

POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE DE L'AGGLOMÉRATION PARISIENNE

Bilan critique et perspectives



Étude réalisée pour :

écologie sans frontière

L'ONG spécialiste du droit de l'environnement

SOMMAIRE

INTRODUCTION

I - BILAN DE LA QUALITÉ DE L'AIR.....page 6

- I.1 Pollution de fond
- I.2 Situation de proximité
- I.3 Épisodes de pollution

II - BILAN DES ÉMISSIONS.....page 20

- II.1 Grands émetteurs industriels
- II.2 Trafic routier
- II.3 Trafic aérien

III - PROSPECTIVES.....page 28

- III.1 Évolution des normes
- III.2 Pollution et changement climatique

SYNTHÈSE.....page 37

ANNEXES

INTRODUCTION

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

La réduction de la pollution atmosphérique repose sur des réglementations qui concernent aussi bien les sources fixes, et notamment les installations industrielles, que les sources mobiles comme les transports. L'un des principaux objectifs de la réglementation est d'améliorer la qualité de l'air dans les villes, et d'éviter ainsi l'aggravation de l'effet de serre.

Les mesures prises pour diminuer les émissions de polluants dans l'air ont donné des résultats. Les niveaux de fonds de pollution urbaine ont effectivement diminué dans les grandes agglomérations européennes depuis les années 1970, mais seulement en ce qui concerne certains polluants «historiques», identifiés et combattus de longue date, tels le dioxyde de soufre, le plomb... Les crises écologiques, dues aux pluies acides et au trou de la couche d'ozone, ont mobilisé la communauté internationale dans les années 1980 et donné lieu à des mesures très contraignantes.

OBJET DE L'ÉTUDE

Écologie Sans Frontière a la volonté de lancer un débat actualisé et pertinent sur l'enjeu du contrôle et de la limitation la pollution atmosphérique, au moyen de dispositions et de politiques urbaines adaptées.

Dans ce cadre, *Écologie Sans Frontière* a commandité au bureau HORIZONS la réalisation d'une étude critique et indépendante de la pollution atmosphérique de l'agglomération parisienne tant du point de vue écologique que de la protection de la santé.

A l'heure du bilan des législations sur la pollution atmosphérique (dix ans après la première loi sur l'air), il est fréquent d'entendre les pouvoirs publics expliquer que la qualité de l'air s'améliore régulièrement dans les grandes villes par rapport aux niveaux de pollutions de 1990. Pourtant, les connaissances progressent sur les impacts de certaines substances et leurs interactions dont la nocivité était mal connue jusque-là.

Non seulement les crises écologiques sont encore loin d'être résorbées, mais de nouveaux risques ont été mis en évidence et se sont considérablement accentués depuis. La pollution atmosphérique est directement responsable du réchauffement climatique, d'une mortalité et d'une morbidité toujours croissantes dans les grandes agglomérations.

Cette étude vise à apporter un regard sur les dix années écoulées, ainsi qu'un éclairage sur les années à venir, en intégrant les événements et dispositions majeures ayant eu des conséquences notables sur la pollution atmosphérique. Elle permet de rendre accessibles des données scientifiques récentes concernant la problématique étudiée.

Enfin, le présent document compare l'agglomération parisienne à ses voisines, notamment européennes, et permet ainsi la mise en évidence de ses spécificités.

MATERIEL DE L'ÉTUDE

L'étude de la pollution atmosphérique pose d'importantes problématiques concernant la qualité, l'objectivité et l'exhaustivité de l'informations. Des enquêtes d'opinion montrent une défiance du public quant aux informations disponibles. La présente étude met en parallèle les bilans délivrés par les organismes institutionnels et plusieurs travaux scientifiques sur des problématiques spécifiques. Ce travail de réévaluation de la pollution atmosphérique, tant dans les bilans que dans les prospectives, est tout particulièrement justifié par l'augmentation croissante des connaissances scientifiques en la matière. Celles-ci devancent très sensiblement les obligations réglementaires actuelles.

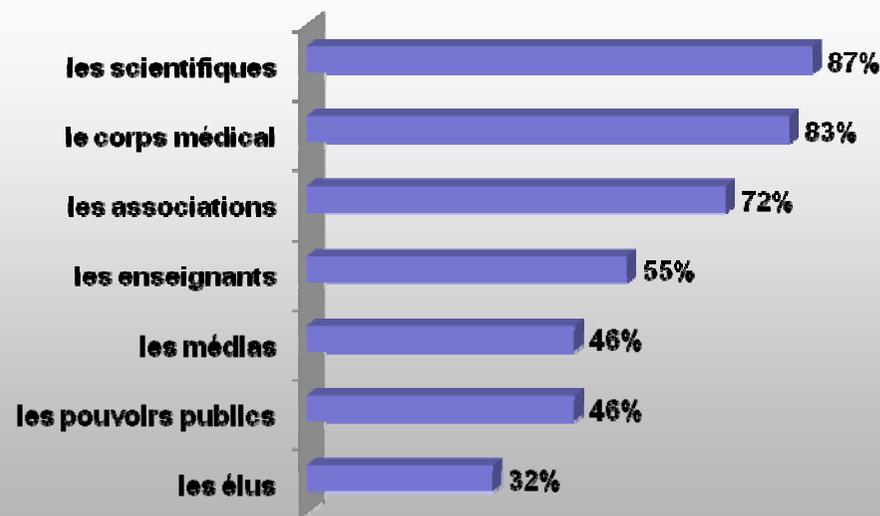
L'association Airparif est agréée par l'État français pour informer le public sur la pollution de l'air en Île-de-France, et fait partie de la Fédération ATMO avec l'ensemble des dispositifs de surveillance régionaux. Airparif fournit une information en continu et ponctuelle sur les concentrations dans l'air des polluants visés par la réglementation française. L'ensemble de ces données a donc été utilisé comme base du présent bilan critique de la qualité de l'air pour l'agglomération parisienne.

De façon systématique, les niveaux de pollution seront analysés à l'aune des réglementations françaises et européennes, ainsi que des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé, considérées comme le consensus actuel auprès de la communauté médicale internationale.

Plusieurs campagnes de mesures ponctuelles, menées depuis 2000 par Airparif et différents laboratoires, permettent de compléter et relativiser l'information délivrée par le réseau fixe de surveillance, notamment sur les niveaux de pollution observés dans des situations problématiques au regard de la population exposée.

La plupart des agglomérations sont désormais équipées de tels réseaux de surveillance, permettant de comparer les niveaux de pollution respectifs. Cependant, les disparités observées entre les dispositifs, en terme de méthodologie, de technologie ou d'efficacité des mesures, ne permettent pas toujours d'établir des comparatifs pertinents selon les polluants considérés.

Pour chacun des acteurs suivants, indiquez si vous leur faites confiance pour vous informer sur la qualité de l'air :



Enquête sur les attitudes et comportements des Français face à quatre thèmes principaux – IPSOS / ADEME, juin 2005

Airparif et la Direction Régionale de l'Industrie et des Risques Environnementaux (DRIRE IDF) sont désignés par la législation pour établir l'inventaire des émissions de polluants atmosphériques en Île-de-France. Les informations disponibles sur les émissions se caractérisent par leur ancienneté et des incertitudes importantes. Le présent bilan des émissions polluantes de l'agglomération parisienne s'appuie donc sur un faisceau de travaux et d'études permettant de compléter et relativiser les données du dernier inventaire réglementaire, pour chacun des grands émetteurs problématiques de l'agglomération parisienne.

Enfin, plusieurs programmes scientifiques récents apportent de nouvelles clés de compréhension sur la chimie de l'atmosphère et les incidences climatiques. Ces nouvelles données sont particulièrement intéressantes pour identifier les grands enjeux de la pollution urbaine et formuler certaines hypothèses sur son évolution.

Stations automatiques de mesure de la pollution atmosphérique de l'agglomération :

● Mesures de fond

Mesures de proximité du trafic automobile :

■ Circulation urbaine

■ Autoroutes

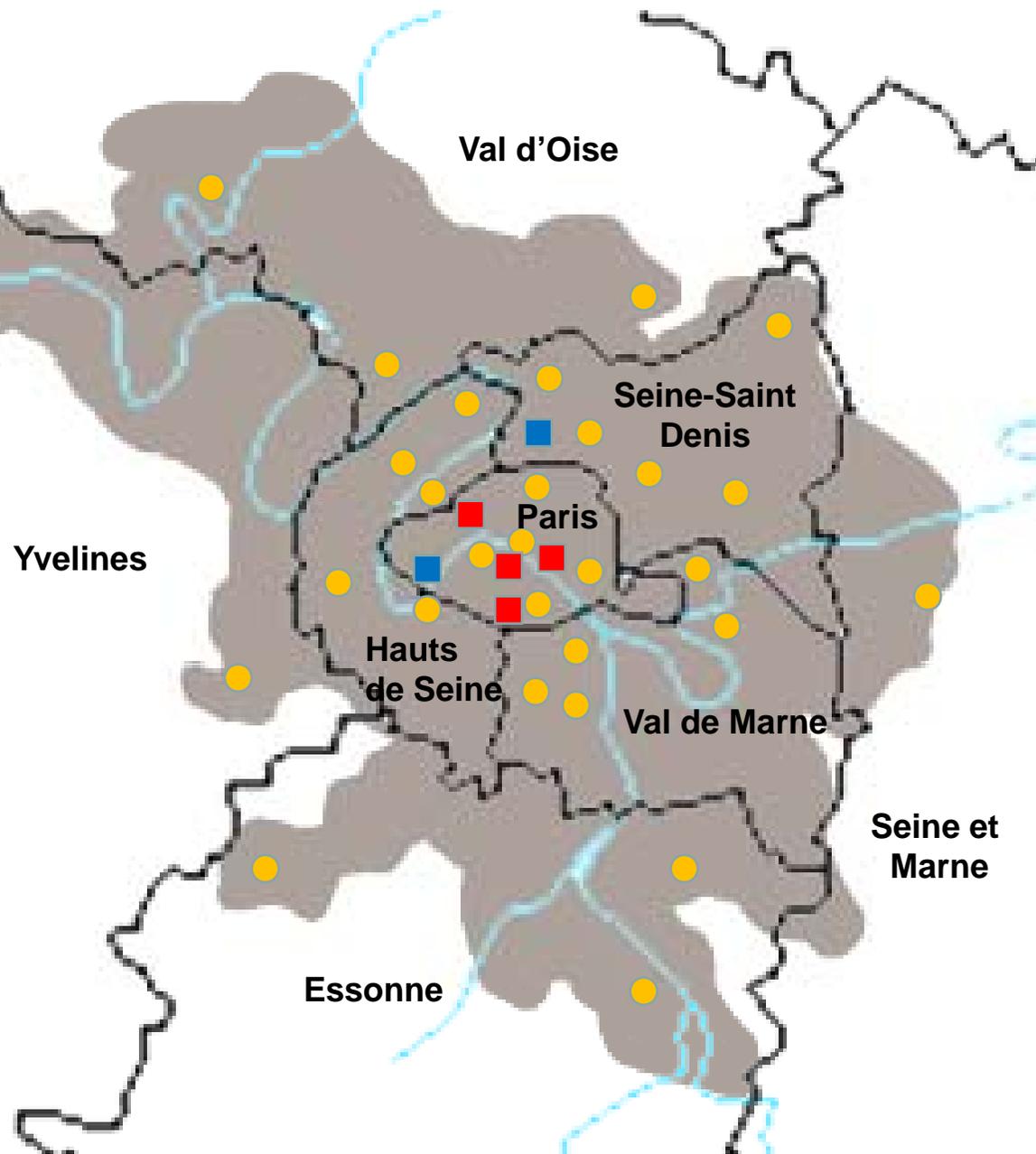
Carte simplifiée de l'agglomération parisienne

L'INSEE utilise le concept de « unité urbaine » pour désigner un ensemble bâti continu pour lequel les différents bâtiments sont toujours séparés de moins de 200 mètres : il s'agit du terme statistique qui s'approche le plus de ce qu'est une agglomération.

En 2002, l'agglomération parisienne regroupait 9,67 millions d'habitants, pour une densité moyenne d'environ 7000 hab/km². Le cœur dense de l'agglomération, incluant Paris et les communes situées à moins de 5 kilomètres de Paris, compte une densité supérieure à 20 000 hab/km².

L'agglomération ne constitue aucune entité administrative propre, mais une partie de la Région Île-de-France (plus de 90% de sa population) répartie en 8 départements de population inégale et plus de 300 communes. Cette organisation politique complexe est notamment marquée par une forte disparité administrative entre la Ville de Paris et l'ensemble de la banlieue parisienne.

Le réseau de surveillance Airparif compte actuellement 46 stations de surveillance en continu de la qualité de l'air. Chacune d'elles mesure un ensemble particulier de polluants atmosphériques. Dans le cadre de la présente étude, le réseau de surveillance a été utilisé à l'exclusion des stations régionales extérieures à l'agglomération.



I - BILAN DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Etablir un bilan de la qualité de l'air soulève la question de la méthode d'évaluation des différentes émissions de polluants. Il doit permettre de rendre compte de la situation de fond globale, c'est-à-dire du niveau moyen de pollution mesurable, ainsi que de la situation en tout point de l'agglomération.

A partir des données fournies par le réseau de surveillance d'Airparif, il a été possible d'établir les niveaux de fond de la pollution pour le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃), la matière particulaire (PM₁₀), les Composés Organiques Volatiles (COV), certains métaux lourds et les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

Ces niveaux de fond sont à regarder à travers les lignes directrices édictées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) qui définissent la notion de pollution atmosphérique. A partir de cet éclairage, il convient alors de s'interroger sur la signification de ces niveaux.

Pour ce faire, il peut être intéressant d'envisager les points suivants :

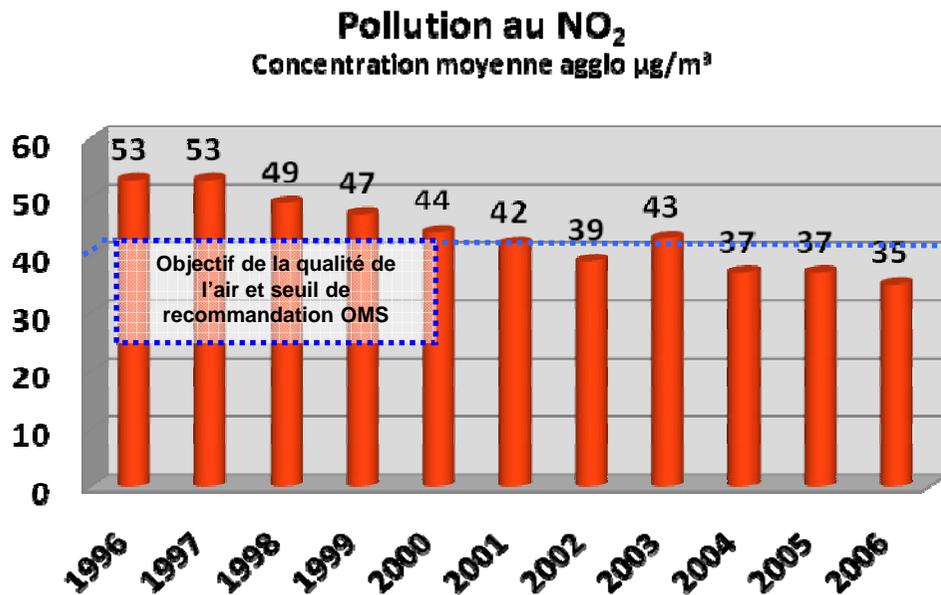
- Le réseau de capteurs est-il suffisamment efficient pour que le niveau de fond tienne compte des situations locales ?
- Les niveaux de fond sont-ils représentatifs des niveaux de la pollution trafic, par exemple des artères urbaines commerçantes du cœur de l'agglomération ?
- L'emploi d'un polluant « emblématique » montre-t-il le comportement des autres polluants et le phénomène de cumul susceptible de décupler leurs propriétés toxiques respectives ?
- En comparaison avec les autres agglomérations européennes, comment se situe la qualité de l'air de l'agglomération parisienne ?

Il est important de signaler que les différents phénomènes de la pollution atmosphérique sont influencés par les conditions météorologiques. Celles-ci peuvent transformer une situation de pollution chronique avec des niveaux de fond moyens en épisodes de pollution caractérisés par des niveaux de pollution élevés, avec des conséquences immédiates sur la santé et sur les écosystèmes. Ces épisodes peuvent ou non faire l'objet de procédures d'information, comme nous allons le montrer par la suite.

I.1 Pollution de fond

Dioxyde d'azote (NO₂)

Le NO₂ est un indicateur essentiel de la pollution urbaine. Sa présence est à la fois due à des émissions directes (NO₂ primaire) et à des réactions chimiques dans l'atmosphère impliquant d'autres polluants, principalement le monoxyde d'azote (NO) et l'ozone. Le NO₂ est de fait le polluant le mieux surveillé dans l'agglomération parisienne, qui dispose d'un nombre important d'analyseurs. En situation de fond, le NO₂ a décliné de 34% depuis 1996. **Pour autant, les niveaux enregistrés demeurent stables et encore supérieures aux recommandations de l'OMS (40 µg/m³) dans les secteurs sous influence automobile, notamment l'ensemble du cœur dense de l'agglomération.** La concentration moyenne y atteint 41 µg/m³. L'agglomération parisienne compte parmi les agglomérations les plus exposées à la pollution au NO₂.



« L'objectif de la qualité de l'air n'est pas respecté dans Paris et une partie de la petite Couronne, où près de 3 millions de Franciliens auraient été exposés toute l'année à un air de qualité non satisfaisant en 2004. »

Atmosphère Capitale, Airparif 2006

Toxicité du NO₂

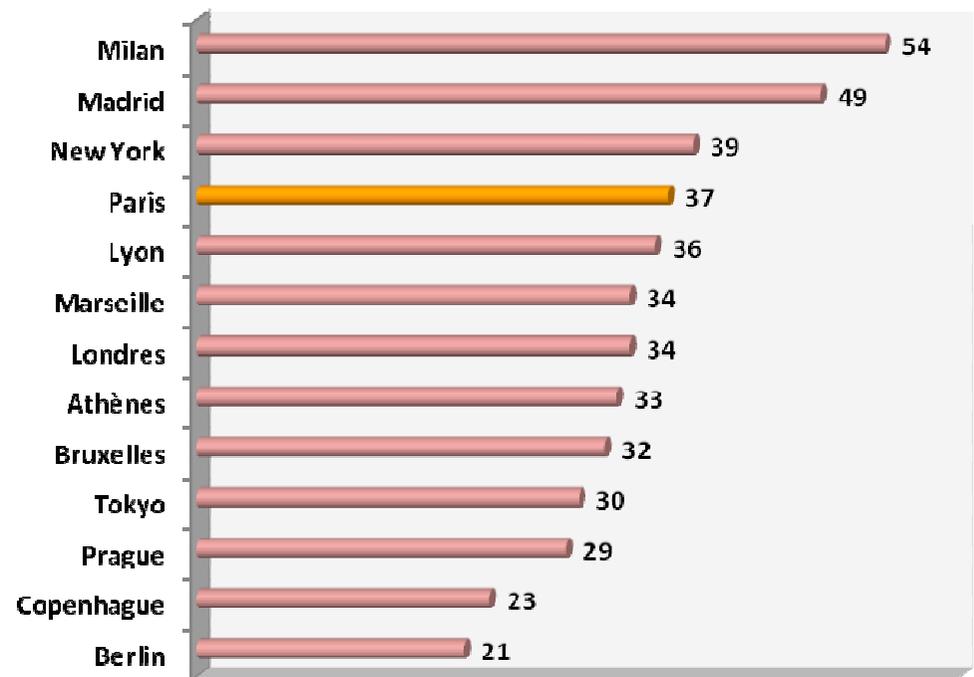
Le NO₂ est un oxydant puissant capable de pénétrer jusque dans les voies respiratoires les plus fines, causant des lésions inflammatoires au niveau des parois pulmonaires.

