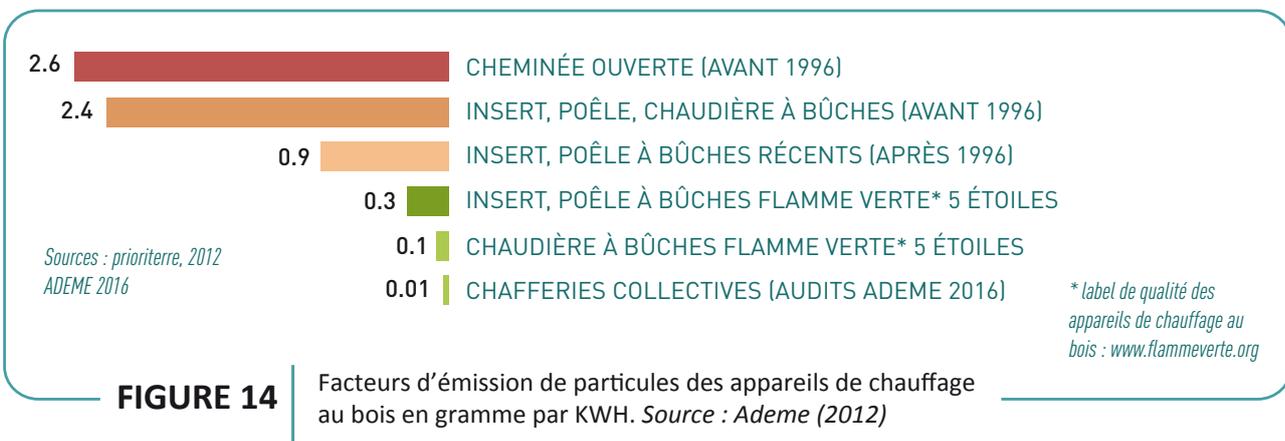


À Paris, **7%** des ménages utilisent le chauffage au bois au moins 1 fois dans l'année : 52% en agrément, 40% en appoint et 8% en chauffage principal (Airparif, 2019). Les émissions de particules par le chauffage au bois sont beaucoup plus fortes à Paris et dans la Petite Couronne qu'en Grande Couronne en raison de la plus forte densité de population et de l'utilisation de foyers ouverts (Figure 13). Suivant le type de technologie utilisée, **les émissions de particules peuvent varier d'un facteur 30 entre un foyer ouvert et un insert flamme verte et d'un facteur 300 entre un foyer ouvert individuel et une chaufferie collective** (Figure 14).

Se déplacer et se chauffer sans polluer ? l'équation difficile des grandes agglomérations



Si l'impact du chauffage au bois est reconnu et bien accepté dans les zones rurales et les vallées alpines comme la vallée de l'Arve, son impact en zone urbaine est très peu compris ; le bois n'étant utilisé que par un faible pourcentage de la population et principalement en appoint ou en agrément. Néanmoins, en zone urbaine très dense comme à Paris où le bois est souvent brûlé dans des foyers ouverts, un taux d'usage même faible, représente une quantité importante de bois brûlé et in fine de particules émises. L'impact du chauffage au bois sur la dégradation de la qualité de l'air est également constaté à Londres (Fuller et al., 2013).



Un premier arrêté devait entrer en vigueur **au 1er janvier 2015** dans le cadre du second Plan de protection de l'atmosphère d'Île-de-France. Il prévoyait notamment l'interdiction complète des feux de cheminée à Paris, qu'il **s'agisse d'un mode de chauffage principal, d'agrément ou d'appoint**. Dans le reste de l'Île-de-France, il restait possible de se chauffer au bois si l'équipement était doté d'un bon rendement énergétique.

Dans un contexte de contestation, Ségolène Royal, alors Ministre de l'Écologie a demandé la suppression de cette restriction. L'arrêté a ainsi été annulé. Pour mettre fin à la polémique et à la confusion, deux arrêtés du 28 octobre 2015 sont entrés en vigueur. Ils permettent finalement les feux de cheminée en foyer ouvert, **à titre d'appoint ou d'agrément** (Annexe 2).

Se déplacer et se chauffer sans polluer ? l'équation difficile des grandes agglomérations



L'exemple du chauffage au bois témoigne de la nécessité d'une **approche globale air et climat dans les politiques publiques** menées. Ceci est d'autant plus vrai que le **réchauffement climatique et la pollution de l'air** proviennent en grande partie des **mêmes sources : transport, chauffage, agriculture...** Depuis les années 2000 la lutte contre le changement climatique a pris le pas sur la qualité de l'air, entraînant parfois des confusions ou des mesures contre productives, comme l'illustre le cas du bois-énergie mais aussi les bonus octroyés par le passé pour l'achat d'un véhicule Diesel.

Le chauffage au fioul

Le chauffage au fioul est bien moins émetteur de polluants que le chauffage au bois mais il émet néanmoins 10 % des NO_x du secteur résidentiel et tertiaire alors qu'il ne représente que 5 % des consommations du résidentiel sur Paris. Dans le cadre de son Plan Climat Air Energie et de son Plan de Santé Environnementale, la Ville de Paris poursuit une politique en faveur de la qualité de l'air, de la santé, du Climat et de l'éco-rénovation. Ainsi, plusieurs objectifs sont fixés visant à réduire la consommation énergétique des bâtiments, à supprimer l'usage des carburants fossiles et du fioul domestique et à atteindre l'objectif de zéro chauffage fioul en 2030.

A l'échelle nationale, une prime à la conversion des chaudières est offerte au foyer choisissant de se débarrasser de leur chaudière au fioul. A Paris, le chauffage au fioul concerne principalement les copropriétés. **La Ville de Paris a donc chargé l'Agence Parisienne du Climat d'une étude sur les copropriétés parisiennes (APC, 2019) utilisant du fioul afin de les identifier et de les conseiller pour permettre une transition accélérée vers des alternatives moins polluantes : le chauffage urbain ou le chauffage au gaz.**

La gestion des chantiers

Les chantiers sont une source très significative de particules PM₁₀ à Paris (14 % des émissions totales) et dans la Métropole du Grand Paris (19 % des émissions totales). Pour limiter les émissions de ce secteur le Plan de Protection de l'Atmosphère propose de limiter l'utilisation des groupes électrogènes et propose aux entreprises en charge des chantiers une **charte « chantiers propres »** comprenant une partie relative à la réduction des émissions de polluants atmosphériques.

La création du GUAPO

Fondée en 2017 à l'initiative de la Maire de Paris et du Président de la Métropole du Grand Paris, **l'Observatoire Mondial des Villes pour la Qualité de l'Air GUAPO (www.guapo-air.org) est une plateforme de coopération multilatérale entre villes et métropoles.** L'objectif de GUAPO est de faire le lien entre les données de qualité de l'air et de santé environnementale (concentrations, sources...) et les politiques publiques mises en place afin de faciliter les retours d'expérience et le partage d'expertise. Elle offre ainsi un cadre de coopération décentralisée de ville à ville inédit, permettant d'échanger les informations et les bonnes pratiques et d'offrir l'accès à de l'expertise et à des formations adaptées aux villes-membres.