« Un certain nombre d'études épidémiologiques ont aussi permis d'évaluer les effets à court terme de la pollution par le dioxyde d'azote sur la santé. L'augmentation des niveaux de NO₂ est corrélée à une augmentation de la mortalité et des hospitalisations pour pathologies respiratoires. »

Programme national de surveillance des effets sur la santé de la pollution de l'air dans 9 villes françaises, INVS 2006

Pollution au NO₂ en agglomération

Concentration moyenne 2005 (µg/m₃)



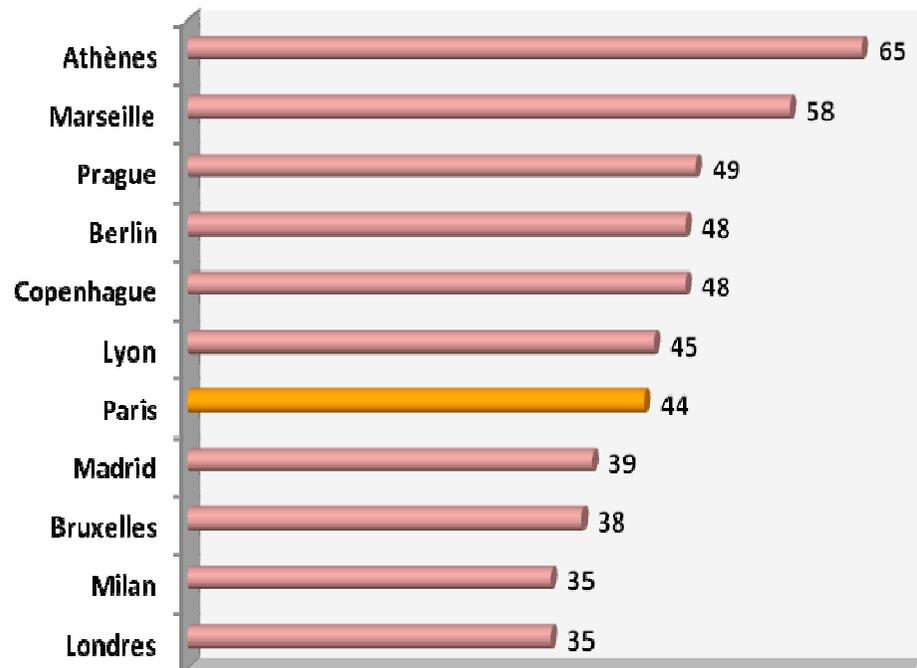
Données consolidées à partir de l'étude Air pollution at street level in european cities, EEA mars 2006 et base Airview.

Ozone (O₃)

L'ozone est un polluant secondaire formé par la réaction de plusieurs gaz sous l'effet des rayonnements ultraviolets. Ses concentrations sont ainsi directement liées à l'intensité lumineuse et aux quantités de polluants urbains tels le NO₂ et les composés organiques volatils (COV). L'ozone est en revanche rapidement dégradé par les fortes concentrations de NO à mesure que l'on se rapproche des émissions urbaines. Ainsi les niveaux d'O₃ les plus élevés s'observent sur le pourtour de l'agglomération, essentiellement en été.

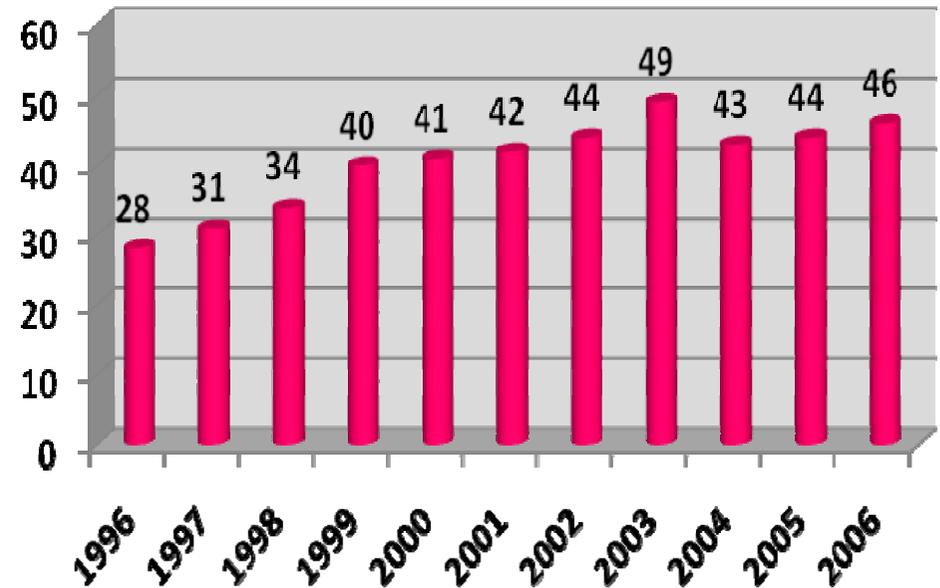
Paris a enregistré une hausse de 64% des niveaux moyens d'ozone depuis 1996, de façon comparable à la plupart des grandes métropoles. Les pics de pollution à l'ozone sont récurrents et pénètrent de plus en plus le cœur dense de l'agglomération (cf chapitres I.3 & III.2).

Pollution au O₃ en agglomération
Concentration moyenne 2005 µg/m³



Données consolidées à partir de l'étude *Air pollution at street level in european cities* EEA mars 2006 et base *Airview*.

Pollution au O₃
Concentration moyenne aggro µg/m³



Toxicité de l'ozone

« La toxicité de l'ozone s'établit dans des conditions telles que plus les concentrations sont hautes, la durée d'exposition longue et le niveau d'activité physique haut pendant la durée d'exposition plus importants seront les effets. Les effets aigus à court terme sont des symptômes respiratoires, des changements dans les fonctions pulmonaires, des inflammations et des essoufflements. L'exposition à l'ozone a part ailleurs été rapportée comme étant associée à une augmentation des admissions hospitalières pour des problèmes respiratoires et une exacerbation de l'asthme. »

Air quality guidelines for Europe 2d édition OMS 2000

Particules fines (Particulate Matter PM)

Les particules constituent l'ensemble des matériaux solides et/ou liquides présents dans l'atmosphère. Bien qu'une partie importante soit présente naturellement dans l'air, les particules fines (PM10 : inférieures à 10 µm) sont davantage associées aux émissions anthropogéniques et concentrent en elles-mêmes de nombreux composés toxiques. Les particules ultra-fines (PM2,5 et PM1 : respectivement inférieures à 2,5 et 1 µm) sont considérées comme les plus dangereuses.

Actuellement, seule la fraction PM10 est réglementée au niveau européen. Bien que l'objectif de qualité fixé à 30µg/m³ semble respecté sur l'agglomération, les concentrations moyennes dépassent les recommandations de l'OMS. **De plus, des minorations de 30 à 100% ont été mises en évidence sur les appareils(*) de mesure pendant les pics de pollution, ils seront réadaptés à partir de 2007.** Enfin, les importantes disparités des techniques de surveillance entre les agglomérations ne permettent pas à l'heure actuelle d'établir un comparatif pertinent de la pollution particulaire au niveau européen ou mondial.

Toxicité des particules fines

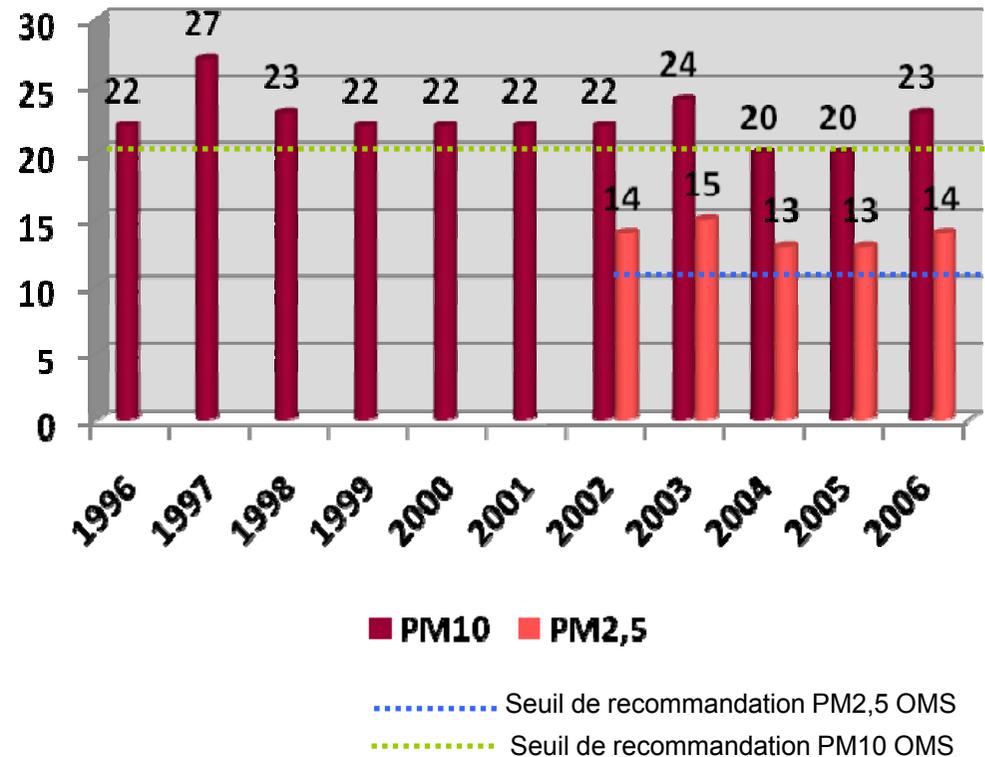
« Il apparaît de manière consensuelle qu'une exposition de long terme à de faibles concentrations de matière particulaire est associée à des effets sur la mortalité et sur des infections pulmonaires chroniques comme une augmentation des bronchites et une réduction des fonctions pulmonaires (...).

Une augmentation de 10 µg/m³ des PM10 ou PM2,5 entraîne une relative augmentation de la mortalité journalière, des admissions hospitalières pour des difficultés respiratoires(...). Les particules ultra-fines (UF), c'est-à-dire les particules dont le diamètre est inférieur à 0,1 µm, ont récemment fait l'objet d'une attention scientifique et médicale considérable. »

Air quality guidelines for Europe 2nd edition 2000 & 2005 update OMS

Pollution particulaire

Concentration moyenne aggro µg/m³



(*)Sous évaluation des concentrations de particules en France

« Compte tenu de la méthode d'estimation des concentrations PM10 choisie par la France, il n'est pas possible de disposer rétrospectivement de coefficients de correction mesurés. L'utilisation rétrospective d'un coefficient constant par exemple 1,3 est facile mais profondément erronée (...). Pour certaines concentrations élevées, les rapports peuvent atteindre 1,5 à 2. »

Communiqué du MEDD 7 décembre 2006

Les Composés Organiques Volatils (COV)

Les COV constituent une famille de plusieurs centaines de molécules, dont certaines hautement toxiques. La réglementation actuelle ne vise que l'un d'entre eux, le benzène, considéré comme indicateur de l'ensemble de la pollution aux COV. Une baisse historique des concentrations de ce polluant a été enregistrée entre 1997 et 2000, suite à sa limitation dans les carburants. Les concentrations de COV sont extrêmement variables dans le temps et dans l'espace. Compte tenu du comportement de ces polluants et de l'efficacité de la surveillance, l'appréciation des niveaux de pollution aux COV passe par des analyses localisées. De plus, sur onze stations, cinq composés organiques volatils sont actuellement surveillés dans l'agglomération. Le benzène, seul réglementé, est présent en faible quantité comparé aux autres COV comme le montre le graphique ci-contre.

Métaux lourds et polluant organiques persistants

Leurs effets toxiques sont principalement dus aux risques d'ingestion, mais aujourd'hui une réglementation européenne alerte sur les risques encourus par inhalation d'un certain nombre de ces substances. **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 qui devait entrer en vigueur avant le 15 février 2007 n'a toujours pas été transcrite dans la législation française.** A ce jour, seuls le Grand Duché du Luxembourg et le Royaume-Uni s'y sont conformés.

La directive fixe des valeurs cibles à ne pas dépasser pour ces polluants. « Valeur cible » signifie une concentration dans l'air ambiant fixée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs pour la santé des personnes et l'environnement dans son ensemble qu'il convient d'atteindre, si possible, dans un délai donné.

Toxicité des COV

« Le benzène est un agent génotoxique cancérigène et il n'existe pas de seuil identifiable en-dessous duquel il ne présente pas de risques pour la santé humaine. »

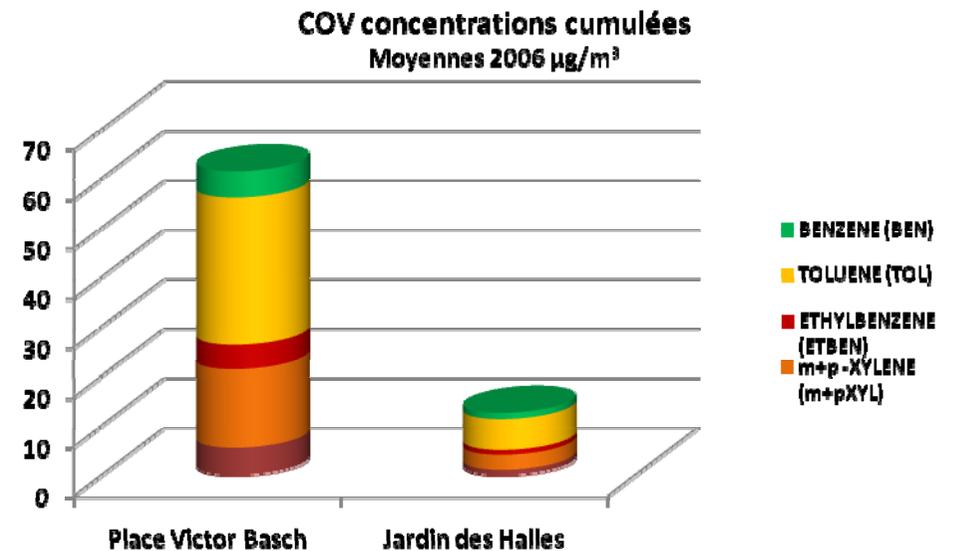
Directive européenne 2000/69/CE

« Une exposition répétée au benzène peut provoquer des infections osseuses sous la forme de leucémies, des anémies et/ou des thrombocytopenies, menant à des pancytopenies et des anémies aplastiques »

Air quality guidelines for Europe OMS 2000

« L'exposition prolongée à certains COV peut provoquer des cancers. »

Air Pollution and Health Risk EPA 2006



La station du jardin de Halles représente le niveau de fond de la ville de Paris
La station « trafic » de la Place Victor Basch (Métro Alésia) est implantée sur la voirie

L'arsenic, le cadmium, le nickel et le mercure

Les concentrations de ces composés mesurées en 2006 sur la station du Jardin des Halles sont très inférieures aux valeurs cibles fixées par la directive européenne de décembre 2004. Ils ne sont plus mesurés que sur cette unique station par période d'une semaine, la mesure à proximité du trafic (place Victor Basch - Alesia) ayant été arrêtée en 2006. Il est à noter que la directive conseille un échantillonnage sur 24h pour les métaux lourds. Aucune surveillance n'a été effectuée à proximité des sources d'émissions des métaux lourds, notamment sur les stations proches des usines d'incinération.

Le Nickel n'est plus mesuré depuis le début de l'année 2004 : « Des difficultés analytiques liées à des problèmes de blancs des filtres utilisés pour le prélèvement ne permettent pas de fournir avec fiabilité des résultats sur le nickel. Une réflexion sur ce thème est en cours au niveau français. » Airparif, Février 2007.

De même, il n'existe pas de données disponibles à ce jour sur les concentrations de mercure dans l'air ambiant. En 2000, l'OMS a fixé des valeurs cibles pour la concentration du mercure dans l'air ambiant, et la directive européenne de 2004 exige qu'une information claire et accessible soit mise à disposition du public.

Métaux lourds

L'appellation *métaux lourds* est une appellation courante qui n'a ni fondement scientifique, ni application juridique. Sont regroupés sous cette appellation les éléments métalliques ou métalloïdes au caractère potentiellement toxique : mercure, plomb, cadmium, nickel, cuivre, chrome, l'arsenic, cobalt...

Toxicité des métaux lourds et HAP

« Les preuves scientifiques montrent que l'arsenic, le cadmium, le nickel et certains hydrocarbures aromatiques polycycliques sont des agents carcinogènes génotoxiques pour l'homme et qu'il n'existe pas de seuil identifiable au-dessous duquel ces substances ne présentent pas de risque pour la santé des personnes. Leurs effets sur la santé des personnes et l'environnement s'exercent à travers les concentrations dans l'air ambiant et à travers le dépôt. (...) »

« Le mercure est une substance très dangereuse pour la santé humaine et l'environnement. Il est présent partout dans l'environnement et, sous forme de méthylmercure, a la capacité de s'accumuler dans les organismes et, en particulier, de se concentrer dans les organismes au bout de la chaîne alimentaire. Le mercure libéré dans l'atmosphère peut se transporter sur de longues distances. »

Directive européenne n° 2004/107/CE décembre 2004

Station des Halles (Paris 1er) 2006				
	CADMIUM (Cd)	ARSENIC (As)	NICKEL (Ni)	MERCURE (Hg)
Moyenne annuelle	0,34 ng/m ³	0,66 ng/m ³	non disponible*	non disponible**
Valeur cible	5,00 ng/m ³	6,00 ng/m ³	20 ng/m ³	aucune

* Airparif ne réalise plus de mesure du Nickel depuis 2004

** Aucune surveillance du mercure n'est effectuée en France

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP sont une famille hétérogène de polluants organiques persistants (*). Les effets biologiques qu'ils provoquent soulèvent encore beaucoup d'inconnues et le cumul de ces polluants aux échelles locales entraîne des effets d'amplification du risque cancérigène. Un seul HAP est réglementé, le benzo(a)pyrène : un suivi continu de cette substance est établi comme représentatif de l'ensemble de la famille. Néanmoins, Airparif analyse la concentration dans l'air de treize HAP différents depuis 2000, sur cinq stations de mesure, en accord avec la directive de 2004. **L'objectif d'efficacité de mesure fixé, c'est à dire le nombre de prélèvements effectués chaque semaine, n'est respecté que depuis juin 2006.**

La concentration moyenne de benzo(a)pyrène dans l'agglomération parisienne est de 0,20 ng/m³ (celle-ci double à proximité du trafic), inférieure à la valeur cible définie par la directive à 1 ng/m³. **Mais ce seuil réglementaire est plus de 10 fois supérieur à la recommandation de l'OMS établie à 0,12 ng/m³, retenue pour un risque de 1:100 000 de développer un cancer.** Ce niveau de risque a été retenu pour toutes les autres substances cancérigènes réglementées par les directives européennes. Il est précisé dans la directive 2004 : « *Eû égard au rapport coût-efficacité, il n'est pas possible d'atteindre dans certains secteurs spécifiques des concentrations (...) des HAP dans l'air ambiant qui ne représentent pas un risque significatif pour la santé des personnes.* »

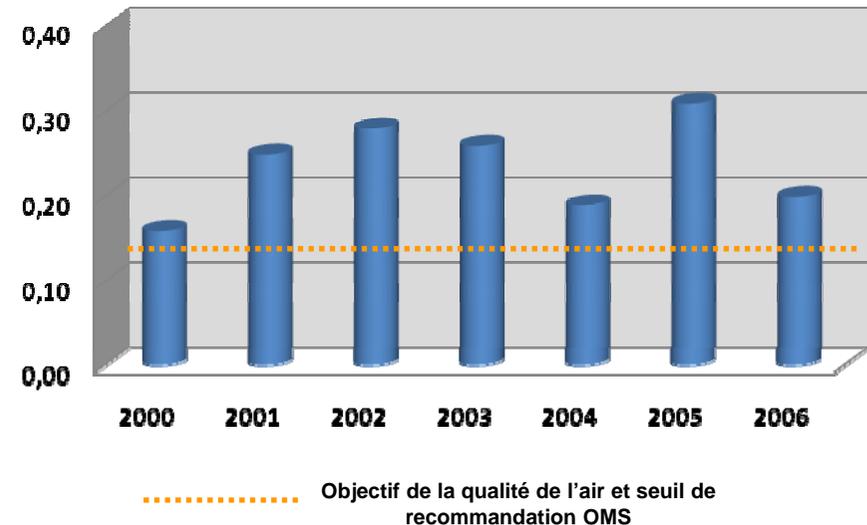
Les autres POP

La concentration dans l'air ambiant des autres POP (Dioxines, Furannes, Polychlorobiphényles (PCB) et Hexachlorocyclohexane (HCH)) issus des activités humaines ou industrielles n'est pas réglementée. L'OMS indique quelques valeurs guides, mais précise que le risque principale réside dans l'ingestion et non dans l'inhalation. Leur principale source d'émissions dans l'agglomération sont les usines d'incinération. Une étude d'Airparif a été menée en 2004 sur les dioxines et les furannes. Les concentrations moyennes de ces polluants dans l'air ambiant semblent être comparables à celles mesurées dans les autres agglomérations européennes.

(*) Définition des POP

Les polluants organiques persistants (POP) sont des substances chimiques qui persistent dans l'environnement, s'accumulent dans les tissus des organismes vivants à travers la chaîne alimentaire, et présentent le risque d'entraîner des effets graves pour la santé humaine et l'environnement. En tenant compte des preuves existantes sur le transport à longue distance de ces substances aux régions où elles n'ont jamais été utilisées ou produites, la communauté internationale a maintenant, à plusieurs occasions, réclamé des actions mondiales urgentes visant à réduire et éliminer les rejets de ces substances toxiques.

Pollution au Benzo(a)pyrène
Concentration moyenne aggro µg/m³



I.2 SITUATION DE PROXIMITÉ

Sous-évaluation des niveaux de fond

Dix campagnes de mesures intensives, représentant 800 prélèvements de NO₂, benzène et PM10, ont été effectués par Airparif entre 2000 et 2006 dans différents sites de fond de l'agglomération, à la demande des collectivités locales: 8 arrondissements de Paris, 5 communes de Petite Couronne et 2 communes de Grande Couronne.

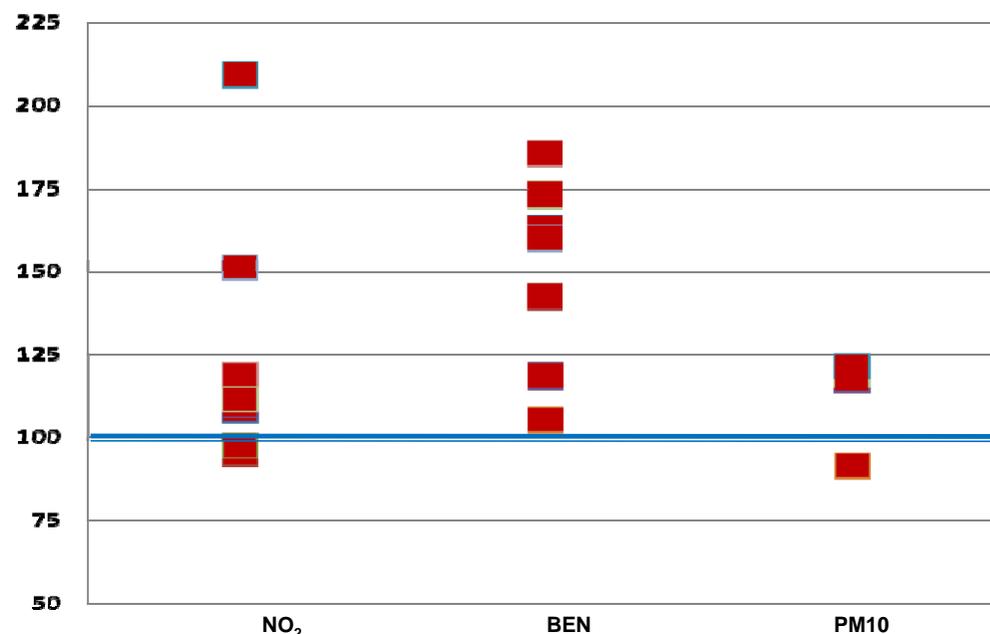
Une partie des points de prélèvement instrumentés permettent de renseigner les niveaux de pollution de fond: petites rues et voies piétonnes, cités, parcs et jardins, cours d'écoles et d'hôpitaux, tous éloignés de plus de 50 mètres de tout émetteur ou zone de trafic régulier.

En comparant simultanément, les moyennes relevées à chacune des séries de prélèvement aux niveaux annoncés par les stations locales du réseau permanent d'Airparif, **on constate une sous-évaluation de la pollution de fond, significative concernant le NO₂ et le benzène.**

Les relevés de benzène sont ainsi systématiquement supérieurs de 105% à 163% à ceux du réseau permanent. De tels résultats suggèrent que les moyennes de concentration annuelle de benzène, issues du réseau permanent d'Airparif, devraient être réévaluées pour informer sur la pollution de fond sur l'ensemble de l'agglomération. Établi à 1,4 µg/m³ par le réseau permanent d'Airparif en 2006, le niveau réel de benzène peut être ré-évalué entre 1,5 et 2,3 µg/m³.

Compte-tenu des importantes incertitudes associées aux mesures de benzène effectuées par le dispositif Airparif, **il n'est donc pas du tout certain que l'objectif de qualité établi à 2 µg/m³ de benzène dans l'air ambiant soit respecté en 2006.**

**Niveaux de fond urbain
base 100 du réseau permanent Airparif**



Pollution dans le métro et RER

« Les concentrations (en PM10) en souterrain sont toujours très supérieures à celles mesurées à l'extérieur. Les concentrations horaires sont habituellement comprises entre 100 et 300 µg/m³ mais peuvent atteindre sur des durées horaires, pour la RATP, plus de six fois les concentrations maximales horaires observées dans l'air ambiant francilien sur les stations de mesures les plus exposées et plus de deux fois ces valeurs, pour la SNCF (...).

Les données concernant le benzo(a)pyrène sont comparables à celles observées sur un site de proximité au trafic comme la station d'Auteuil située en bordure du périphérique parisien. »

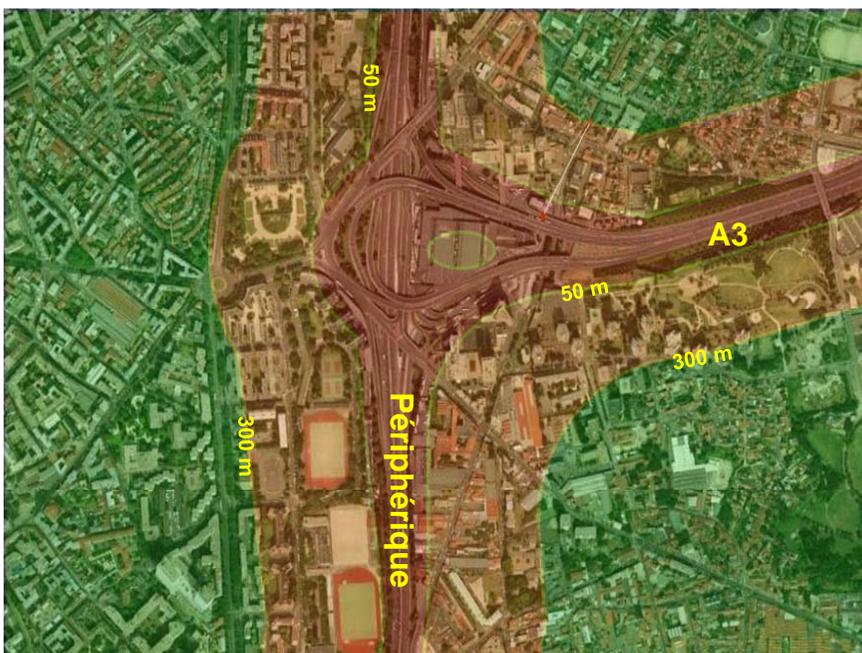
**Qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines d'Île-de-France
– Juillet 2003 – Dossier de presse - Direction Générale de la Santé**

Niveaux de fond aux abords des autoroutes urbaines

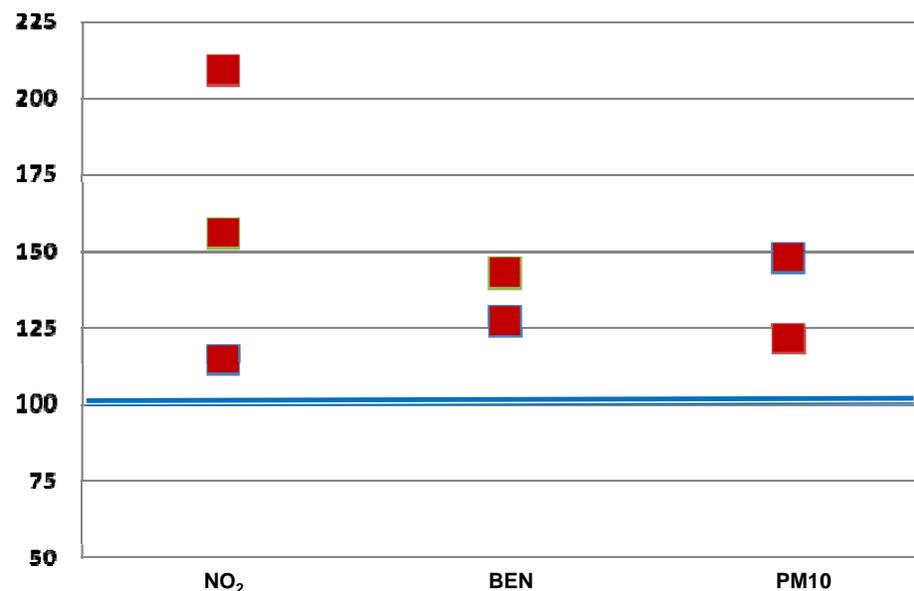
Plusieurs autoroutes traversent les zones denses de la Petite Couronne et convergent vers le boulevard Périphérique, axe de trafic le plus intense d'Île-de-France.

Même si les abords immédiats des autoroutes urbaines sont généralement constitués de bandes végétales inaccessibles, les zones situées entre 50 et 300 mètres sont particulièrement fréquentées : logements, centres commerciaux, espaces verts et équipements sportifs.

Lors de trois campagnes de mesures intensives menées en 2003, 2005 et 2006, des mesures de fond ont été effectuées entre 50 et 300 mètres des autoroutes A3, A4 et du boulevard Périphérique. **Les résultats indiquent des niveaux de NO₂, benzène et PM10 significativement supérieurs à ceux relevés simultanément par les stations permanentes d'Airparif dans les localités considérées, jusqu'à 210%, 145% et 150% respectivement.** Ces niveaux de polluants représentent un danger sanitaire certain pour les riverains présents dans ces zones, mais ils ne bénéficient pas d'une information appropriée sur l'état réel de la pollution.



Niveaux de fond des secteurs "autoroutes urbaines" base 100 du réseau permanent Airparif



Écarts entre le réseau de surveillance automatique et les campagnes de surveillance intensive.

Les points représentent les moyennes des concentrations mesurées lors de chacune des campagnes : Porte de Bagnolet (NO₂, BEN et PM10), Charenton (NO₂ et PM10) et Pantin (NO₂ et BEN)

Les résultats sont indiqués en pourcentage : l'indice 100 représente la moyenne des concentrations mesurées par les stations permanentes, pour chaque période considérée. (voir calcul en annexe).

Porte de Bagnolet

Les mesures ponctuelles effectuées en situation de fond, entre 50 mètres et 300 mètres des autoroutes, (en orange sur la carte) indiquent des niveaux de pollution bien supérieurs aux résultats donnés par toute station permanente de fond du réseau Airparif.

Cette zone comporte notamment un hypermarché et une gare routière situés au cœur de l'échangeur autoroutier, des secteurs d'habitat denses et plusieurs grands équipements sportifs. La zone considérée à « proximité du trafic », à moins de 50 mètres des autoroutes, est indiquée en rouge.

Au contact des voies de circulation urbaine

Lors des 4 campagnes de mesures intensives menées à Paris, des niveaux très élevés ont été mesurés dans les zones à très forte fréquentation aussi bien piétonne qu'automobile: boulevards, avenues, grandes places et parvis.

En moyenne, les prélèvements de NO₂, benzène et PM10, sont significativement supérieurs aux niveaux relevés par les stations de fond permanentes parisiennes: respectivement jusqu'à 300%, 310% et 175%.

En référence à ces situations de proximité du trafic automobile, Airparif a instrumenté dans Paris quatre stations permanentes dites « de trafic » situées directement sur la voirie : place Victor Basch (Alésia), rue Bonaparte, sur l'avenue des Champs Elysées et quai des Célestins.

La Place Victor Basch a la particularité de correspondre à une artère de trafic intense (plus de 65000 véhicules par jour sur l'avenue Leclerc), une zone d'habitat dense ainsi qu'une forte fréquentation piétonne (activités commerciales) tout à fait caractéristiques du tissu urbain de Paris et de sa proche banlieue.

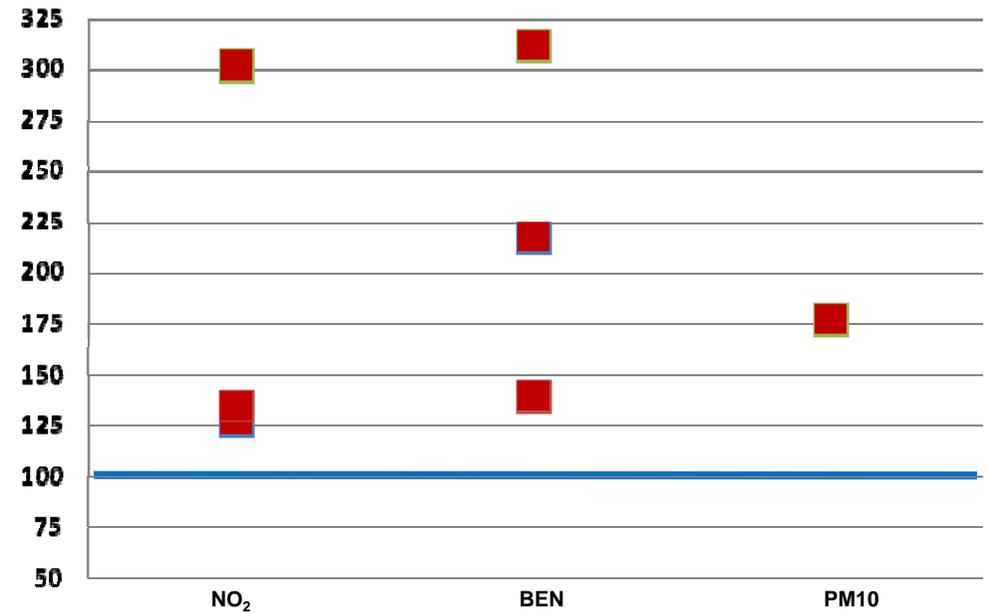
Les niveaux enregistrés tout au long de l'année sur la station de surveillance de place Victor Basch sont en moyenne environ deux fois supérieurs aux niveaux mesurés simultanément dans les stations parisiennes de fond, pour l'ensemble des polluants associés aux émissions automobiles : oxydes d'azote, monoxyde de carbone, composés organiques volatils, particules fines...

Étude de pollution de proximité

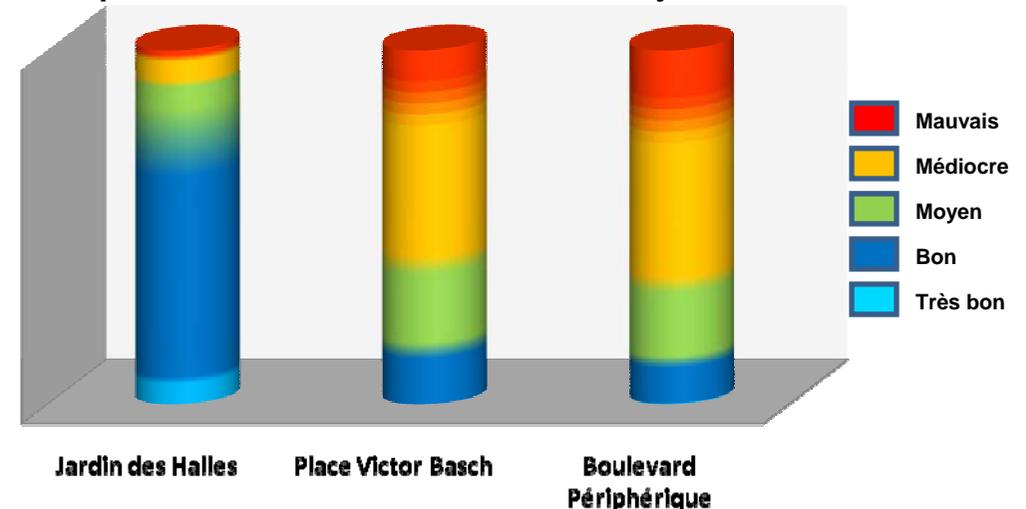
Une étude menée en juillet 2001 dans le 14^{ème} arrondissement (S. Vardoulakis & al, 2004) a mis en évidence que les niveaux de pollution les plus importants se situent sur la voirie : des niveaux moyens de 10 µg/m³ de benzène sont mesurés en-dessous de 1,50 m, soit près de six fois la valeur mesurée par les stations de mesures de fond et le double des relevés du Périphérique. Jusque sur les balcons situés à plus de 30 m de hauteur le long de la rue, les concentrations de polluants automobiles surpassent de plus de près de deux fois les niveaux utilisés par Airparif pour décrire la pollution urbaine.