III. Cadre réglementaire et actions juridiques

UN CADRE EUROPÉEN COMMUN

La qualité de l'air a été un secteur d'intervention de l'Union Européenne dès les années 1990. La Commission européenne définit aujourd'hui des objectifs, évalue les politiques publiques mises en place et peut appliquer des mesures coercitives vis-à-vis des Etats membres.

Au niveau de la réglementation, elle a en charge de traduire les recommandations de l'OMS en valeurs limites de polluants réglementés. Deux directives principales, transposées en droit français, cadrent le rôle des Etats membres :

- **La directive n° 2004/107/CE** du Parlement européen et du Conseil du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant ;
- **La directive 2008/50/CE** du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, qui réglemente les concentrations de dioxyde de soufre (SO₂), de dioxyde d'azote (NO₂), de benzène, de monoxyde de carbone (CO), de plomb, d'ozone (O₃), et de particules fines PM₁₀ et PM_{2,5}.

Ces directives définissent des obligations en matière de surveillance des polluants dans l'air ambiant et d'information du public. Ces deux directives sont en cours d'évaluation par les Etats membres (fitness check - http://ec.europa.eu/environment/air/quality/aqd_fitness_check_en.htm) afin de faire remonter à la Commission la cohérence, l'efficacité et la pertinence de chaque point de ces directives. La Commission peut également engager des procédures de contentieux avec les Etats membres devant la Cour Européenne de Justice si ceux-ci ne respectent pas les valeurs limites de polluants dans l'air définies dans la directive 2008/50/CE).





UN ORGANISME INDÉPENDANT DE SURVEILLANCE DE LA QA ET D'ÉVALUATION DES POLITIQUES PUBLIQUES

En France, la surveillance de la qualité de l'air est assurée par des organismes régionaux indépendants, les **AASQAs (Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'air)** agréées par le Ministère de l'Environnement et de la Transition énergétique. Leur conseil d'administration regroupe l'ensemble des parties prenantes (l'Etat, les collectivités, les acteurs économiques, les experts et les associations de protection de l'environnement et des consommateurs). L'activité de ces AASQAs est coordonnée au niveau national par le **LCSQA (Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air)**. Le LCSQA rapporte l'ensemble des données de la qualité de l'air à la Commission Européenne.

Airparif est l'organisme de surveillance de la qualité de l'air de la région Île-de-France.

Ses missions sont de mesurer les niveaux de polluants, d'anticiper les problématiques émergentes, d'améliorer les connaissances sur la qualité de l'air, de prévoir les épisodes de pollution, d'informer et d'accompagner les autorités. Ainsi, les ZFE ont fait l'objet de plusieurs études Airparif afin d'évaluer l'impact des mesures de restriction de circulation. Airparif et ses partenaires accompagnent également les entreprises pour soutenir l'innovation en matière de surveillance, d'information et de dépollution, mais également pour valoriser l'expertise francilienne à l'international comme au sein du GUAPO.



LES DIFFÉRENTS NIVEAUX DE GOUVERNANCE FRANÇAIS

Le cadre réglementaire et les actions publiques menées contre la pollution atmosphérique étaient à l'origine très focalisées sur les émissions, notamment des industriels et des transports. La lutte contre la pollution s'est peu à peu diversifiée à d'autres secteurs. Cette intégration s'est opérée à différentes échelles géographiques auprès d'acteurs

différents au niveau national, régional, départemental, intercommunal et local.

Pour un secteur donné, de multiples acteurs peuvent ainsi agir avec des compétences, des périmètres géographiques et des leviers d'actions différents. Ces différents leviers s'appuient sur différents plans et politiques publiques.



Échelon	Compétences	Documents de planification
État	Mesures d'urgence, chauffage, agriculture, industrie	PREPA, PNSQA, PPA
Airparif	Surveillance, cadastres d'émissions, études, évaluation	
Région	Environnement, transport public, développement urbain	SRCAE
Métropole	Environnement, développement urbain	PCAEM
Ville	Aménagement urbain, trafic et voirie	PCAET



En 1996, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'Énergie (Laure) donne le cadre pour une utilisation rationnelle de l'énergie et pour l'intégration de l'enjeu qualité de l'air dans les politiques publiques.

Cette loi reconnaît à chacun le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé.

Cette loi prescrit l'élaboration d'un **Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)** dans les zones présentant des dépassements des normes de qualité de l'air, ce qui est le cas de la région Île-de-France, un **Plan de Déplacement Urbain (PDU)** dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants et des **Plans Régionaux de la Qualité de l'Air**. Le pilotage est conduit par l'État, au travers de la préfecture de Région.

Les plans de protection de l'atmosphère (PPA) ont pour objectif de ramener les concentrations de polluants dans l'atmosphère à des niveaux conformes aux normes européennes. En Île-de-France, le PPA approuvé le 31 janvier 2018 couvre la période 2017-2025. Il se compose de 25 défis déclinés en 46 actions.

La qualité de l'air est également désormais pleinement intégrée aux politiques publiques climatiques, notamment dans les **Schémas Régionaux Climat Air Énergie (SRCAE)** et les **Plans Climat Air Énergie Territoriaux (PCAET)**. Le SCRAE d'Île-de-France, adopté en 2012, prend notamment en compte les potentiels antagonismes entre lutte contre le changement climatique et lutte contre la pollution atmosphérique évoqués précédemment.

C'est en cohérence avec le cadre national et régional qu'interviennent les politiques publiques locales de la Métropole et de la Ville de Paris.



GOVERNANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR À LA VILLE DE PARIS

L'action de la Ville de Paris sur la qualité de l'air se structure autour de 2 principaux plans. Tout d'abord, **le Plan Climat Air Energie Territorial** (PCAET) adopté en 2018, intègre un volet Air par rapport aux précédents Plans Climat Energie Territoriaux (2007 et 2012). La lutte contre la pollution atmosphérique y est notamment abordée sous l'angle sanitaire « Améliorer la qualité de l'air pour une meilleure santé » et de la réduction des émissions sectorielles.

Le **Plan Paris Santé Environnement** offre une vision complémentaire centrée sur les enjeux liés à la santé, à l'exposition des citoyens et aux inégalités de santé environnementale. Celle-ci s'appuie sur la création du **Service Parisien de Santé Environnementale** et l'expertise historique des laboratoires en termes d'analyse, d'interprétation et d'aide à la décision.



GOVERNANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LA MÉTROPOLE DU GRAND PARIS

La Métropole du Grand Paris agit notamment au niveau de l'aménagement de l'espace métropolitain, de l'habitat, du développement économique, de l'environnement et du cadre de vie. Au sein de la Direction environnement et cadre de vie, un service est dédié à la qualité de l'air. Le forum métropolitain, syndicat mixte d'études de la Métropole intervient également dans le cadre du projet de ZFE notamment.