Niveaux de proximité des axes de circulation urbaine

base 100 du réseau permanent Airparif



Répartition annuelle des indices ATMO journaliers en 2006



La plupart des agglomérations tiennent de plus en plus compte de telles situations de proximité automobile pour surveiller la qualité de l'air, en référence à une réalité urbaine qui correspond finalement assez peu aux concentrations de fond mesurées dans des sites isolés, éloignés de toute zone de trafic, mais finalement peu représentatifs de l'exposition de la population.

A cet égard, l'agglomération de Paris accuse un retard certain vis-à-vis de la plupart des autres agglomérations. Rome et Barcelone, par exemple, ont décidé d'axer l'ensemble de leur système de surveillance sur les sites de proximité de trafic dans leurs centre-villes très fortement fréquentés. De nombreuses villes ont déployé davantage de stations de surveillance « trafic » que Paris, malgré une population considérablement plus petite. Lyon, par exemple, exploite 8 stations de surveillance « trafic » dans son réseau automatique.

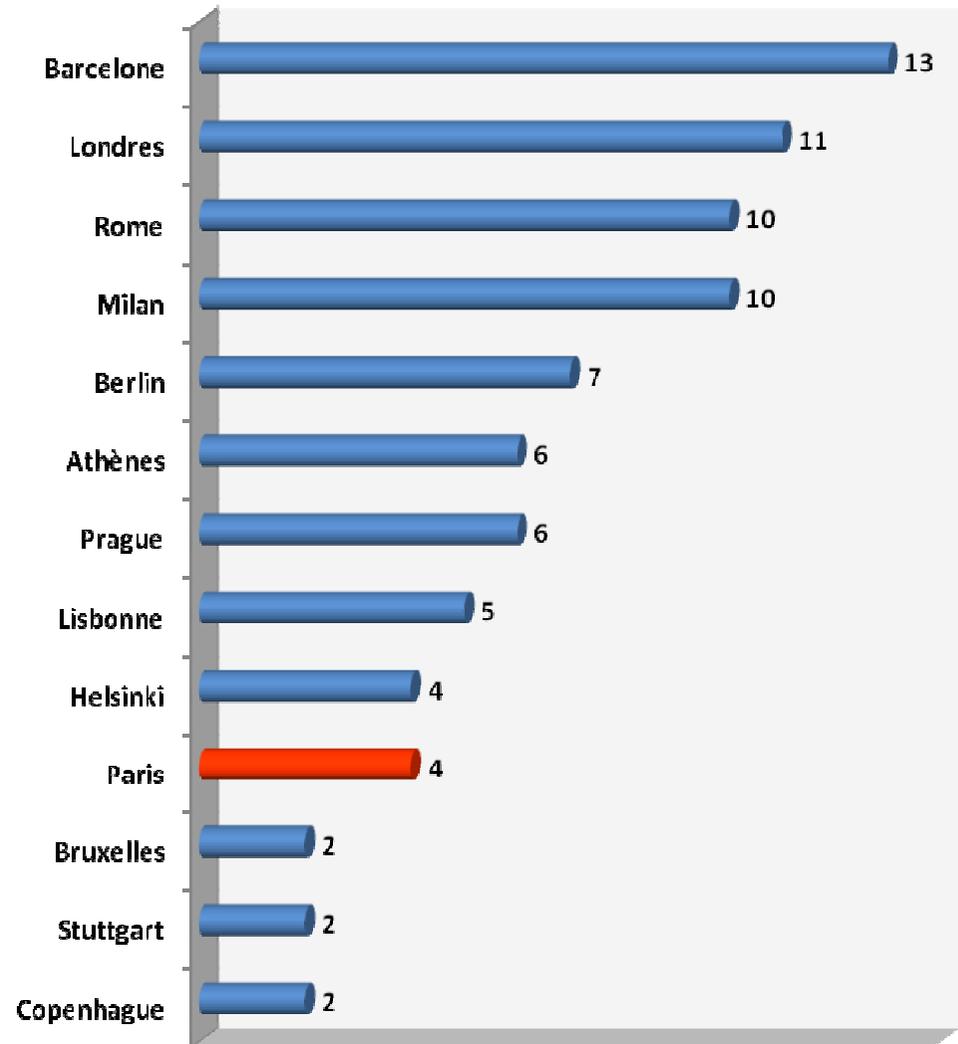
Surexposition des automobilistes sur les grands axes

Les grands axes de circulation (routes nationales, autoroutes) constituent des zones d'importante fréquentation et de niveaux élevés pour l'ensemble des polluants associés aux émissions routières.

L'autoroute A1 et le boulevard Périphérique, par exemple, sont empruntés chaque jour par respectivement plus de 200 000 et 300 000 véhicules, ce qui indique en première approximation l'importance de la population automobiliste exposée. Le réseau de stations permanentes d'Airparif comporte deux sites de mesure implantés sur chacun de ces grands axes. **En moyenne, les niveaux de pollution au NO₂, PM, benzène, CO et HAP y sont deux à trois fois supérieurs aux niveaux mesurés par les stations de fond.** Les recommandations de qualité de l'air sont très largement non respectées pour l'ensemble des polluants considérés.

Une campagne d'étude menée à Marseille en 2001 a mis en évidence des niveaux encore bien plus élevés rencontrés à l'intérieur des tunnels routiers (pollution 10 à 20 fois supérieure aux niveaux de fond, pour le benzène et le monoxyde de carbone).

Parcs de stations trafic hors autoroute



Données consolidées à partir de l'étude « *Air pollution at street level in european cities* » EEA mars 2006. Pour cette étude, l'EEA a sélectionné les stations trafic présentes dans les agglomérations en excluant celles présentes sur les axes autoroutiers.

I.3 ÉPISODES DE POLLUTION

Depuis le début 2006, l'agglomération parisienne a connu 9 journées de déclenchement de la procédure d'information du public dues à des épisodes de pollution. Compte tenu des règlements préfectoraux en vigueur en Île-de-France, d'autres épisodes de pollution n'ont pas fait l'objet de procédures d'information. En effet, ceux-ci ne prennent pas en compte les dépassements de seuils réglementaires localisés sur certains secteurs de l'agglomération, ni les phénomènes de cumuls de polluants, ni les pics de pollution aux particules.

Épisode NO₂-O₃ de juin 2006

L'été 2006 a connu 8 pics de pollution à l'ozone, essentiellement en juillet. Mais les concentrations moyennes d'ozone ont été particulièrement élevées dès le début du mois de juin. **Les journées du 11, 12, 13 et 18 juin, avec un indice ATMO 7 (« très médiocre »), ont enregistré des dépassements de 180 µg/m³ d'ozone, seuil de déclenchement de la procédure d'information. La procédure préfectorale requérant des dépassements simultanés sur plusieurs stations, celle-ci n'a été déclenchée que le 30 juin.** Par ailleurs, une augmentation importante des concentrations de NO₂ est survenue les 12 et 13 juin, localisée sur Paris et le département de Seine-Saint-Denis. Bien que les maxima de NO₂ n'aient pas dépassé la valeur de 200 µg/m³ (maximum enregistré à 180 µg/m³ dans le nord de Paris), il faut constater que cette zone du cœur dense de l'agglomération subissait simultanément une pollution élevée à l'ozone.

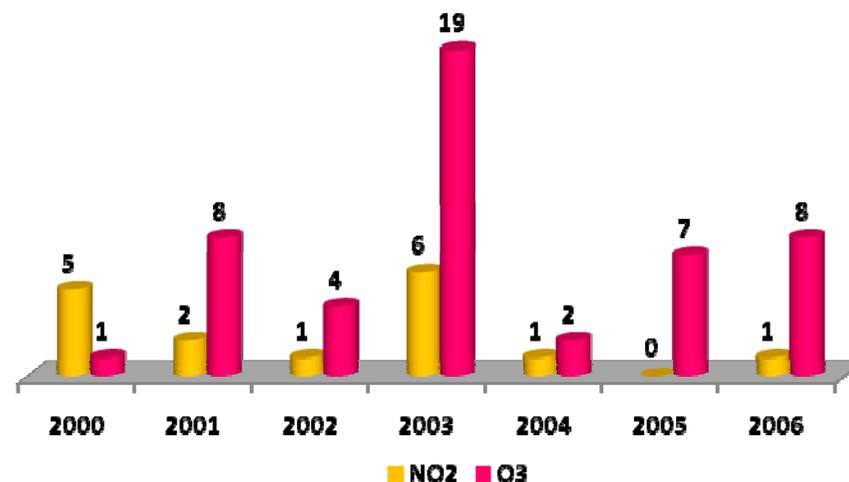
La problématique santé

« L'étude APHEA a ainsi estimé à 3% l'augmentation de la mortalité toutes causes hors accidents lorsque le maximum horaire d'ozone augmente de 50 µg/m³. Les enfants, les personnes âgées, les asthmatiques et les insuffisants respiratoires sont particulièrement sensibles à la pollution par l'ozone.(...) Plusieurs manifestations sont possibles : toux, inconfort thoracique, gêne douloureuse en cas d'inspiration profonde, mais aussi essoufflement, irritation nasale, oculaire et de la gorge. »

Impact sanitaire de la vague de chaleur en France survenue en août 2003, INVS 2003

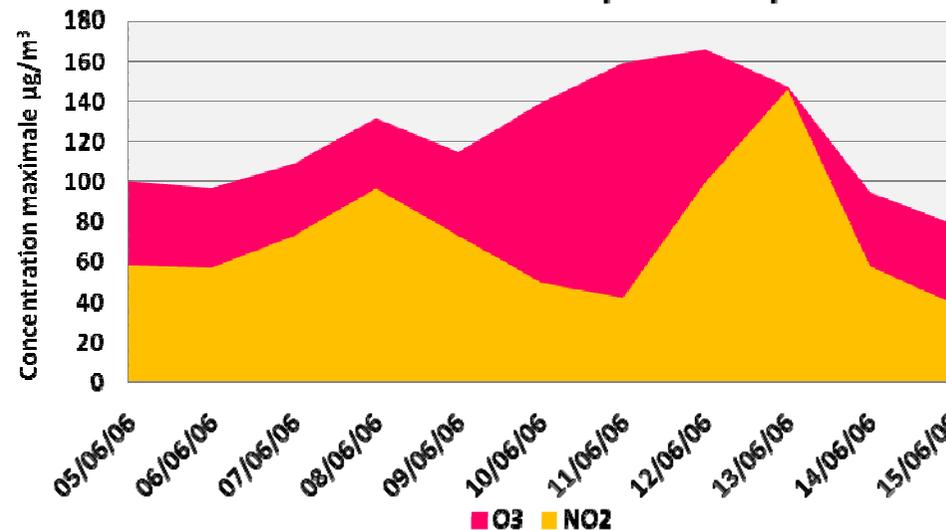
Procédures d'information aux pics de pollution

Nombre de jours de déclenchement



Depuis 2000, une seule procédure d'alerte a été déclenchée, le 8 août 2003, pendant un pic de pollution à l'ozone survenu pendant l'épisode caniculaire.

Evolution des maxima journaliers - juin 2006



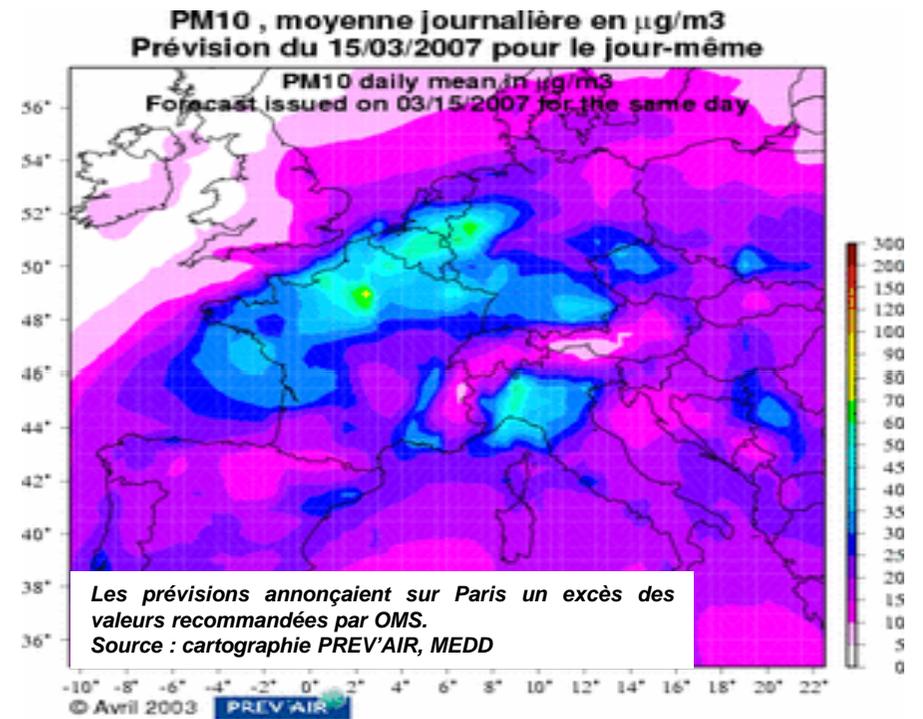
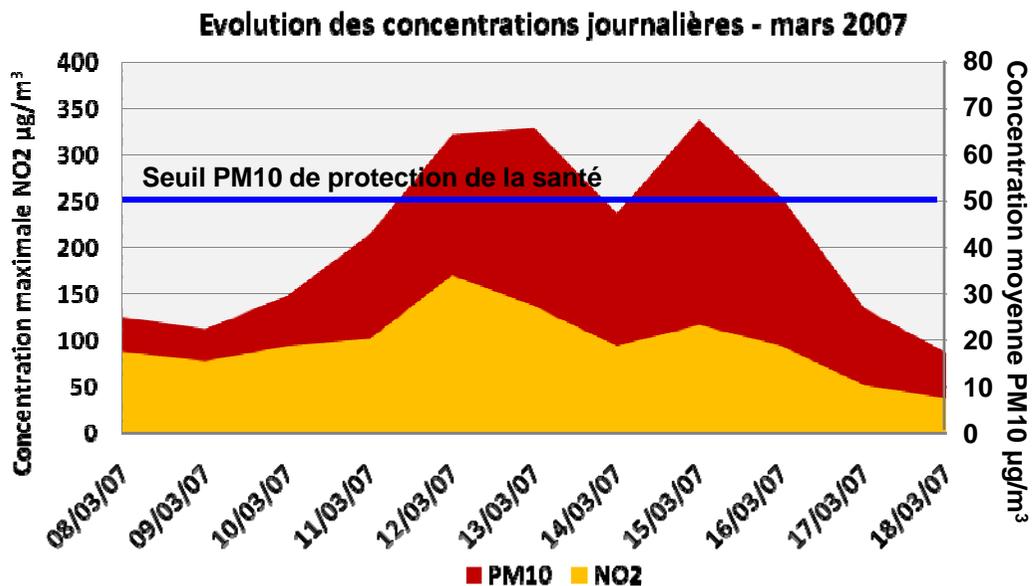
Moyenne des concentrations maximales mesurées par les stations des 1^{er}, 12^{ème}, 13^{ème}, 14^{ème} et 18^{ème} arrondissements de Paris, Saint-Denis, Aubervilliers et Bobigny.

Épisode PM10-NO₂ de mars 2007

Un avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France datant de 1996 recommande l'établissement de seuils d'information et d'alerte pour le PM10, respectivement à 80 µg/m³ et de 125 µg/m³ en moyenne sur 24 heures. Une directive européenne fixe depuis 1999 un seuil journalier de concentration moyenne à ne pas dépasser. **Malgré cela, l'agglomération n'est pas dotée d'obligation réglementaire concernant les pics de pollution aux particules, ni pour l'information du public, pas plus que pour la limitation de leurs émissions.**

Entre les 12 et 16 mars 2007, un phénomène anticyclonique touchant une partie de l'Europe du nord a provoqué un épisode de pollution particulaire. L'indice de qualité de l'air pour l'agglomération fut « médiocre » (indice ATMO 6) sur l'ensemble de l'agglomération, certaines zones du cœur dense ayant dépassé l'indice 7 pendant plusieurs jours consécutifs, notamment dans le nord de Paris. De plus, les concentrations de NO₂ ont connu un pic simultané le 12 mars, entraînant une information préventive du public limitée à cette journée.

En comparaison, la Belgique a mis en place pour la première fois une limitation de vitesse sur 492km d'autoroutes le 14 mars pour réduire les émissions de particules diesel.



II - BILAN DES ÉMISSIONS

L'inventaire quantitatif et qualitatif des principaux émetteurs constitue, conjointement à la surveillance de la qualité de l'air, le pré requis à toute politique de réduction de la pollution. Au niveau de l'agglomération parisienne, les inventaires des émissions ont été rassemblés au sein du « *Cadastre des Emissions* » réalisé à l'échelle régionale par Airparif et la DRIRE Île-de-France. Cette base de données comparative n'a pas été remise à jour depuis 2000, en infraction aux prescriptions de la Loi sur l'Air de 1996.

Enfin, la qualité même des inventaires produits par divers organismes est à remettre en cause en regard de la disparité des données et des méthodologies employées. Le Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), qui synthétise à l'échelon national l'essentiel des inventaires, reconnaît les nombreuses incertitudes quant aux données disponibles, concernant notamment les émissions de particules fines.

Face à ce constat, le bilan critique des principales sources d'émissions polluantes de l'agglomération soulève plusieurs questions :

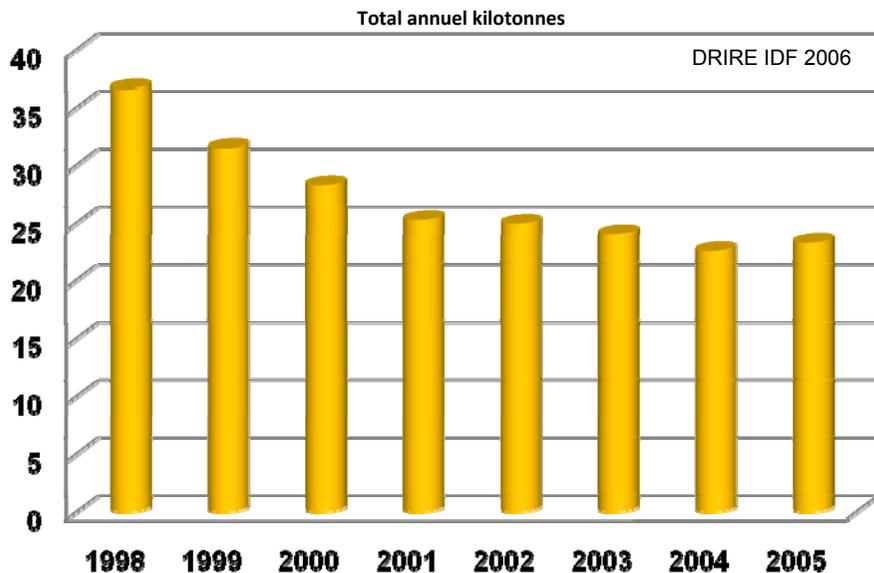
- Les inventaires utilisés omettent-ils des émissions importantes?
- Conduisent-ils à sous-évaluer l'importance de certains émetteurs, ou encore à en surévaluer d'autres ?
- Les programmes de réduction engagés depuis plusieurs années, notamment sur les émissions industrielles et automobiles, n'ont-ils eu que des effets positifs sur la qualité de l'air?

Au moyen des données de la surveillance de la qualité de l'air, et des derniers travaux scientifiques, le bilan critique apportera des compléments d'information quant aux inventaires disponibles. Il permettra également d'identifier les enjeux principaux de l'agglomération parisienne, caractérisée par l'importance de ses installations de combustion et l'intensité de son trafic routier et aérien.

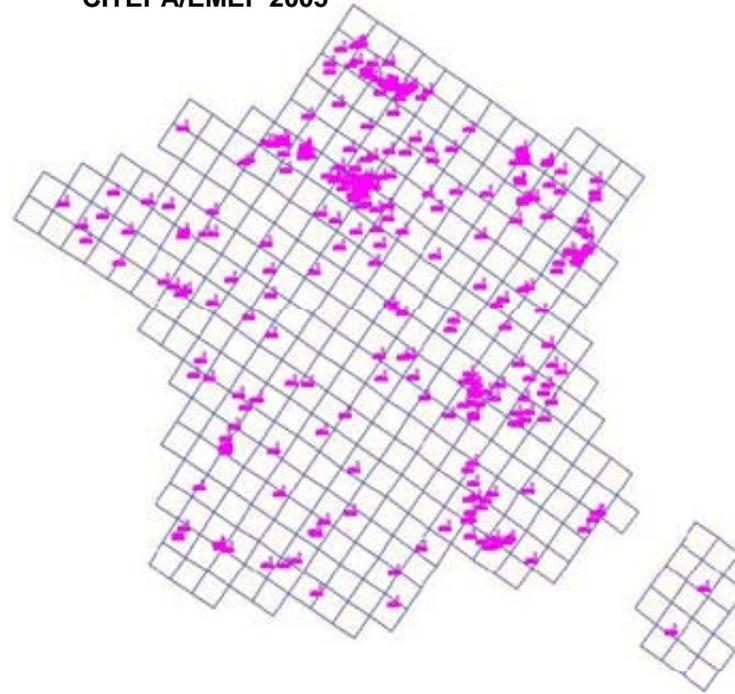
II.1 - GRANDS EMETTEURS INDUSTRIELS

En plus d'un parc industriel de près de 5000 installations classées, l'agglomération est équipée de plusieurs grandes installations de production d'énergie au cœur de sa zone la plus densément peuplée, contenant notamment une grande centrale thermique, plusieurs grandes usines d'incinération d'ordures ménagères et un important réseau de chaufferies urbaines. Plusieurs directives européennes ont imposé des réductions d'émissions concernant les Grandes Installations de Combustion (LCP 1998, NEC 2001) et les usines d'incinération (2000) et provoqué la baisse des concentrations d'oxydes de soufre et d'azote mesurées dans l'agglomération. Ces réductions ont toutefois mis en évidence des effets contradictoires : la réduction des teneurs en soufre des combustibles induit une augmentation significative de la production de gaz à effet de serre ; **le traitement des fumées des usines d'incinération parisiennes pour réduire les oxydes d'azote implique l'utilisation massive d'ammoniac, susceptible de contribuer à la formation de particules fines.**

Émissions industrielles de NOx en Île-de-France



Grandes Sources Ponctuelles en France
CITEPA/EMEP 2005



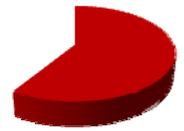
Les inventaires des émissions de particules sont peu informatifs en l'état : les méthodologies employées impliquent une incertitude totale de plus de 60% concernant les émissions de PM2,5. Plusieurs analyses de particules effectuées à New York et Baltimore suggèrent que la contribution des centrales et des usines d'incinérations à la formation de particules ultra-fines (sulfates et nitrates) devraient être ré-évaluées.

Part des installations de production d'énergie dans les émissions totales de métaux lourds et de POPs

(moyenne pour les départements 75, 92, 93 et 94, CITEPA, 2000)

Les émissions sont principalement dues aux usines d'incinération. Ces derniers ont vu leurs émissions de nickel et d'arsenic augmenter de 18% et celles du cadmium et mercure de 34% entre 2004 et 2005.

Arsenic



Nickel



Cadmium



Mercure



Dioxines et furannes



PCB



Impact des Grandes Installations de Combustion sur la pollution aux PM2,5

Les concentrations moyennes journalières de PM2,5 ont été rapportées selon la provenance du vent, pour la période complète 2003-2006, pour trois stations automatiques du réseau Airparif.

Les roses de pollution permettent de visualiser le niveau moyen journalier observé sur le site en fonction de la provenance des vents. Plus le niveau est élevé, plus le site en question est influencé par les sources d'émissions se trouvant au vent de celui-ci pour le secteur de vents considéré.

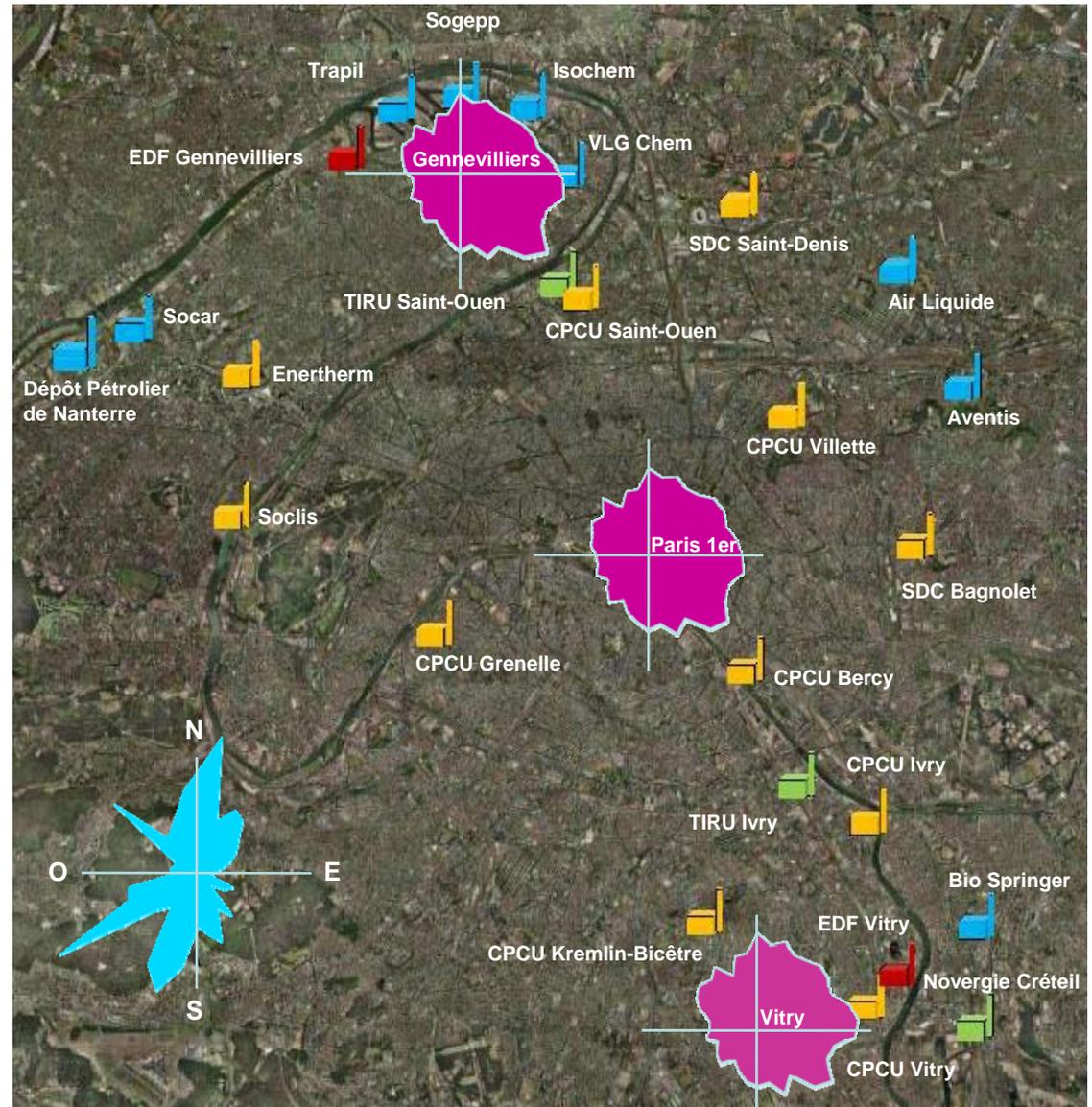
Cela permet notamment d'identifier et d'évaluer l'impact de différentes sources d'émissions locales importantes sur les niveaux relevés au site.

Les directions de vent prises en compte proviennent de la station Météo-France de Montsouris (Paris 14^{ème}), station représentative des conditions météorologiques globales de l'agglomération parisienne.

L'hétérogénéité des niveaux de pollution est importante selon les secteurs de vent pour chacun des sites observés. Ceci indique l'importance des sources de pollution localisées, et relativise par conséquent la contribution des sources diffuses (chauffage des bâtiments) très nombreuses autour des stations. Les profils des roses de pollution sont relativement constants entre les périodes hivernales et estivales.

Gennevilliers - Les émissions routières ne semblent pas constituer le contributeur principal : les niveaux sont moyens sous le vent de l'autoroute A86 située à moins d'un kilomètre. En revanche, les niveaux sont significativement élevés sous le vent des grandes installations de Saint-Ouen situées à 3 kilomètres.

Vitry - Les émissions de l'autoroute A86 impactent sur les niveaux observés, mais là encore des niveaux significativement élevés sont observés pour les vents nord à est, qui placent la station sous le vent de l'usine d'incinération d'Ivry et les centrales thermiques de Vitry.



**Grandes sources ponctuelles du cœur dense de l'agglomération
Roses de pollution aux PM2,5 mesurées à Gennevilliers, Paris 1^{er} et Vitry du
01/01/2003 au 31/12/2006 par secteur de vent**

La rose bleue indique les secteurs de vents majoritaires sur l'agglomération.

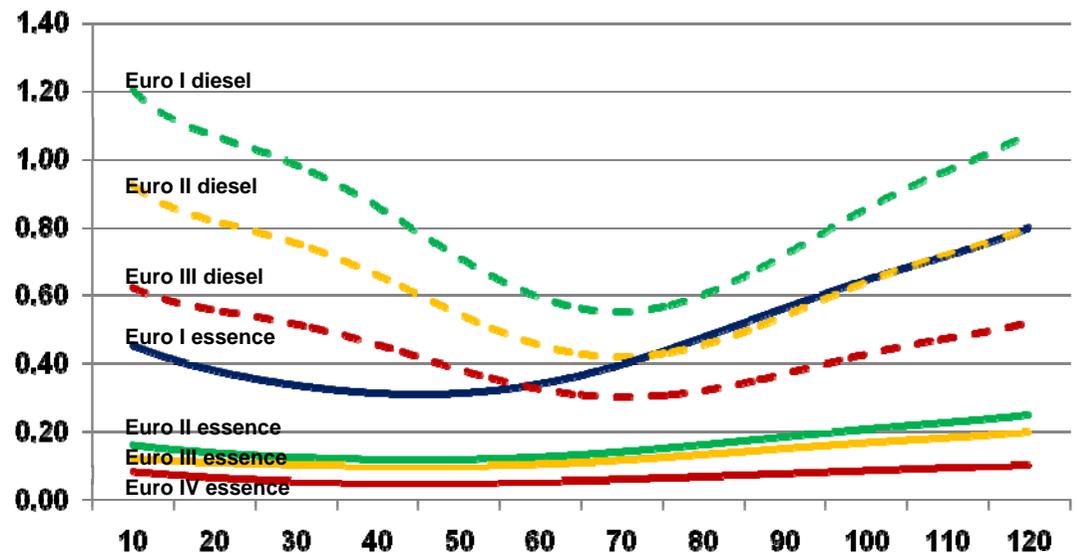
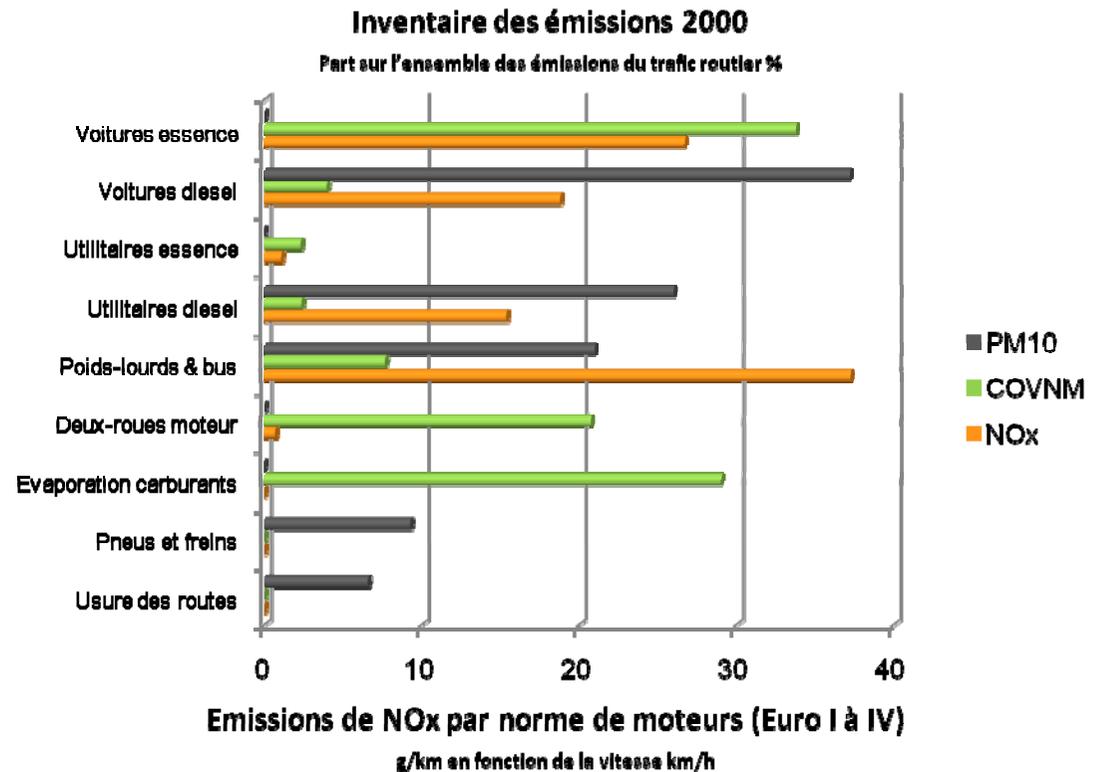
-  Chaufferies
-  Production électrique
-  Usines d'incinération
-  Autres émetteurs industriels

II.2 - TRAFIC ROUTIER

Une série de réglemens européens portant sur la qualité des carburants et des véhicules a permis de réduire certaines émissions routières comme le plomb et le benzène. Mais la qualité des inventaires d'émissions ne permet pas de décrire de tendance sur les émissions problématiques d'oxydes d'azote et de particules. Non seulement les politiques menées n'ont pas permis de maîtriser la hausse du trafic de voyageurs et de marchandises (+0,6% par an en France depuis 1999), mais, de plus, **de récents travaux remettent en cause l'efficacité des innovations technologiques engagées depuis 10 ans, que celles-ci portent sur la composition des carburants, l'efficacité des moteurs ou encore les traitements de gaz d'échappement (catalyseurs et filtres à particules).**

Le parc automobile se renouvelle progressivement en se conformant à des normes européennes de plus en plus restrictives quant à leurs émissions (moteurs Euro I à V). Dans le même temps, le poids et la puissance des voitures particulières augmentent sensiblement. Les 4x4, notamment, représentaient en 2003 4,6% des immatriculations en France, contre 1,3% en 1992.

L'actuel protocole européen Artemis défini par la Commission Européenne pour évaluer les émissions automobiles ne tient pas compte des modifications de conduite impliquées par les véhicules plus puissants. En 2005, l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité a conduit une série de tests sur un échantillon de véhicules récents répondant aux normes Euro II et III. Cette étude a mis en évidence que le protocole Artemis conduisait à des sous-évaluations significatives. Les nouveaux tests indiquent des émissions de COV supérieures de 41% (essence) et 55% (diesel) par rapport aux tests conventionnels Artemis. Les émissions de particules des véhicules diesel récents devraient quant à elles être réévaluées de +39% selon l'Inrets.