La délibération n°CM2017/12/08/10 du 8 décembre 2017 est venue préciser les champs d'intervention de la MGP et en particulier la définition de la stratégie métropolitaine de lutte contre la pollution de l'air via la détermination d'objectifs et la définition d'une stratégie partagée.

L'action de la Métropole est structurée autour du **Plan Climat Air Energie Métropolitain** (PCAEM) adopté en 2018. La qualité de l'air y est intégrée à deux niveaux :

- Au niveau des **aspects sanitaires** tout d'abord, avec l'ambition de « poursuivre la reconquête de la qualité de l'air ». Ce volet a notamment été accompagné par l'expertise de l'ORS Île de France.
- Au niveau des liens transversaux de la qualité de l'air avec la mobilité notamment, à travers l'**axe Qualité de l'air et mobilité durable**.



COORDINATION ENTRE LA VILLE DE PARIS ET LA MÉTROPOLE DU GRAND PARIS

La Métropole du Grand Paris et la Ville de Paris ont donc aujourd'hui des plans d'actions cohérents, qui adressent dans leur globalité les enjeux de qualité de l'air. Si Paris possède un historique reconnu dans la lutte contre la pollution atmosphérique, la Métropole, dans la mesure de ses compétences, de ses moyens et de sa création récente possède également un rôle moteur reconnu. Le projet de ZFE Métropolitaine en est un exemple probant, illustrant également l'intérêt d'avoir des acteurs complémentaires à différentes échelles sur des secteurs d'interventions similaires.

Cependant, la multiplicité des acteurs ayant compétence sur des secteurs communs peut parfois entraîner des difficultés de mise en œuvre de certaines mesures. D'une part, certaines actions peuvent se recouper comme les aides à la conversion des véhicules qui peuvent se cumuler pour les usagers finaux mais créer une dispersion inutile et coûteuse des aides. D'autre part, la multiplication des acteurs constitue un facteur de risque d'inertie, comme l'illustre l'annulation de l'interdiction du chauffage au bois pourtant prévue dans le PPA de 2013. Dans le cas de la ZFE métropolitaine, la Métropole doit obtenir l'accord des maires qui sont les seuls à pouvoir faire appliquer cette mesure via un arrêté municipal. Grâce à une large consultation engagée par l'exécutif de la Métropole du Grand Paris, plus de la moitié des 79 maires ont donné leur accord mais le refus de certaines communes, bien que ne remettant pas en cause la mesure, montre les limites de la gouvernance actuelle. Des évolutions pourraient être apportées dans le cadre de la loi LOM (Loi d'Orientation des Mobilités).



79
communes
concernées

OBJECTIFS EUROPÉENS : PARIS COUPABLE MAIS PAS RESPONSABLE

La Commission Européenne utilise des leviers juridiques pour contraindre les Etats à respecter leurs engagements. En Europe, 13 états font actuellement l'objet de procédures d'infraction pour le NO₂ et 16 pour les PM₁₀.

En 2015, la Commission européenne a émis un avis motivé – première étape de la procédure de contentieux – en France en lien avec le dépassement des seuils de PM₁₀ dans 14 agglomérations. En 2018, elle a déposé devant la Cour Européenne de Justice une **procédure de précontentieux pour le dépassement de seuils de NO₂ dans 14 villes et régions urbaines françaises**.



En France, dans le cadre de la loi NOTRe, les villes sont désormais solidaires de l'Etat, qui considère notamment que l'élaboration des PCAET donne aux villes les compétences nécessaires pour gérer la qualité de l'air. **Chaque ville risque une sanction de 11 millions d'euros et des astreintes journalières d'au moins 240 000€ en cas de dépassement des valeurs limites.** Ce levier constitue une incitation financière à gérer la qualité de l'air pour les villes. Il demande toutefois une action rapide alors que la ville n'a pas la possibilité d'utiliser tous les leviers possibles, dans le cadre d'une gouvernance partagée.

L'ACTION JURIDIQUE : UN NOUVEAU LEVIER POUR LE PLAIDOYER DES VILLES

Dans le cadre du contentieux avec l'Union Européenne, **Paris a engagé, avec Bruxelles et Madrid, un recours devant le Tribunal de l'Union Européenne** pour demander **l'annulation d'un règlement de 2016 qui relevait les valeurs limites d'émissions de NOx des véhicules diesel Euro 6** à travers l'application de coefficients de correction censés tenir compte d'incertitudes statistiques et techniques lors des tests d'émissions. Ces coefficients de correction permettaient aux véhicules concernés d'émettre deux fois plus de NOx en conditions réelles que la limite initialement fixée à 80 mg/km, et accordaient dans les faits une sorte de « permis de polluer » aux constructeurs automobiles. Ce premier recours était accompagné d'un second, porté par plus de 130 000 citoyens européens ayant signé une pétition initiée par la Ville de Paris. Ce recours citoyen n'a toutefois pas été jugé recevable.

Le 13 décembre 2018, le Tribunal de l'Union Européenne a jugé recevable le recours porté par les trois villes et a ordonné l'annulation du règlement de la Commission. Cette décision historique a été prise dans un contexte où la Cour des Comptes Européenne avait déploré, en septembre 2018 le manque d'action suffisamment ambitieuse de l'Union Européenne pour protéger ses citoyens contre la pollution atmosphérique ².

Loin de s'annuler entre eux, les recours entre l'UE et les villes permettent de pleinement définir les responsabilités de chacune. Paris a ainsi démontré qu'elle n'était pas seule responsable de la pollution atmosphérique sur son territoire.

² A noter que la Commission Européenne a fait appel de la décision du Tribunal.



IV. Agir pour une ville respirable : innovons ensemble !

Le citoyen est un acteur clé de la lutte contre la pollution de l'air, et par la même, de la lutte contre le réchauffement climatique. Les **principales causes de la pollution** sont en effet liées en partie aux **activités humaines du quotidien : se déplacer, se chauffer et indirectement, se nourrir**. L'acceptabilité des mesures prises doit donc passer par de la sensibilisation et par l'appropriation des enjeux par les citoyens. Ainsi, des mesures considérées comme privatives de liberté seront considérées in fine comme des mesures de santé publique et d'amélioration de la qualité de vie de chacun.

Paris et la Métropole du Grand Paris offrent un cadre prisé pour les essais et les expérimentations, notamment par des acteurs de la société civile et du monde économique : citoyens, start-ups, entreprises privées, chercheurs...

De nombreuses initiatives existent qui contribuent non seulement à l'innovation mais aussi à la vulgarisation, la médiatisation et à la sensibilisation de la population et des acteurs décisionnaires aux enjeux de la qualité de l'air et de la pollution favorisant ainsi l'action collective.

PARIS ET LA MÉTROPOLE : DES TERRITOIRES D'EXPÉRIMENTATIONS CITOYENNES...