Les émissions des moteurs diesel sont supérieures, notamment à faible vitesse. COPERT III, 2005

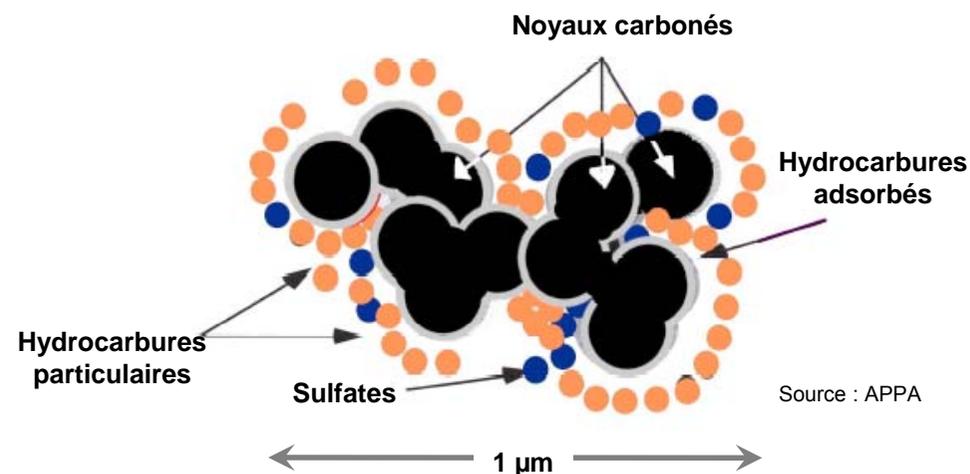
Émissions sous-évaluées

Conçus pour réduire les émissions de NO_x, CO et COV, les pots catalytiques ont été généralisés sur les nouveaux véhicules essence à partir de la norme Euro III. Plusieurs travaux mettent en cause le procédé DeNO_x des pots catalytiques. D'après une étude menée en 2005 par le Laboratoire Fédéral Suisse de Recherche sur les Matériaux, la dégradation du NO par les pots catalytiques provoque des émissions d'ammoniac en sortie de pot d'échappement qui sont équivalentes au NO dégradé. Bien que l'ammoniac ne soit pas réglementé au niveau des émissions automobiles, ni surveillé dans la qualité de l'air, ce polluant atmosphérique est notamment impliqué dans la formation des particules fines. **Plusieurs études ont mis en évidence la responsabilité des émissions automobiles dans les niveaux d'ammoniac rencontrés dans les zones urbaines.** De la même façon, les pots catalytiques favorisent les émissions d'oxyde nitreux (N₂O), puissant gaz à effet de serre. Les émissions de N₂O dues au transport routier ont ainsi doublé entre 1990 et 2001.

Les filtres à particules installés sur les nouveaux véhicules diesel posent également question quant à leur efficacité et leurs effets indirects sur les émissions. Selon plusieurs études américaines et françaises (programme PRIMEQUAL), les filtres à particules oxydèrent le NO en NO₂. En conséquence, les filtres à particules ne réduiraient pas les émissions totales de NO_x, mais tendraient à augmenter les émissions de NO₂, identifié et réglementé comme polluant, par rapport au NO. A Paris, le ratio NO₂/NO est passé de 32% en 2002 à 45% en 2006 à proximité du trafic automobile. A Londres, le ratio NO₂/NO est passé de 10% en 2002 à 15% en 2005, évolution très probablement liée à l'introduction des filtres à particules, selon le Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA, Royaume Uni). **L'augmentation du rapport NO₂/NO favorise la pollution à l'ozone en progression importante dans les zones urbaines.**

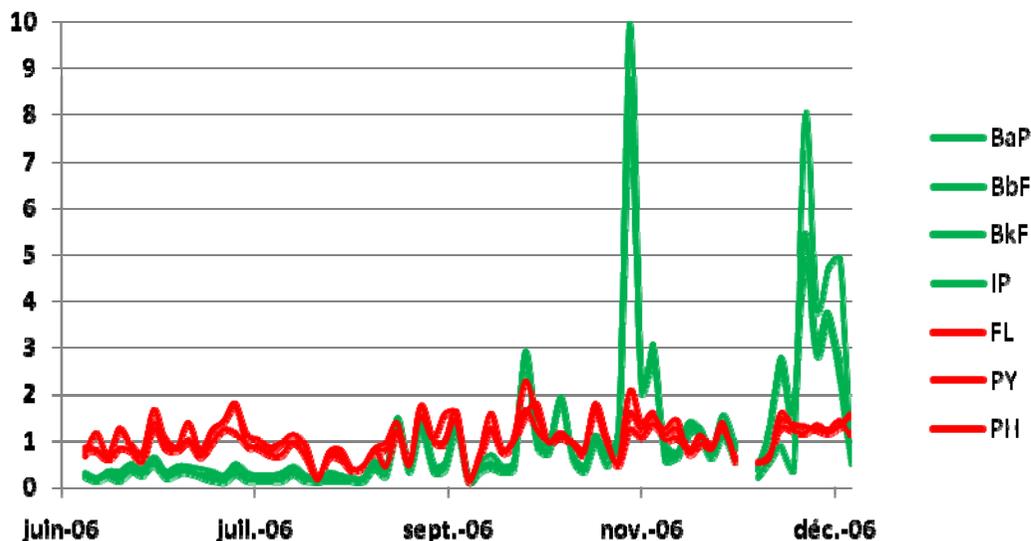
Climatisation et émissions de Gaz à Effet de Serre

Le développement de la climatisation, notamment dans le secteur automobile, est responsable d'émissions croissantes d'hydrofluorocarbones (HFC), tant par phénomènes de fuite que par émissions en fin de vie des véhicules. Les émissions routières de HFC ont été ainsi multipliées par 50 entre 1994 et 2001. Responsables de la destruction de la couche d'ozone stratosphérique protégeant la terre des rayonnements ultra-violet, puissants gaz à effet de serre, les HFC peuvent résider jusqu'à 264 ans dans l'atmosphère. En outre, le fonctionnement de la climatisation engendre une surconsommation de carburant de l'ordre de 25% à 35% en ville et de 10% à 20% sur route.



Les moteurs diesel sont responsables de 43% des émissions de particules fines (inférieures à 2,5 µm) en Île-de-France. Les particules diesel se caractérisent par un grand nombre de composés cancérigènes, notamment des HAP qui ne sont pas actuellement comptabilisés dans les inventaires d'émissions. Les particules diesel sont constituées de noyaux carbonés et de sulfates, impliqués dans le réchauffement climatique.

Concentrations de HAP - Jardin des Halles Rapport à la concentration moyenne sur la période juin-décembre 2006

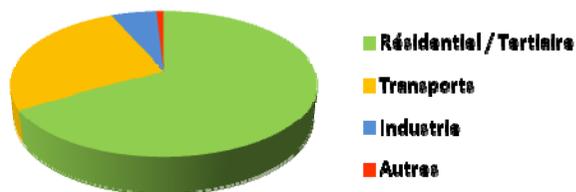


Sur une période de six mois (10 juin 2006 : début de la surveillance des HAP tous les 3 jours), on observe une évolution très différente des concentrations selon les espèces chimiques. Les concentrations de BaP, de BbF, de BkF et de IP évoluent en étroite corrélation, indiquant des sources d'émissions communes, plus intenses à partir du mois d'octobre. En revanche, le FL, le PY et le PH, très corrélés entre eux, suivent une évolution très différente, ce qui met en évidence des émetteurs différents.



■ PH
■ PY
■ FL
■ AN
■ BaA
■ BghiP
■ BbF
■ dB
■ CH
■ IP
■ BkF
■ BbF
■ BaP

Emissions BaP+BbF+BkF+IP



Les 4 HAP dont les émissions ont été inventoriées en 2000 par le Citepa pour l'Île-de-France représentent moins de 10% des concentrations cumulées des 13 espèces mesurées par Airparif (moyenne des concentrations 2006 sur la station du Jardin des Halles). Un autre inventaire réalisé en 2001 au format Secten, et intégrant 8 espèces de HAP, indique une contribution plus importante des émissions industrielles et routières. (ADEME, 2004)

Méconnaissance des émissions de HAP

Le CITEPA a réalisé l'inventaire des émissions de HAP selon la définition du protocole Aarhus sur les pollutions atmosphériques transfrontalières : 4 HAP retenus, dont le benzo(a)pyrène (BaP), ne représentant que 7% du total des concentrations moyennes mesurées. D'après cet inventaire (incertitude de 75% à 100%), ces 4 HAP sont émis majoritairement par le chauffage au bois (67%) et les moteurs diesel (27%). Ainsi, sur la station des Halles, les concentrations observées de ces polluants sont plus élevées en hiver.

Ces données sont à relativiser:

- L'INERIS précise que les HAP émis lors de la combustion du bois, le sont pratiquement uniquement par les installations individuelles et non les chaufferies industrielles ou collectives.
- Les estimations réalisées par le CITEPA concernant les émissions de HAP par les installations individuelles au bois semblent surévaluées par rapport aux autres pays européens (INERIS, 2001).
- **L'ADEME propose une répartition autre des émissions de HAP à partir des données du CITEPA sur un plus grand nombre de HAP.**

Au total, 13 espèces de HAP sont mesurées dans l'air ambiant parisien sur la station du jardin des Halles. Les espèces majoritaires, fluoranthène (FL), pyrène (PY) et phénanthrène (marqueur des émissions diesel), présentent des concentrations évoluant très différemment de celles des espèces retenues par le CITEPA : leurs concentrations sont relativement stables entre l'été et l'hiver.

Pour ces raisons, le chauffage au bois individuel ne peut être considéré comme un émetteur important de la totalité des HAP dans la région Île-de-France.

II.3 - TRAFIC AÉRIEN

Émissions des plateformes aéroportuaires

Les émissions aéroportuaires sont dues aux mouvements des avions en tant que tels et à diverses activités connexes, qui ont fait l'objet de deux inventaires différents, menés respectivement par Aéroports de Paris et Air France pour les trois plateformes aéroportuaires que compte l'agglomération parisienne.

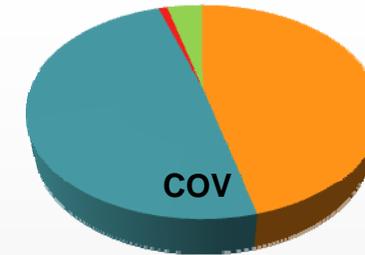
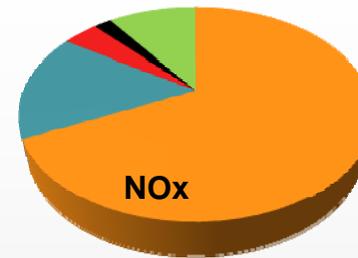
Bien qu'incomplets, ces inventaires mettent en avant la part prépondérante des mouvements d'avion sur l'ensemble des émissions. Ainsi, les émissions aéroportuaires sont directement corrélées à l'importance du trafic aérien. Celui a augmenté de 18% depuis 2002 sur la plateforme Roissy Charles de Gaulle.

Le cycle Landing – Take Off (LTO) correspond à l'ensemble des mouvements d'avions au sol et en dessous de 1000 mètres d'altitude. En effet, cette altitude correspond à la hauteur moyenne de la couche de mélange atmosphérique dans les conditions météorologiques de l'Île de France. Les émissions des avions sont ainsi susceptibles d'impacter localement la qualité de l'air de l'agglomération dans un rayon moyen de 5 kilomètres autour des aéroports. **En plus des émissions d'oxydes d'azote très importantes pendant les phases de décollage et de montée (moteurs à plein régime), les avions émettent des quantités considérables de COV et de monoxyde de carbone pendant les phases de roulage au sol s'étalant sur 30 à 40 minutes pendant chaque cycle LTO.**

L'ensemble des émissions connexes recouvrent les mouvements de véhicules logistiques et dessertes routières assurant l'activité des plateformes.

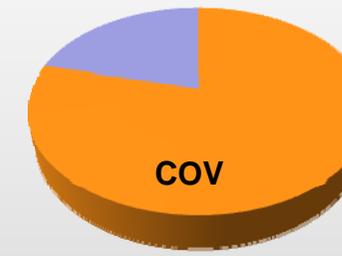
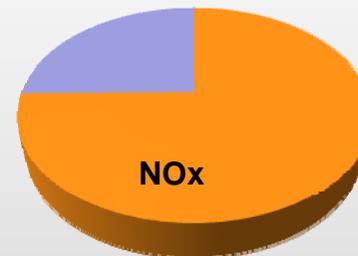
Les unités de production d'énergie et les APU (auxiliary power unit - moteurs d'appoint embarqués) sont relativement négligeables en regard des émissions totales. **Au total les émissions des NOx par les aéroports de Roissy-CDG et Orly sont équivalentes au double de celles présentes sur le boulevard Périphérique.**

Émissions Roissy-CDG



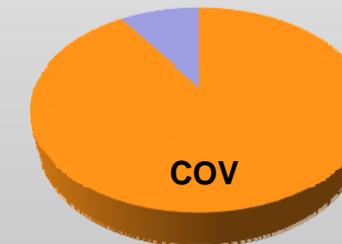
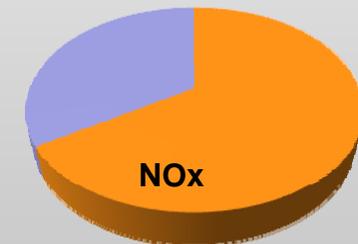
- LTO
- dessertes
- APU
- Prod énergie
- Logistique

Émissions Roissy-CDG



- LTO
- connexes

Émissions Orly



- LTO
- connexes

Inventaires d'émissions établis par Air France en 2003 (en haut) et la DRIRE Île-de-France en 2000 (au milieu et en bas)

L'inventaire d'Air France surévalue la part des dessertes routières car l'intégralité des trajets effectués depuis ou vers l'aéroport (voyageurs et personnel) a été comptabilisé au titre des émissions aéroportuaires. Les émissions rapportées par la DRIRE ont été établies par Aéroports de Paris (cycle LTO) et le bureau d'études AER (émissions connexes). Les résultats concernant le monoxyde de carbone ne sont pas indiqués ici.

Impact des plateformes aéroportuaires

Airparif a mené deux campagnes de mesures auprès des aéroports d'Orly et de Roissy Charles de Gaulle. S'intéressant aux conséquences des activités aéroportuaires sur les communes situées dans un périmètre de quelques kilomètres autour des plateformes, ces campagnes ont par contre délaissé toute étude des niveaux de pollution rencontrés à l'intérieur même des plateformes, fréquentées par les usagers et un personnel nombreux.

L'étude menée autour de l'aéroport Roissy-Charles de Gaulle en 2003 a mis en évidence l'impact significatif des activités aéroportuaires sur les sites denses situés à plus d'un kilomètre des pistes et sources d'émissions, concernant la pollution aux oxydes d'azote, monoxyde de carbone ainsi qu'aux particules PM10.

Les communes de Chennevières et Goussainville voient leurs niveaux de PM10 augmenter de 30 à 50% lorsqu'elles sont situées sous le vent de l'aéroport, ce qui suggère que les inventaires d'émissions ont pu largement sous-évaluer la contribution de l'aéroport à la pollution particulaire.

Impact des avions sur la haute atmosphère

Le trafic aérien est à l'origine du développement de fortes concentrations de NOx dans la haute atmosphère. Les plus fortes concentrations coïncident avec les couloirs aériens les plus empruntés. Il en résulte que la majeure partie de cette pollution se situe sur l'hémisphère nord, et plus spécifiquement sur l'Atlantique nord.

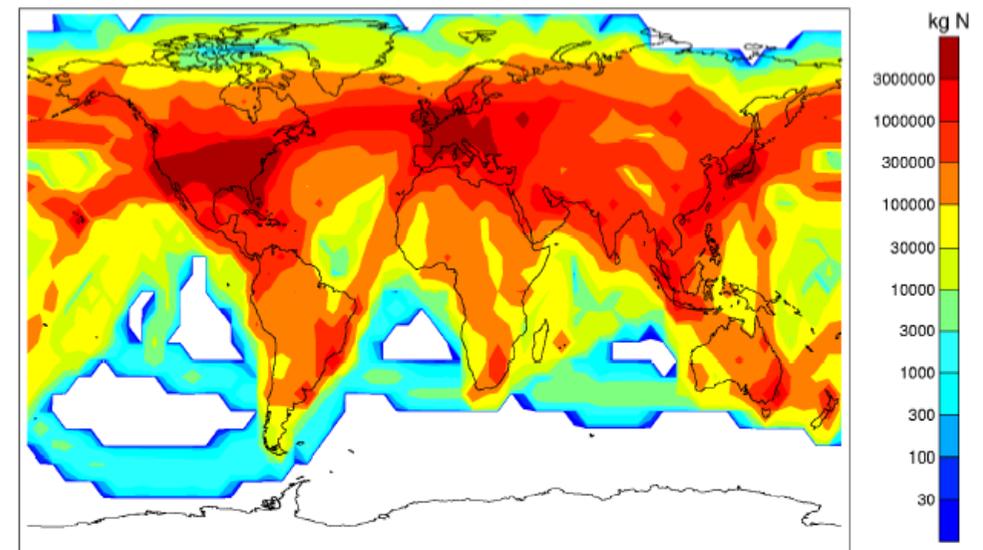
D'après Lee et al., 1997, les contributions de NOx pour les avions représentent 30 % des contributions annuelles, entre 0 et 10 000 m et entre 30-60°N, à comparer avec les 30% de l'industrie et du trafic urbain. Malgré leur action de destruction des gaz à effet de serre (Méthane,...), ils participent à la création d'ozone.

Ces émissions ont des conséquences directes sur la pollution atmosphérique des agglomérations en contribuant au réchauffement de l'atmosphère et en apportant une contribution non négligeable au niveau des polluants locaux.

Les traînées de condensation laissées par les avions auraient un impact significatif sur le réchauffement des hautes couches de l'atmosphère à cause de leurs propriétés optiques.



Impact de Roissy-CDG sur les communes riveraines. Contribution aux niveaux de NO2 (jaune) et de PM10 (gris) lorsque les communes sont situées sous le vent de l'aéroport - Airparif, 2003



Émissions de NOx des avions entre 0 et 10 km d'altitude - GIEC, 2001

III - PROSPECTIVES

En 2010, la directive CAFE (*Clean Air For Europe*), en cours d'élaboration, va fixer de nouvelles normes pour les dix années suivantes. Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) critique ce projet de directive. Il se joint aux cris d'alarme poussés par de nombreux scientifiques français et européens. La conclusion du CSHP est sans appel : « *L'adoption du texte proposé, en l'absence d'amendement, constituerait une régression préjudiciable d'un point de vue de santé publique* ». Sa principale préoccupation porte sur les particules fines PM_{2,5}, pour lesquelles la valeur cible serait très insuffisante.

A l'heure actuelle, les objectifs réglementaires et politiques de prévention ne permettent pas d'envisager de réduction de la pollution particulaire, bien que celle-ci soit de plus en plus dénoncée par la communauté scientifique et médicale.

Au contraire, la remise à niveau des systèmes de mesure employés en France va conduire très probablement à une ré-évaluation des concentrations observées, et tout particulièrement du nombre de dépassements des valeurs limites journalières recommandées par l'OMS. Cette tendance est déjà très sensible pour le début de l'année 2007.

L'augmentation de la pollution à l'ozone est un phénomène global observé depuis plus d'un siècle. Malgré les réductions de certains de ses précurseurs, l'ozone continue de croître, particulièrement dans le cœur urbain de l'agglomération. Outre les précurseurs qui sont encore insuffisamment appréhendés dans les politiques de réduction, le réchauffement climatique participe à la pollution à l'ozone, ainsi qu'à la formation de particules fines.

Ainsi, la lutte contre la pollution ne peut être efficace sans être associée à la lutte contre le réchauffement climatique.

Au vu des nouvelles données scientifiques, l'agglomération connaîtra-t-elle une amélioration de la qualité de l'air au niveau des exigences de 2010 ? Quelles vont être les interactions entre changement climatique et pollution atmosphérique ? Les prévisions du « Plan de Protection de l'Atmosphère », adopté en 2006, annonçant des diminutions substantielles, se vérifieront-elles ?