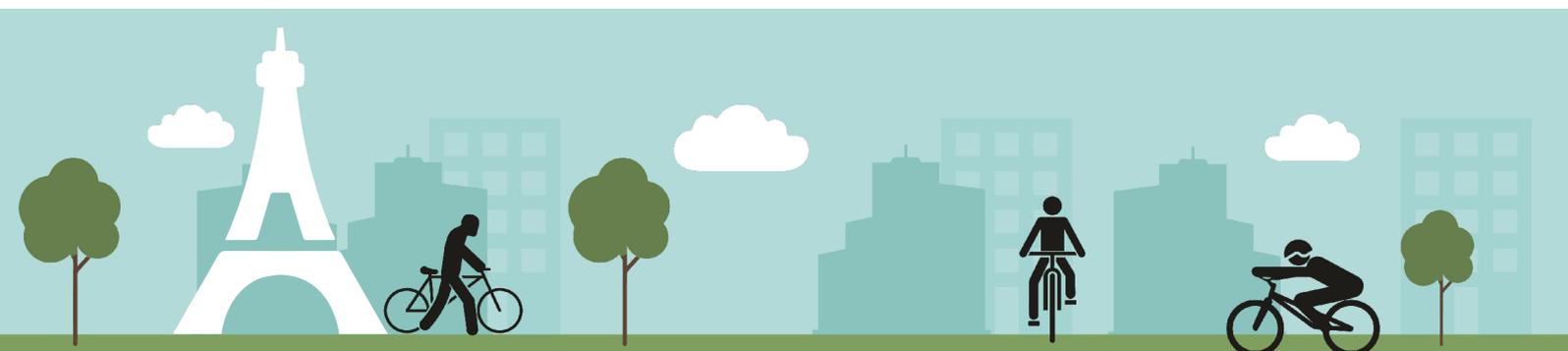
Le **budget participatif** a été créé à l'initiative de la municipalité parisienne en 2015. Des projets de lutte contre la pollution de l'air, sont soit en lice pour le prochain budget comme le projet **«Open air»** qui favorise le partage des données concernant la qualité de l'air, ou déjà lauréats comme **«Respirons mieux dans le 20ème»** en collaboration avec Airparif. L'objectif de ce projet est de renforcer la participation citoyenne, à travers l'accès à une information personnalisée et ciblée sur la qualité de l'air, de limiter l'exposition des citoyens à la pollution, d'améliorer la qualité de l'air et d'évaluer si ces informations ont un effet sur les comportements.



Agir pour une ville respirable :
innovons ensemble !



Par ailleurs, le dispositif « **Paris Respiré** » est une autre initiative de la Ville de Paris en faveur des citoyens. Il vise à fermer, les dimanches et jours fériés, certaines voies à la circulation dans 23 quartiers de la Ville. Il sera étendu d'ici 2024 à tous les arrondissements. De plus, chaque premier dimanche du mois, les quatre premiers arrondissements de la capitale sont fermés à la circulation. Cette mesure est étendue à toute la ville une fois par an. Cette action a pour objectif de minimiser les polluants présents dans l'air et d'offrir de nouvelles perspectives aux citoyens.



... QUI FAVORISENT ÉGALEMENT LES INNOVATIONS DU SECTEUR PRIVÉ

Les acteurs privés se saisissent eux aussi du sujet de la qualité de l'air. Les principaux « marchés » de la qualité de l'air concernent ainsi la mesure des polluants atmosphériques et la réduction de l'exposition des citoyens (masques anti-pollution et purificateurs d'air intérieur).

Les masques anti-pollution et les purificateurs d'air intérieur connaissent un fort succès en Asie mais leur utilisation reste faible en France et en Île-de-France. En revanche, l'essor des objets connectés concerne aussi la qualité de l'air. Des projets d'expérimentation et d'innovation autour de capteurs de qualité de l'air miniaturisés, et « bon marché », visant à équiper villes, bâtiments, véhicules ou personnes, connaissent un succès grandissant en France.

Des compagnies habituées à produire des instruments de mesures pour les réseaux de surveillance de la qualité de l'air produisent désormais des petits capteurs bons marchés (ENVEA par exemple), d'autres ont créé une nouvelle activité. Enfin de nombreuses start-ups produisent des capteurs mobiles et souvent les applications associées (PlumeLab, Air Visual, Pollutrack, etc) en lien avec de la vente de données, y compris des données publiques mises en open data.



Les micro-capteurs

Les appareils de mesure de la qualité de l'air « bon marché », ou micro-capteurs, ou mini-stations fleurissent actuellement sur le marché. Il peut s'agir de capteurs mobiles utilisés en itinérance pour déterminer son exposition à la pollution de l'air, ou en mobilité pour mesurer les niveaux de pollution de l'air extérieur via un véhicule par exemple. Des mini-stations peuvent également être utilisées pour mesurer les niveaux de pollution intérieure ou extérieure.

Le prix de ces capteurs s'échelonne de quelques centaines à quelques milliers d'euros et reste très en deça du prix d'une station fixe de surveillance de la qualité de l'air telles que celles recommandées par la réglementation européenne auquel s'ajoute le coût de maintenance et d'étalonnage. Les usages ne sont toutefois pas les mêmes, **le coût de ces capteurs n'étant pas toujours « low cost » et leur fiabilité pas toujours adaptée à tous les usages.**

Il a été montré par de nombreux tests métrologiques (Annexe 3) que les performances des stations « bon marché » variaient significativement d'un appareil à l'autre et en fonction des conditions météorologiques. En effet la plupart des micro capteurs individuels sont très sensibles en cas de forte humidité, ou de très fortes ou faibles concentrations, et en mobilité. Certains capteurs présentent ainsi des performances intéressantes pour de la



sensibilisation, d'autres pour de la mesure en itinérance, certains pour de la mesure fixe. Néanmoins, quel que soit l'appareil considéré, les performances sur le long terme restent problématiques. Pour pallier aux problèmes de maintenance et de calibration, certains acteurs privés remplacent annuellement leurs appareils ce qui soulève des questions sur le cycle de vie et le recyclage de tous ces dispositifs. De fait, les coûts associés ne sont pas toujours « bon marchés » entre le prix de capteur, l'accès aux données ou le changement de l'appareil lié à sa durée de vie limitée. De

plus, ces appareils nécessitent également d'être calibrés périodiquement et s'appuient pour ce faire sur le réseau de mesure de référence existant.

S'ils ne sont pas assez fiables pour se substituer au réseau de mesure et de modélisation performant mis en place par les AASQA pour la surveillance du territoire, ces dispositifs sont néanmoins de **très bons vecteurs de sensibilisation des citoyens à la qualité de l'air qu'ils respirent** (à l'intérieur comme à l'extérieur).

Se déplacer et se chauffer sans polluer ? l'équation difficile des grandes agglomérations



Des partenariats se créent entre les producteurs de capteurs « bon marchés » et les institutions ou le milieu académique. Ainsi, la société PlanetWatch24 a conçu le capteur « **Pollutrack** » et l'expérimente sur le terrain parisien en collaboration avec la Ville de Paris, la Fondation du Souffle, ENEDIS et Airparif. Les capteurs Pollutrack sont installés sur les véhicules électriques d'ENEDIS et mesurent en temps réel la pollution aux particules fines (PM_{2,5}) dans le flux de circulation. Le but de Pollutrack est de repérer, puis de cartographier, les « hot-spots », zones de forte pollution locale.



Dans une dynamique similaire, l'entreprise Valéo, en partenariat avec Aria Technologies, pour un prototype à l'occasion du Mondial de l'Automobile, a équipé des taxis et des autobus Kéolis de capteurs mesurant en temps et en mouvement réels les niveaux de 6 polluants différents présents dans l'air parisien.

Des structures public / privé se créent également pour favoriser et cadrer l'innovation en matière de qualité de l'air sur le territoire Francilien.

Ainsi, Airparif a lancé en 2017, le **Airlab** (<http://www.airlab.solutions/>) en partenariat avec la Ville de Paris, la Métropole du Grand Paris, la région Île-de-France, l'Etat et Île de France mobilité, ainsi que des acteurs privés qui ont un enjeu métier en lien avec la qualité de l'air (SNCF logistics, Véolia, Icade, Air liquide, EDF et Engie). Airlab et ses partenaires soutiennent des projets abordant les différentes thématiques de la qualité de l'air afin d'accompagner l'innovation dans ce domaine et aller plus vite et plus loin dans l'amélioration de la qualité de l'air pour les franciliens.

Dans le même esprit, l'«**Urban Lab**» (<http://urbanlab.parisandco.paris/>) initiative de **Paris&Co, l'agence de développement économique et d'innovation de Paris**, soutient et encadre des entreprises et collectivités du territoire parisien sur des **projets d'innovation urbaine** touchant diverses thématiques, notamment la qualité de l'air. Ces programmes d'expérimentation ont pour but de tester le marché, de cadrer les innovations florissantes et de fournir des arguments techniques servant d'outil d'aide à la décision pour les politiques publiques. En 2018, la qualité de l'air, extérieure et intérieure, a été choisie comme thématique par la Ville de Paris et Urban Lab pour leur 11ème programme d'expérimentations en commun, et se sont associées dans cette démarche à Airlab.





V. Quelles perspectives face aux enjeux émergents ?

CONTINUER LA COURSE FACE AUX NOUVEAUX POLLUANTS

Si les niveaux des principaux polluants réglementés diminuent globalement, de nombreux enjeux demeurent. **D'autres polluants, dont l'effet sur la santé inquiète, émergent et ne font pas encore l'objet de réglementation.** En effet, celle-ci présente ainsi deux limites principales :

- Les effets sur la santé de la pollution atmosphérique peuvent intervenir à des concentrations inférieures aux seuils de qualité. Une exposition à certains polluants, même à petites doses, peut également avoir des impacts sanitaires.
- De nouveaux polluants émergent de par l'évolution des technologies et les connaissances médicales.

Concernant ces polluants émergents, l'ANSES (2018), a ainsi recommandé de renforcer la surveillance du 1,3 butadiène, des Particules Ultrafines (PUF), du carbone suie, des pesticides et de 9 autres polluants atmosphériques (le manganèse, le sulfure d'hydrogène, l'acrylonitrile, le 1,1,2-trichloroéthane, le cuivre, le trichloroéthylène, le vanadium, le cobalt, l'antimoine et le naphthalène). Ces recommandations s'appuient notamment sur les travaux précurseurs menés par les AASQAs.

L'ANSES
recommande
de renforcer la
surveillance de 13
nouveaux polluants



Les particules ultrafines ont un diamètre inférieur à 0,1 μm et sont principalement issues des processus de combustion. Le trafic routier est une source importante de PUF, celles-ci sont composées en grande partie de carbone suie. De par leurs très petites tailles, elles pénètrent le système sanguin et peuvent agir profondément dans l'organisme d'où un risque sanitaire accru. De nouvelles études sont néanmoins nécessaires pour renforcer les connaissances sur l'impact sanitaire de ces composés.

Certains des polluants émergents cités dans l'étude de l'ANSES sont historiquement mesurés en Île-de-France par Airparif. Ainsi, deux campagnes de mesures des pesticides en milieu rural et en milieu urbain ont été réalisées en 2007 et en 2016. Les premières mesures des particules ultrafines remontent quant à elles à 2003 avec la mise en place d'un site de référence instrumenté à Gennevilliers en collaboration avec l'INERIS. Cependant, en l'absence de valeurs réglementaires pour les particules ultrafines, les résultats des mesures restent difficiles à interpréter. De plus, la mesure de ces particules fait appel à des appareils de haute technicité.

Quelles perspectives face aux enjeux émergents ?



Des mesures de carbone suie ont été initiées en 2009 par Airparif en collaboration avec le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE). Le carbone suie, émis majoritairement par le trafic et dans une moindre mesure par la combustion du bois et du fioul, permet de mieux quantifier les sources d'émissions lors des pics de pollution. L'évolution des

concentrations de carbone suie est également un très bon indicateur de l'évolution de l'impact du trafic sur la pollution de l'air. Une surveillance permanente de ce polluant a été mise en place en 2013. Depuis, 10 sites mesurent ce polluant en permanence sur la région Île-de-France.

Les polluants de demain

Ces polluants représentent très certainement les enjeux sanitaires de demain. Les réglementations de plus en plus strictes concernant les particules PM_{10} et le NO_2 et la mise en place de la ZFE devraient permettre à moyen terme le respect des valeurs limites européennes à Paris et dans la Métropole. Néanmoins, les **technologies de dépollution dont sont équipés les véhicules thermiques modernes, mais aussi les chauffages au bois labellisés « flamme verte », pourraient être une source importante de précurseurs de particules ultrafines** (Pedata et al., 2015 ; Karjalainen et al, 2014). Les connaissances sur les impacts sanitaires potentiels des particules ultrafines doivent donc être renforcées afin que, si cet impact est avéré, les particules ultrafines soient réglementées en Europe et dans les Etats membres. L'émergence de nouveaux polluants et en particulier des **particules ultrafines plaident en faveur de l'interdiction des véhicules thermiques dans les zones densément peuplées.**

INTÉGRER UNE SURVEILLANCE MULTI-ACTEURS

Les régions françaises ont l'opportunité d'être dotées d'associations de surveillance de la qualité de l'air, les AASQAs, indépendantes et en pointe en ce qui concerne la mesure, la prévision et l'innovation. Ces dispositifs de surveillance de la qualité de l'air sont coordonnés à l'échelle nationale par le LCSQA (le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air) qui joue

également le rôle d'organisme national de référence requis par les directives européennes. Ainsi, **la surveillance de la qualité de l'air s'articule efficacement au niveau régional, national et européen.**

AASQAs

LCSQA



La multiplication des données de qualité de l'air issues des capteurs mobiles ou de mini-stations vient s'insérer dans ce dispositif historique et soulève plusieurs questions. La première concerne la fiabilité et la représentativité des données mesurées. Selon les performances du capteur, des données en itinérance peuvent renseigner le porteur d'un tel dispositif sur son exposition relative mais les valeurs mesurées ne sont représentatives que d'un parcours spécifique à un moment donné.