III-1 EVOLUTION DES NORMES

Entre 1999 et 2004, quatre directives européennes fixant des exigences sur la surveillance et la qualité de l'air ont été édictées. Elles fixent des seuils de concentrations à atteindre de façon échelonnée entre 2005 et 2010.

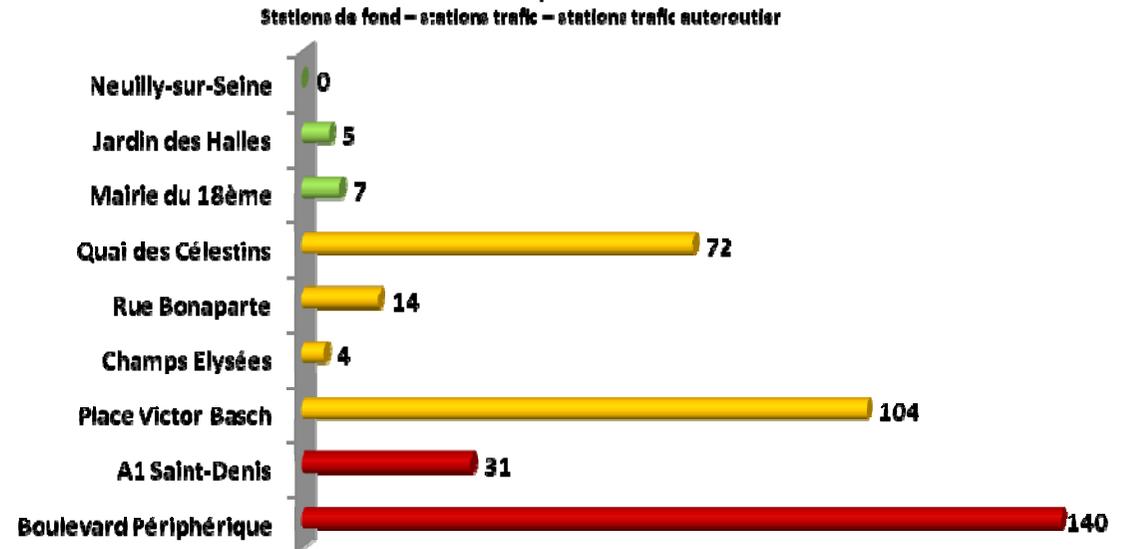
Le dioxyde d'azote (NO₂)

Les émissions de NO₂ par les sites industriels de l'agglomération ont été réduites ces dernières années, mais celles issues des transports routiers et aériens toujours croissants ne sont pas résolues. La directive européenne de 1999 fixe des exigences de niveau de concentration à respecter pour 2010 en tout point de l'agglomération pour la protection de la santé et de l'environnement compatibles avec les recommandations de l'OMS: 40 µg/m³ en concentration moyenne annuelle et 200 µg/m³ en concentration moyenne par heure à ne pas dépasser plus de 18 heures par année. Ces seuils doivent être atteints de façon progressive de 2005 à 2010, et sont fixés respectivement à 46 µg/m³ et 230 µg/m³ pour 2007.

L'obligation de limiter à 18h le nombre de dépassements annuels est très largement dépassée sur plusieurs stations trafic de l'agglomération et ne sera probablement pas être respectée à l'échéance 2010.

Concernant le respect des seuils annuels de concentration de 2010, ils ne sont pas respectés sur 6 stations de mesures du cœur dense de l'agglomération et sur 560 km de rues intra-muros en regard du seuil de 2007 selon la dernière étude d'Airparif. Cette étude se base sur une simulation et prend en compte des évolutions techniques automobiles remises en question dans la deuxième partie de la présente étude.

Dépassements de 200 µg/m³ de concentration moyenne horaire de NO₂
Nombre d'heures de dépassement en 2006



« Une situation améliorée sur les axes ayant fait l'objet d'aménagements due à la baisse du trafic (tant en quantité d'oxydes d'azote rejetés dans l'atmosphère qu'en qualité de l'air liée au dioxyde d'azote) et des concentrations de NO₂ en baisse sur 780km. Les concentrations de dioxyde d'azote dans les rues excèdent toujours l'objectif de qualité de l'air, cependant, la baisse attendue des concentrations permettra de respecter la valeur limite réglementaire pour 2007 (46 µg/β) sur 440km de voies. »

Impact sur la qualité de l'air des évolutions de circulation mises en œuvre par la Mairie de Paris entre 2002 et 2007, Airparif 2007

Particules fines (Particulate Matter PM)

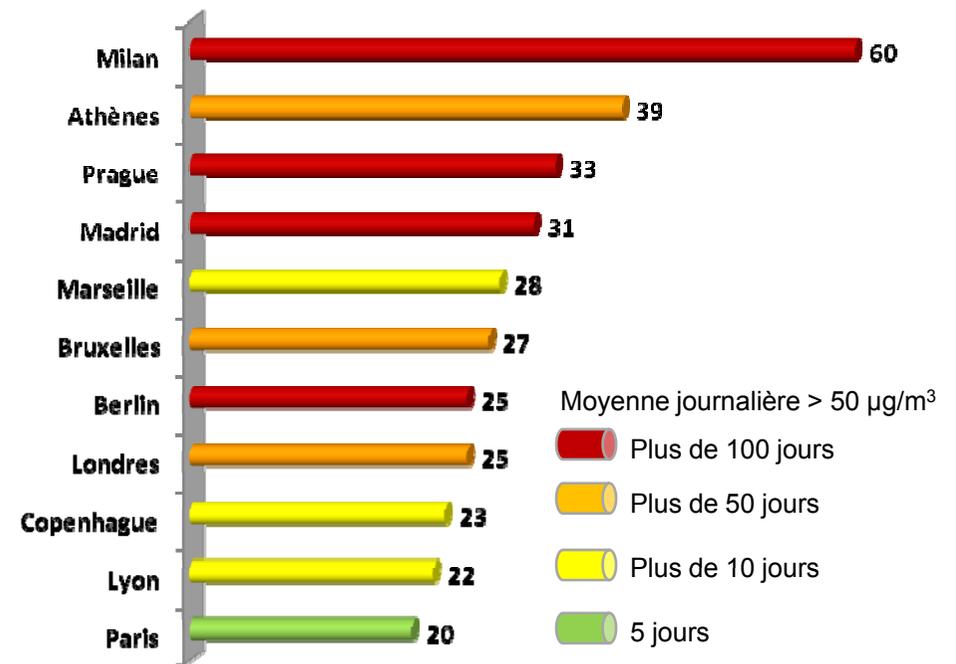
La méthode de mesure des PM10 et PM2,5 vient de changer depuis janvier 2007 - l'ancienne sous-évaluait la concentration des particules dans l'air ambiant (cf première partie).

PM10

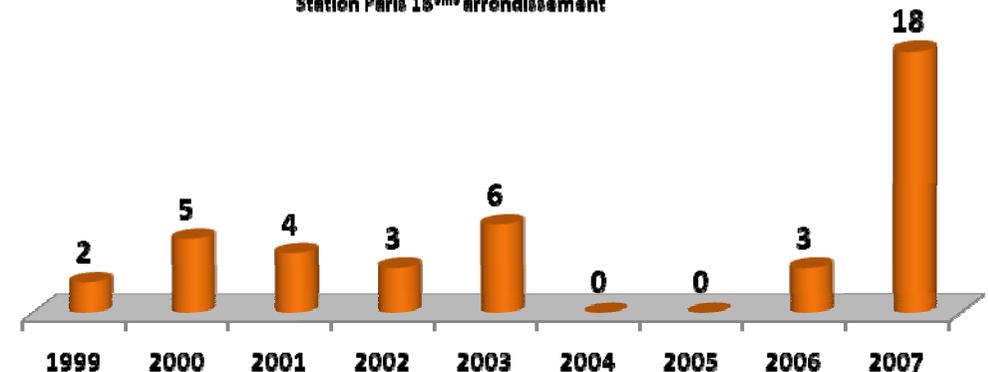
Depuis 2000, des données minorées sont communiquées au public et servent de référence pour l'élaboration des différentes politiques de protection de l'atmosphère. Le MEDD précise que les données seront corrigées par simulation en 2008. Ainsi l'agglomération parisienne semblait respecter la norme européenne annuelle appliquée depuis 2005 de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de même que l'objectif de qualité de l'air de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sauf à proximité du trafic routier). L'agglomération se trouvait être alors une des villes européennes les moins soumises à la pollution aux particules ; alors qu'un des émetteurs prépondérants de cette pollution est le diesel. De plus, les épisodes de pollution (concentration journalière supérieure à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) semblaient être moins présents en 2005.

Un comparatif réalisé sur la période janvier-avril de chaque année montre une forte augmentation de ces épisodes en 2007 sur la station urbaine du 18^{ème} arrondissement parisien. 35 jours maximum de dépassement de la valeur de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sont autorisés et seront certainement réévalués en 2010. L'agglomération ne semble pas en mesure de respecter ces normes. De plus la moyenne a augmenté sur cette même période de 39% par rapport à 2006. Le changement de méthode de mesure apporte une meilleure connaissance de la pollution aux particules, influencés par les phénomènes météorologiques anticycloniques plus importants au cours des mois de mars et d'avril 2007.

Pollution aux PM10 en agglomération
Concentration moyenne annuelle $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et nombre de jours de dépassements du seuil journalier réglementaire - 2005



Dépassements de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de moyenne journalière de PM10
Comparaison des trimestres janvier-février-mars-avril
Station Paris 18^{ème} arrondissement



PM2,5

Les PM2,5 ne sont pas prises en compte pour l'instant dans les normes européennes. En dépit de l'avis de nombreux scientifiques européens, la directive CAFE n'intégrera vraisemblablement pas en 2010 les deux valeurs références existantes aujourd'hui :

- Les valeurs guides de l'OMS de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en concentration moyenne annuelle et de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 24h;
- Le seuil fixé par l'agence de l'environnement américaine (EPA) de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en concentration moyenne annuelle.

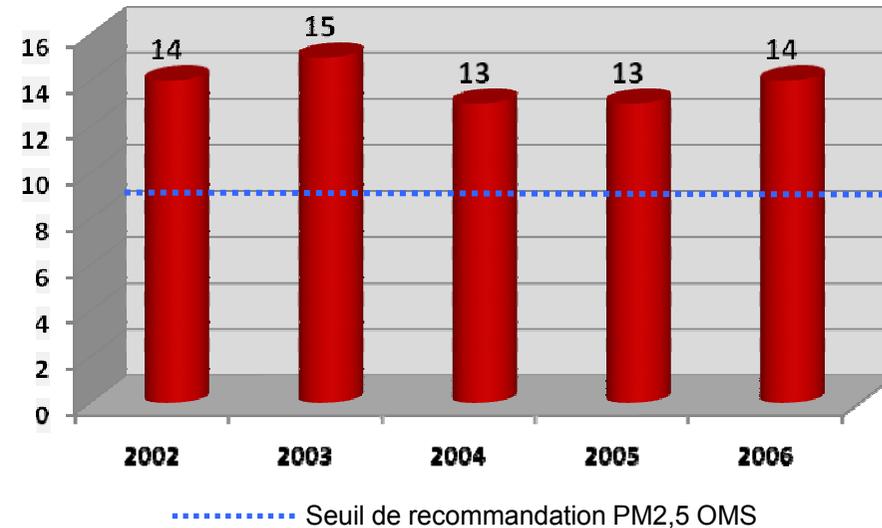
Une «valeur cible» de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en concentration moyenne annuelle et pas une «valeur limite» serait retenue dans la directive.

Avec uniquement six stations de mesure urbaines des PM2,5 et une de trafic, l'agglomération parisienne accuse un déficit de connaissances de ce polluant en comparaison d'autres agglomérations comme New York où 25 stations sont implantées dans le cœur dense de l'agglomération. De la même façon que pour la mesure des PM10, la concentration des PM2,5 était jusqu'à présent sous évaluée. **Avec une forte proportion de véhicules diesel dans le parc automobile, ainsi que de nombreuses usines d'incinération, l'agglomération parisienne semble confrontée à un défi majeur pour réduire cette pollution.**

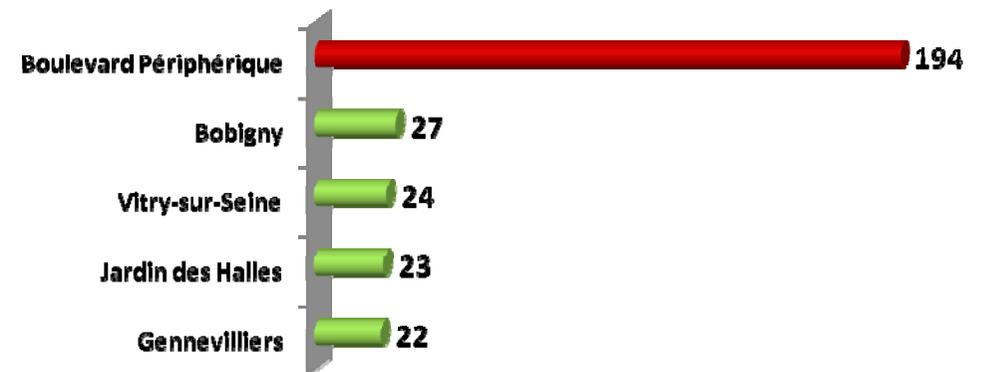
« Selon Reuters, 13 États américains poursuivent l'Agence de protection de l'environnement, une entité fédérale, pour ne pas avoir diminué la limite de concentration des particules fines, dites PM2,5. Lors de la révision de la norme, l'EPA a décidé de la laisser à 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, alors que les recommandations scientifiques se prononcent pour une teneur inférieure. Selon les travaux de l'EPA elle-même, avec une concentration de 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, les États-Unis éviteraient 24.000 décès prématurés par an liés aux maladies respiratoires (dont l'asthme). »

Journal de l'environnement 12 décembre 2006

Pollution particulaire aux PM2,5
Concentration moyenne aggro $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Dépassements de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentration moyenne journalière de PM2,5
Nombre de jours de dépassement en 2006



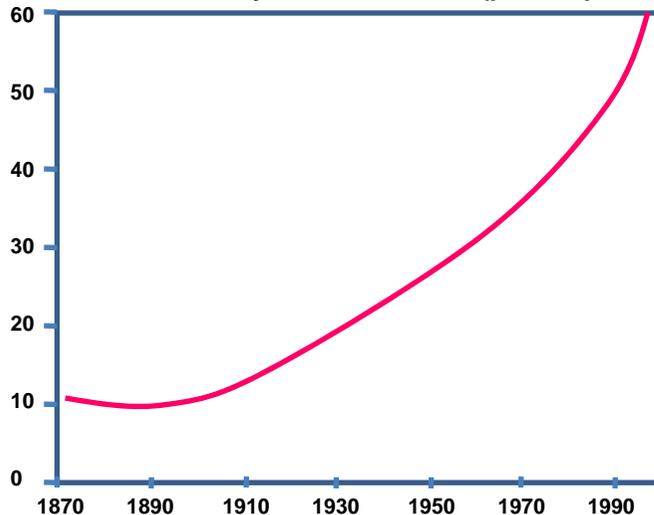
III.2 Pollution et changement climatique

L'ozone troposphérique : une problématique globale

C'est dans la stratosphère, à près de 40 kilomètres d'altitude, que se situe l'essentiel de l'ozone atmosphérique. La « couche d'ozone » filtre le rayonnement solaire en absorbant une grande partie des rayons ultraviolets. La régression de la couche d'ozone, observée depuis les années 1960-1970, n'est pas résolue. Certains gaz responsables de la destruction de l'ozone stratosphérique continuent de voir leurs émissions augmenter, comme les HFC et halons. Des phénomènes nouveaux, comme l'augmentation des particules fines dans la stratosphère ou la modification du climat, sont également en cause, si bien que l'évolution de la couche d'ozone demeure une inconnue pour le siècle.

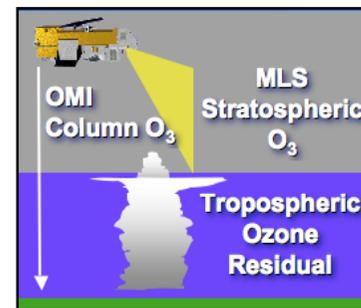
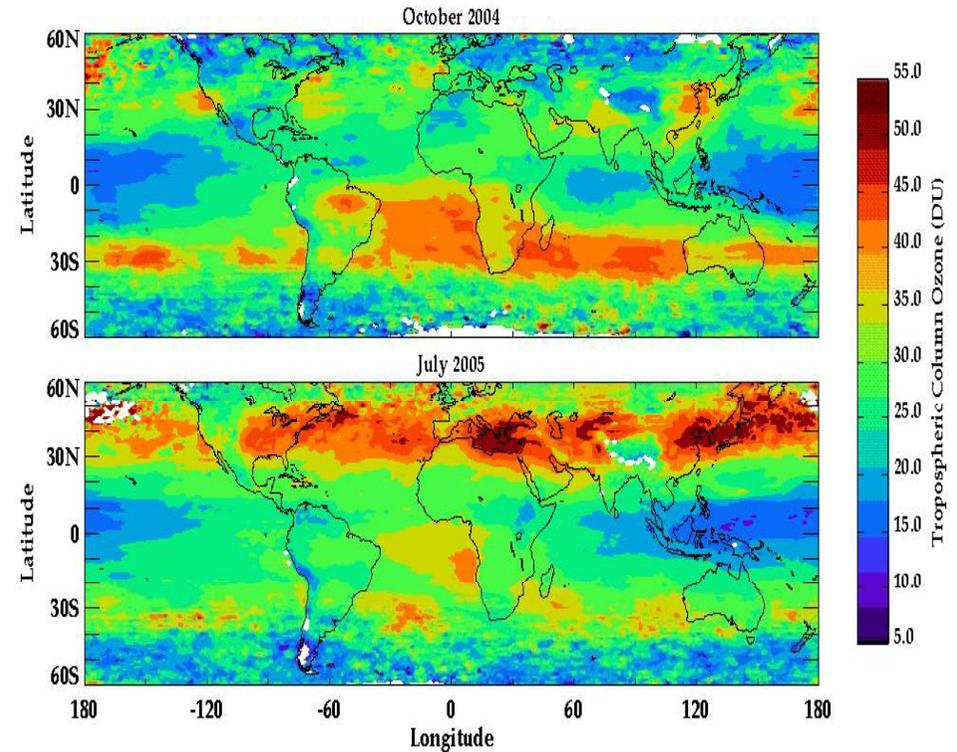
Inversement, l'ozone est en pleine augmentation dans la troposphère, entre la surface terrestre et 10 kilomètres d'altitude, où il agit comme polluant agressif et comme puissant gaz à effet de serre. Les mesures effectuées en Europe indiquent que les niveaux moyens ont été multipliés par six entre 1900 et 2000. **La forte progression enregistrée à Paris (+64% entre 1996 et 2006) s'inscrit dans un contexte global et régional d'augmentation constante des concentrations moyennes, ainsi que d'amplification des épisodes de pollution à l'ozone.**

Ozone troposphérique en Europe
Concentrations moyennes annuelles (parties par milliard)



> Concentrations d'ozone dans l'atmosphère libre d'après les mesures effectuées dans plusieurs stations d'altitude européennes. Dans les années 1980-1990, le taux de croissance moyen de l'ozone était de 2,4% par an et a tendance à augmenter. Dans l'agglomération parisienne, ce taux de croissance dépasse 6% par an depuis 1996. D'après Laboratoire d'Aérologie, Toulouse, 1994.