La communication et l'information au public sont bouleversées par ces nouvelles technologies, en particulier dans le climat de méfiance actuel envers les institutions. Ainsi, les données issues d'instruments de mesures recommandés par la Commission Européenne et calibrés par des laboratoires métrologiques accrédités sont jugées insuffisantes, au profit de mesures ou de résultats de modélisation provenant de sources non officielles plus ou moins fiables. Nombreux sont les exemples dans les médias ou les réseaux sociaux de défiance vis-à-vis des données officielles. Ce contexte crée une confusion importante avec une multiplication de données et d'informations parfois complètement différentes pour une même situation. Cette situation existe de longue date, notamment

avec l'héritage de la communication des autorités au moment de Tchernobyl. Et c'est une des raisons pour laquelle la surveillance et l'information sur la qualité de l'air en France a été confiée lors de la mise en place de la loi LAURE à des associations indépendantes. Mais l'arrivée de micro capteurs, le développement de l'internet des objets et la demande sociétale de faire ses propres mesures et de les partager, notamment via les réseaux sociaux, accentuent et accélèrent ce phénomène.

quel air est-il ?

Les nouvelles technologies de mesure de la qualité de l'air présentent néanmoins des opportunités telles que la détermination de « hot-spots », l'amélioration de la résolution spatiale des mesures et surtout la sensibilisation des citoyens et l'éducation du jeune public aux enjeux de la pollution de l'air et au partage des données.

La mise en commun de ces données pourrait venir compléter le réseau de mesures officiel, certes composé de moins d'appareils mais dont la fiabilité des résultats est garantie. Et en particulier dans les zones où les outils complémentaires comme la modélisation et les inventaires d'émission sont insuffisants ou inexistantes. **Certains verrous doivent cependant être levés pour permettre le partage des données.** Les données de chaque capteur devant être étalonnées à partir des données officielles et leur fiabilité étant variable d'un appareil à l'autre, la collecte de données de qualité et de format différents et un traitement adapté (quelle donnée pour quel usage) sont des enjeux importants, tout comme le traitement et le stockage de millions de données. Ceci est aussi un point important d'un point de vue environnemental.

Quelles perspectives face aux enjeux émergents ?



Concernant l'aspect juridique, la propriété de la donnée et l'utilisation de données privées, sont également des verrous de gouvernance à relever, tout comme parfois le coût d'accès à ces données qui n'est pas toujours anecdotique. Néanmoins, et comme le montrent les expériences réussies citées dans ce document, des alliances sont possibles qui permettent de créer un écosystème d'innovation sur la surveillance de la qualité de l'air à la disposition du plus grand nombre.

Une communication plus efficace et plus visible des collectivités sur la qualité de l'air permettrait très certainement de rééquilibrer le rôle des acteurs. L'engouement des citoyens pour les micro-capteurs reflète en effet un besoin d'information et de connaissance de son exposition personnelle au quotidien. Des mesures sont déjà réalisées par Airparif dans les transports en commun, dans l'habitacle d'un véhicule en circulation ou en vélo (Airparif, 2011b).



Une communication plus poussée sur ces mesures et sur la complexité de l'exposition en ville (niveaux de pollution à proximité du trafic par rapport au fond urbain, qualité de l'air intérieur, pollution dans les transports, au travail...) et des recommandations associées permettraient aux citoyens de mieux gérer leurs expositions sans pour autant avoir recours à des systèmes de mesure personnels.

Les niveaux de pollution sont actuellement indiqués sur les panneaux de la ville et seront bientôt affichés sur le site internet de Paris. Une information plus personnalisée pourrait être apportée aux citoyens, via les sites de la Ville et de la Métropole. La sensibilisation des citoyens aux enjeux de la qualité de l'air est primordiale pour que les mesures prises par les pouvoirs publics ne soient pas considérées comme privatives de liberté mais comme une amélioration des conditions de vie. De plus, par ces choix, le citoyen peut participer à améliorer la qualité de l'air.



IMPLIQUER TOUS LES ACTEURS

La qualité de l'air s'est nettement améliorée ces dix dernières années. Pour réduire encore les niveaux de pollution, les actions déjà menées dans le cadre de la mobilité (ZFE ou développement de l'écomobilité) doivent être poursuivies mais d'autres secteurs doivent être considérés.

Plus les émissions du trafic vont diminuer, plus les sources liées à des comportements très minoritaires tels que le recours au chauffage au bois, apparaîtront comme prépondérante (2 % des combustibles brûlés à Paris et 38 % des PM_{2.5} en 2015). Des mesures doivent être prises pour réduire l'impact du chauffage au bois, et, comme pour la ZFE, elles pourraient être étendue à l'ensemble de la zone urbaine dense pour une efficacité accrue. Sur le modèle de l'étude réalisée par l'Agence Parisienne du Climat sur les chaudières au fioul, un travail de communication et de formation pourrait être réalisé pour cibler spécifiquement les foyers utilisant toujours un foyer ouvert au bois.

Les chantiers sont la troisième source de particules PM₁₀ dans Paris et la Métropole, or actuellement, les mesures pour réduire ces émissions sont avant tout des mesures incitatives : partage d'une charte de bonnes pratiques, limitation de l'utilisation de groupes électrogènes dans Paris... Une meilleure surveillance des sites de construction pourrait être réalisée. La Ville de Paris souhaite aller plus loin en s'engageant auprès de l'État et de l'Union européenne pour réduire les émissions du secteur agricole, des industries de taille moyenne, mais également des transports aériens et maritimes.

La qualité de l'air est par essence une problématique transversale qui touche les secteurs de l'environnement, de la santé, de l'éducation, de l'urbanisme. Il importe donc d'impliquer les différents acteurs de la société en apportant une meilleure formation aux médecins, aux enseignants et aux urbanistes sur ce sujet.

PENSER LA VILLE DE DEMAIN

En Europe et dans beaucoup de grandes villes du monde, la **qualité de l'air est un enjeu majeur de santé publique mais aussi d'attractivité touristique et économique**. L'entrée « santé » rend l'approche plus partageable par l'ensemble de la population, car l'air respiré ne connaît pas de barrières sociales ou territoriales, même s'il est noté dans plusieurs études que le facteur social peut aggraver l'exposition ainsi que les effets de la pollution de l'air.



Quelles perspectives face aux enjeux émergents ?



À Paris et dans la Métropole du Grand Paris, les polluants réglementés, PM_{10} et NO_2 , ont fortement diminué ces dix dernières années, faisant espérer un respect des valeurs limites européennes dans un futur proche. Néanmoins, l'ozone est toujours problématique, ainsi que les particules $PM_{2,5}$ au regard des recommandations de l'OMS. De plus ; l'émergence de nouveaux polluants (carbone suie, particules ultrafines, produits phytosanitaires) doit faire réfléchir sur la course aux évolutions technologiques. Si les filtres à particules ont en effet eu un effet drastique sur la réduction des émissions de particules PM_{10} par les véhicules Diesel, les filtres à particules catalysés ont induit une augmentation des émissions de NO_x , et en particulier de NO_2 . Les véhicules les plus modernes seraient par ailleurs émetteurs de composés semi-volatiles, précurseurs de particules ultrafines... **Les avancées technologiques visant à réduire les émissions d'un polluant peuvent ainsi générer d'autres types de pollution encore non réglementés.**

Ces problèmes devraient bien sûr être résolus avec une flotte 100 % électrique mais quid de l'abrasion des pneus, des freins et de la route et de la remise en suspension (qui représente aujourd'hui plus de 40 % des émissions de particules émises par le trafic) ? Une flotte 100 % électrique ne résoudrait pas non plus le



problème de la congestion en ville et donc de la qualité de vie, sans même aborder le sujet de la production d'électricité, des batteries et de leur recyclage...

La ville de demain doit donc repenser l'urbanisme de façon globale afin de mieux limiter les émissions de polluants, et de réduire l'exposition des personnes, en jouant sur l'organisation du territoire, les formes urbaines, la végétalisation, les modes de déplacement actifs. L'évaluation des expositions des populations en amont de la conception des projets est un levier important. Ce tournant est déjà largement amorcé à Paris et dans la Métropole du Grand Paris. **Il ne s'agit plus ici uniquement de qualité de l'air et de changement climatique mais de qualité de vie.**

Les mesures prises par la Ville de Paris pour réaménager l'espace public au profit des modes actifs et des transports en commun ont permis de réduire fortement le nombre de véhicules particuliers circulant dans le centre. Les ZFE parisienne et métropolitaine viennent compléter ces actions en accélérant le renouvellement du parc automobile et en supprimant les véhicules les plus polluants. Il ne s'agit pas d'éliminer la voiture des centres urbains mais de rééquilibrer les modes de déplacements et d'inscrire cette dynamique dans une approche globale de réduction des émissions et de protection des populations par rapport aux zones de forte pollution. C'est une contribution essentielle à l'amélioration de la qualité de vie de tous.



Références

ADEME (2018a). Emissions de particules et de NOx par les véhicules routiers – Mise à jour Mai 2018.

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/avis-ademe_emissions_transport_routier_2018-05.pdf

ADEME (2018b). Zones à Faibles Emissions (Low Emissions Zones) à travers l'Europe. Déploiement, retours d'expérience, évaluation d'impacts et efficacité du système.

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/zones-faibles-emissions-lez-europe-ademe-2017-rapport.pdf>

ADEME (2012). Le bois énergie et la qualité de l'air.

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/pdl2016_bois_energie_et_qualite_air.pdf

Airparif (2019). Bilan des émissions atmosphériques en Île-de-France.

http://airparif.fr/_pdf/publications/inventaire_emissions_idf_2015_20190418.pdf

Airparif (2018a). Surveillance et information sur la qualité de l'air. Bilan Paris 2017.

http://airparif.fr/_pdf/publications/Rbilan75_2017.pdf

Airparif (2018b). Surveillance et information sur la qualité de l'air. Bilan Métropole du Grand Paris 2017.

http://airparif.fr/_pdf/publications/RbilanMGP_2017.pdf

Airparif (2018c). Surveillance et information sur la qualité de l'air. Bilan Île-de-France 2017.

http://airparif.fr/_pdf/publications/bilan-2017.pdf

Airparif (2016). Pesticides des villes, pesticides des champs.

http://airparif.fr/_pdf/publications/NUMERO43.pdf
<https://www.airparif.asso.fr/actualite/detail/id/231>

Airparif (2015). Episodes de pollution printaniers.

<http://airparif.fr/actualite/detail/id/134>

Airparif (2013). Evolution de la qualité de l'air à Paris entre 2002 et 2012.

http://airparif.fr/_pdf/publications/communiqué_presse_pdp_130703.pdf



Airparif (2011a). Origine des particules en Île-de-France.

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

Airparif (2011b). Airparif Actualités. https://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/NUMERO37.pdf

ANSES (2018). Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'identification, la catégorisation et la hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air, 22/06/2018, 250p.

<https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2015SA0216Ra.pdf>

APC (2019). Gagnez en confort et faites des économies : dites adieu au fioul.

<https://www.apc-paris.com/article-rubrique/etude-plan-daction-pour-dire-adieu-chauffage-fioul-a-paris>

Beekmann et al. (2015). In-situ, satellite measurement and model evidence for a dominant regional contribution to fine particulate matter levels in the Paris Megacity. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 9577-9591.

Benmarhnia (2013). Les inégalités environnementales de santé : sémantique, philosophie et mécanismes.

<http://www.santeenvironnement-nouvelleaquitaine.fr/autre/les-inegalites-environnementales-de-sante-semantique-philosophie-et-mecanismes/>.

Fuller et al. (2013). New directions: Time to tackle wood burning? *Atmospheric Environment*, 68, 295-296.

Haas et Vigneron (2012). Dossier | Égales face à la santé ? Toujours pas ! Place Publique (novembre – décembre 2012).

http://www.placepublique-rennes.com/media_site/upload/PP20_HaasVigneron_territoires_inegales.pdf.

IFOP (2018). Sondage pour Airparif. Etude de perception des Franciliens à l'égard de la qualité de l'air.

<https://www.airparif.asso.fr/pollution/effets-de-la-pollution-sante>.

Karjalainen et al. (2014). Exhaust particles of modern gasoline particles: A laboratory and an on-road study. *Atmospheric Environment*, 97, 262-270.

Lelieveld J. et al. (2019). Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *European Heart Journal*

<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz135>.

Ministère de l'Écologie et de la Transition Solidaire (2018). Loi Mobilités. Déploiement des Zones à Faibles Emissions.

https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2018.10.08_DP_DeploiementZFE_vdef.pdf.

Observatoire des déplacements à Paris (2017). Le bilan des déplacements en 2017 à Paris.

https://www.api-site.paris.fr/paris/public/2018%2F11%2FParis_ra2017_web.pdf



Observatoire des déplacements à Paris (2017). Le bilan des déplacements en 2017 à Paris.
https://www.api-site.paris.fr/paris/public/2018%2F11%2FParis_ra2017_web.pdf

OMS (2013). La pollution atmosphérique une des premières causes environnementales de décès par cancer, selon le CIRC.
https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr221_F.pdf.

OMS (2012). Les gaz d'échappement des moteurs diesel cancérrogènes.
https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr213_F.pdf.

ORS Île-de-France, Airparif, Santé Publique France (2018a). Bénéfices sanitaires attendus d'une zone à faible émissions. Evaluation quantitative d'impact sanitaire prospective pour l'agglomération parisienne.
http://www.ors-idf.org/fileadmin/DataStorageKit/ORS/Etudes/2018/Etude2018_8/ORS_benefices_sanitaires_attendus_ZFE_vd.pdf.

ORS Île-de-France (2018b). Chauffage au bois et santé en Île-de-France.
http://www.ors-idf.org/fileadmin/DataStorageKit/ORS/Etudes/2018/Etude2018_7/2018_focus_chauffage_au_bois_ORS_1_.pdf

Pedata et al. (2015). « Are we forgetting the smallest, sub 10 nm combustion generated particles? ». Particles and Fibre Toxicology. DOI 10.1186/s12989-015-0107-3.



Annexes

1

Seuils de déclenchement des niveaux d'information et d'alerte du public en cas d'épisode de pollution en Île-de-France pour les 4 polluants concernés – Source Airparif

	Dioxyde d'azote (NO ₂)	Ozone (O ₃)	Dioxyde de soufre (SO ₂)	Particules (PM ₁₀)
Niveau d'information et de recommandation	200 µg/m ³ (moyenne horaire)	180 µg/m ³ (moyenne horaire)	300 µg/m ³ (moyenne horaire)	50 µg/m ³ en moyenne calculée sur la période entre 0 et 24 heures
Niveau d'alerte	400 µg/m ³ ou 200 µg/m ³ (moyenne horaire) Si la procédure d'information et de recommandation a été déclenchée la veille et le jour même et si les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain	1er seuil : 240 µg/m ³ (moyenne horaire) 2ème seuil : 300 µg/m ³ (moyenne horaire dépassé pendant 3 heures consécutives) 3ème seuil : 360 µg/m ³ (moyenne horaire)	500 µg/m ³ (moyenne horaire, dépassé pendant 3 heures consécutives)	80 µg/m ³ en moyenne calculée sur la période entre 0 et 24 heures



2 Réglementation applicable à la combustion individuelle du bois en Île-de-France

Type de foyer	Usage	Paris	Zone sensible (Hors Paris)	Hors zone sensible
Foyers ouverts	Chauffage principal	Interdit	Interdit	Interdit
	Appoint ou agrément	Autorisé	Autorisé	Autorisé
Equipements existants à foyer fermé	Chauffage principal	Autorisé avec un équipement très faiblement émetteur de poussières (2)	Autorisé	Autorisé
	Appoint ou agrément	Autorisé avec un équipement de rendement supérieur à 65%	Autorisé	Autorisé
Equipements neufs à foyer fermé	Appoint ou agrément	Autorisé avec un équipement très faiblement émetteur de poussières	Autorisé avec un équipement performant	Autorisé
	Appoint ou agrément	Autorisé avec un équipement performant	Autorisé avec un équipement performant (1)	Autorisé

Tableau récapitulatif de ce qui est permis et interdit en Île-de-France

Réglementation applicable à la combustion individuelle du bois en Île-de-France. Plan de Protection de l'Atmosphère 2017-2025

(<https://www.maqualitedelair-idf.fr/w2020/wp-content/uploads/2018/02/PPAjanvier18-sans-fiche.pdf>).

(1) Un équipement est dit performant s'il répond à au moins une des conditions suivantes : - présente un rendement supérieur ou égal à 70 % et taux de CO inférieur ou égal à 0,12 % (à 13 % d'O²) - dispose du Label Flamme Verte 5 étoiles.

(2) Un appareil très faiblement émetteur de poussières est un équipement dont les émissions de poussières sont inférieures ou égales à 16 mg/Nm³ à 13 % d'oxygène.



3

Les tests sur les appareils de mesure « bon marché »

Les capteurs de particules et de gaz soulèvent, en termes de fiabilité, de reproductivité et d'utilisation de nombreuses questions. Ainsi, de nombreux tests ont été réalisés par des organismes accrédités. Nous citerons par exemple :

- l'US EPA (Agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis) a créé un site à destination des utilisateurs de capteurs et une boîte à outils :
<https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox>. Ce site en anglais regroupe de précieuses informations sur la manière d'utiliser ces capteurs, sur l'évaluation des données et donne également accès à différentes ressources sur le sujet. Un tableau regroupant les performances de plusieurs dizaines de capteurs de particules et de gaz est disponible à l'adresse suivante :
<https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox/evaluation-emerging-air-pollution-sensor-performance>
- Le JRC (Joint Research Center) évalue les performances des capteurs depuis le début des années 2000 et a mis à disposition du public une brochure sur les capteurs de qualité de l'air :
<https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/brochures-leaflets/measuring-air-pollution-low-cost-sensors>
- L'INERIS et l'Institut Mines Télécom Lille Douai (IMT Lille Douai) ont évalué sur le terrain des mini-stations de la qualité de l'air pour de la surveillance en site fixe :
https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/LCSQA2017-CILmicrocapteurs-synthese_resultats.pdf
- Airparif et ses partenaires, dont la Ville de Paris, ont lancé dans le cadre d'AIRLAB un premier « Challenge Microcapteurs » en 2018. Exactitude, ergonomie, portabilité, coûts et pertinence des polluants sont autant de critères nécessaires à prendre en compte et qui ont été évalués de manière indépendante. Les meilleurs résultats sur les capteurs testés concernent les capteurs fixes et en air intérieur : tant pour des utilisations de sensibilisation à la qualité de l'air, que pour piloter et gérer la qualité de l'air à l'intérieur d'un bâtiment. Les solutions destinées à mesurer à des fins de surveillance réglementaire, d'évaluation de l'exposition personnelle, ou en mobilité, restent à améliorer, notamment sur la qualité des mesures et sur le nombre de polluants suivis :
http://www.airlab.solutions/sites/default/files/20181114_Resultats_Tous_Capteurs.pdf. Une prochaine édition internationale de ce challenge aura lieu en 2019
- La Direction Générale de l'Environnement de la Commission Européenne pilote le projet « Integrating smart sensors and modelling for Air Quality monitoring in a city » dont le but est de créer un cadre afin de permettre l'intégration des capteurs « bon marché » à un réseau de surveillance classique. Ce projet, réalisée en collaboration avec le JRC, permettra la mise en place d'une plateforme sur l'état de l'art sur les performances des capteurs et permettra l'échange, la collecte et l'analyse des données de capteurs.
- L'Organisation Mondiale de la Météorologie est à l'initiative d'un rapport très complet mais plutôt à destination d'un public scientifique sur les capteurs : « Low-cost sensors for the measurement of atmospheric composition: overview of topic and future applications » :
https://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/Draft_low_cost_sensors.pdf



Ce document a été élaboré par le
Global Urban Air Pollution Observatory - GUAPO
**(Elsa Martayan, Sophie Moukhtar,
Juliette Laurent)**

avec l'appui du cabinet EXPLICIT/SAFEGE
**(Fouzi Benkhelifa, Guillaume Quelin,
Peter CampoBasso)**

Conception graphique
Sophie de Meulenaère