Pollution planétaire à l'ozone
Concentrations moyennes mensuelles Dobson Units



> Grâce à deux techniques de mesures par satellite, il est possible de déterminer la concentration d'ozone troposphérique (par soustraction de la fraction stratosphérique sur la colonne totale d'ozone). Les concentrations les plus élevées s'observent en été, particulièrement dans l'hémisphère nord. Ces premiers résultats ont été présentés par la **NASA en 2006**.

Facteurs d'augmentation des niveaux d'ozone

L'ozone est un polluant secondaire formé par la réaction de plusieurs gaz sous l'effet des rayonnements ultraviolets. Les concentrations maximales se retrouvent en majorité dans l'hémisphère nord pendant les périodes estivales. Les précurseurs de l'ozone, à l'échelle de l'agglomération, ont vu leurs concentrations diminuer, conséquence des différentes normes d'émissions appliquées au secteur automobile et industriel, principalement. Airparif indique d'importantes diminutions entre 1994 et 2006 :

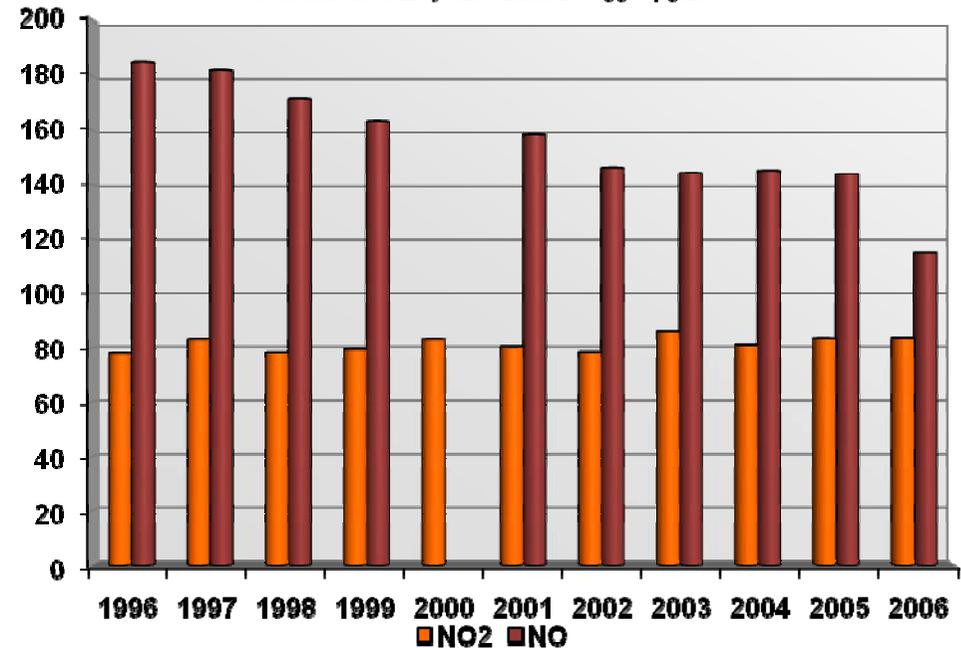
- SO₂ -70% (stations de fond)
- benzène -74% (stations de fond) et -85% (station trafic)
- NOx -43% (stations de fond) et -45% (stations trafic)
- CO -70% (station trafic)

Paradoxalement, cette baisse des précurseurs n'a pas induit de baisse d'ozone, dont les niveaux ont augmenté de 65% dans le même temps. La relation entre l'ozone et ses principaux précurseurs représente encore un défi scientifique majeur associé à la pollution de l'air urbain. Trois phénomènes peuvent toutefois être mis en cause dans la tendance actuellement observée: la sous-évaluation de la pollution aux COV, l'évolution du rapport NO₂/NO(*), et l'impact du changement climatique global.

Les COV ne sont pas tous réglementés, tant en terme d'émissions que de surveillance. Le réseau Airparif surveille actuellement 5 espèces, alors que la directive de 2002 sur la pollution à l'ozone conseille de surveiller 31 espèces. La faible efficacité des mesures effectuées sur un nombre limité d'espèces ne permet donc pas de décrire l'évolution des concentrations totales de COV. Une étude de la pollution à l'ozone de l'agglomération de Milan, menée en 2004 par l'Université de Brescia, a révélé que l'air urbain était suffisamment chargé de COV non réglementés pour maintenir la production d'ozone, malgré la diminution de l'ensemble des précurseurs.

Pollution aux NOx à proximité du trafic

Concentration moyenne annuelle aggro µg/m³



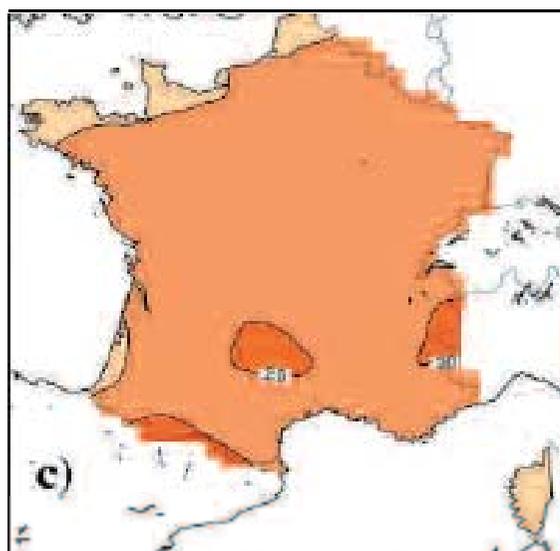
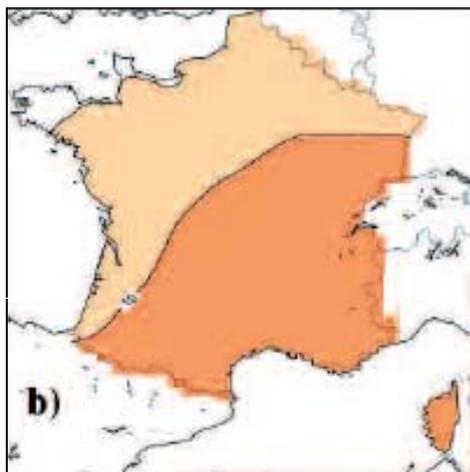
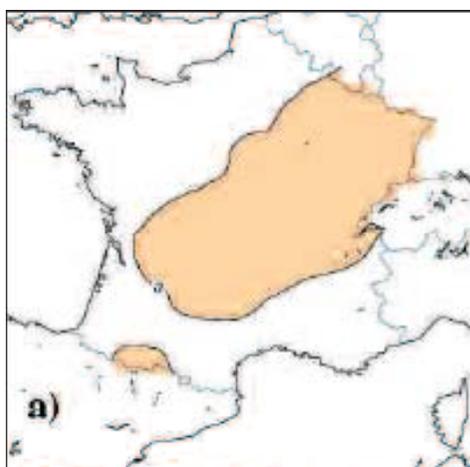
Les concentrations de NOx (NO + NO₂) ont diminué de 43% en moyenne depuis 1996. Pour autant cette diminution concerne essentiellement le NO, tandis que les niveaux de NO₂ diminuent moins (31%) et sont même en légère augmentation à proximité du trafic automobile. Les normes anti-pollution appliquées aux moteurs, ainsi que les traitements des gaz d'échappement, ont ainsi provoqué une augmentation du ratio NO₂/NO dans le cœur dense de l'agglomération. Cette modification chimique du mélange des NOx contribue à la production d'ozone.

(*) Recommandations européennes contre l'ozone

Les concentrations d'ozone ne diminueront qu'à la condition de mesures de réduction à grande échelle des COVNM, du méthane, du CO et des NOx. Cependant, à l'échelle locale, une diminution des concentrations en NOx entraînera une augmentation des concentrations en ozone.

Air quality 2000 2030, EEA 2006

Le changement climatique a un impact sur la pollution à l'ozone, comme l'a souligné le Groupe Intergouvernemental d'Etudes du Climat en avril 2007. En particulier, les vagues de chaleur induisent une amplification des réactions photochimiques responsables de la production d'ozone. Toutes les prévisions climatiques élaborées par les laboratoires participant au GIEC décrivent une multiplication des vagues de chaleur sur l'agglomération parisienne. **Dans ces conditions, les épisodes de pollution à l'ozone sont très probablement appelés à se développer, aussi bien en terme de fréquence qu'en terme d'intensité.**



Nombre moyen de jours de vague de chaleur par été. Une vague de chaleur est définie par une série d'au moins cinq jours consécutifs où la température maximale diurne dépasse la normale climatique (1961-1990) d'au moins 5°C.

a : climat de référence

b : climat moyen en 2050 d'après l'IPSL

c : climat moyen en 2050 d'après Météo-France.

(*) Une baisse significative du nombre de dépassements de la valeur cible européenne relative à l'ozone à l'horizon 2010

Les intensités cumulées de réduction des émissions de NOx et de COVNM estimées compte-tenu des stratégies de maîtrise d'ores et déjà engagées en Europe et sur toute la France devraient permettre une baisse importante de l'occurrence des dépassements de la valeur cible européenne relative à l'ozone pour la protection de la santé humaine (120 µg/m3 sur 8 heures). Le nombre d'heures de dépassement de cette valeur devrait ainsi chuter de 0 à 15 % sur Paris, de 15 à 35 % sur la proche couronne et enfin de 35 à 60 % sur les zones rurales.

Les évolutions des émissions en 2010 avec la mise en œuvre des mesures Plan de Protection de l'Atmosphère, Airparif novembre 2004

Compte-tenu de l'ensemble de ces paramètres, il est manifeste que la progression spectaculaire de la pollution à l'ozone n'est pas encore totalement appréhendée, ni encore moins maîtrisée. **Les prévisions de diminution d'ozone avancées par Airparif en 2004(*), dans le cadre de l'élaboration du Plan de Protection de l'Atmosphère, semblent ainsi peu vraisemblables. Elles ne se vérifient aucunement, trois ans après leur parution.**

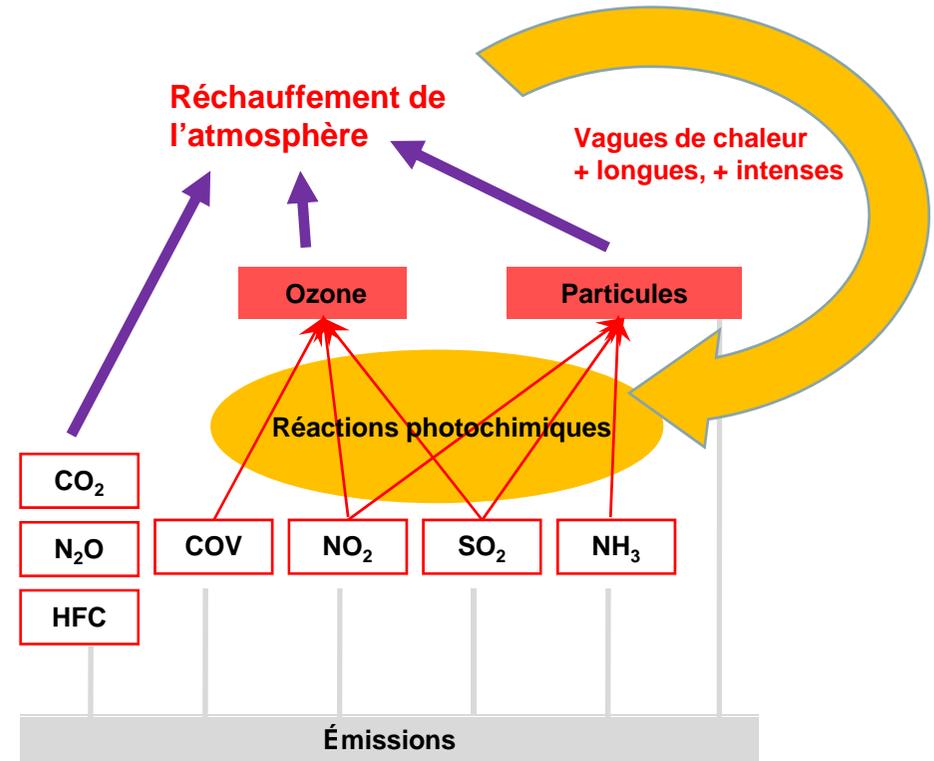
Les connaissances scientifiques sur la chimie de l'atmosphère continuent de progresser, en suivant l'inquiétude croissante des pouvoirs publics vis-à-vis de la pollution atmosphérique. La Commission européenne a ainsi défini la lutte contre l'ozone comme prioritaire, dans le cadre de l'élaboration de la future directive Clean Air For Europe en 2010.

Interactions entre pollution atmosphérique et dérèglement climatique

Les vagues de chaleur induisent de façon quasi-systématique des épisodes de pollution à l'ozone en favorisant les réactions photochimiques des précurseurs émis par les agglomérations. L'ozone étant lui-même un puissant gaz à effet de serre, les scientifiques soupçonnent un effet « auto-emballement » capable de se mettre en place localement, et de façon récurrente pendant les étés rallongés auxquels l'Europe est confrontée. D'importants programmes de recherche entrepris à travers le monde associent désormais les problématiques du climat et de la pollution.

D'autres interactions entre changement climatique et pollution atmosphérique sont ainsi de plus en plus renseignées. **La formation de particules fines à partir de polluants précurseurs présents dans l'air urbain, dites particules secondaires, peut représenter la moitié du total des particules mesurées.** Le programme de recherche Escompte, mené en 2001 dans le Sud Est de la France, a mis en évidence que les températures élevées et les stagnations de masses d'air observées en été amplifiaient significativement la formation d'ozone ainsi que la formation de particules secondaires. **Du fait des propriétés physiques des particules fines émises par l'agglomération de Marseille et la zone industrielle de Fos, il a été démontré que la fraction totale PM10 de la région induisait un réchauffement net de l'atmosphère, au même titre que les gaz à effet de serre identifiés.**

Bien que les interactions entre particules et climat demeurent complexes et non entièrement élucidées, les travaux menés aux États-Unis par l'EPA et en France par le LSCE et l'IPSL confirment que les particules dues aux activités humaines, tout particulièrement les installations de combustion et les moteurs diesel, contribuent au dérèglement climatique par deux phénomènes : le réchauffement des masses d'air et la perturbation des régimes de précipitations.



Les réactions photochimiques se mettent en place au dessus des agglomérations du fait de la mixture de polluants présents et de rayonnements solaires intenses. Lors des vagues de chaleur, la poursuite de ces réactions plusieurs jours consécutifs conduit à des niveaux élevés d'ozone et de particules fines. Ces derniers contribuent en retour au réchauffement de l'atmosphère, tout comme les gaz à effet de serre directement émis.

Climat et pollution extrêmes

Les mois de juillet et août 2003 ont combiné en France des records historiques de température, d'aridité et de pollution à l'ozone, ainsi que des concentrations élevées de particules et de dioxyde d'azote. L'Institut de Veille Sanitaire estime que les niveaux de pollution atteints pendant le mois d'août 2003 ont contribué significativement à la surmortalité de l'épisode caniculaire. A Toulouse, où la température s'est maintenue à plus de 40°C, la seule pollution à l'ozone a même été identifiée comme une cause de mortalité supérieure aux températures extrêmes.

SYNTHÈSE

L'air ambiant de l'agglomération parisienne est pollué par une mixture complexe de substances qui ne font pas toutes l'objet d'une réglementation. Les différents polluants surveillés ne sont pas tous aussi bien appréhendés les uns que les autres, aux niveaux de leurs émissions et de leur surveillance dans l'air ambiant.

Les niveaux de pollution sont très hétérogènes dans l'agglomération. L'information délivrée en continu par le dispositif de surveillance régional renseigne peu sur la pollution des sites à très forte fréquentation, notamment à proximité du trafic automobile.

Les « pics de pollution » épisodiques auxquels est confrontée l'agglomération peuvent, ou non, faire l'objet d'une information au public, du fait des insuffisances des règlements préfectoraux.

L'inventaire des quantités de polluants émis dans l'air ambiant est actuellement incomplet et incertain. Un faisceau de travaux scientifiques indique que les impacts pourraient être encore sous-évalués concernant d'importantes sources de pollution de l'agglomération : le trafic routier, le trafic aérien et les grandes installations de combustion.

Notamment, de nouveaux paramètres devraient être mieux pris en compte, tels que les effets secondaires des technologies anti-pollution, et la formation de polluants secondaires à partir des mélanges de substances émis dans l'atmosphère.

Les programmes scientifiques récents mettent en évidence des liens toujours plus étroits entre la pollution atmosphérique et le changement climatique : l'ensemble de la pollution contribue au réchauffement à l'échelle locale et globale, tandis que celui-ci amplifie la formation de polluants dans l'air urbain. Compte-tenu des différents scénarios climatiques élaborés pour l'agglomération, une multiplication sensible des pics de pollution est à craindre.

Bien que les concentrations moyennes aient fortement diminué pour certains polluants précis, les stratégies de réduction développées depuis 15 ans n'ont pas permis de résorber la pollution de l'air urbain dans son ensemble. La progression des trafics routier et aérien, et de la production d'énergie, n'est toujours pas endiguée. La réglementation considère les émissions de chaque polluant pris séparément, ignorant les interactions chimiques dans l'atmosphère. Ainsi, la formation d'ozone et de particules fines au-dessus de l'agglomération constitue une problématique majeure tant sur le plan scientifique que sur le plan des projets réglementaires européens.

L'information disponible sur la pollution atmosphérique de l'agglomération parisienne est incomplète, en même temps que de nouveaux phénomènes d'aggravation se sont fait jour. Dans ce contexte, les risques encourus par la population devraient être ré-évalués.

OZONE

LA FORMATION DE L'OZONE EST UN PHÉNOMÈNE COMPLEXE

- Baisse des précurseur sans effet
- Importance des conditions climatiques
- Polluant transfrontalier

Valeur guide OMS pour la protection de la santé dépassée régulièrement pendant les périodes estivales

Les actions proposées dans le Plan de Protection de l'Atmosphère en inadéquation avec les enjeux de la pollution à l'ozone

Puissant gaz à effet de serre classé 3^{ème} par ordre d'importance par le GIEC

« L'ozone causerait quelques 21 000 décès prématurés en 2020 »
Stratégie thématique sur la pollution atmosphérique, Commission européenne 2005

COV

SOUS-ÉVALUATION DE CERTAINS ÉMETTEURS

- Émissions du trafic routier
- Émissions du trafic aérien

Nombre de COV surveillés insuffisant pour comprendre la problématique de formation de l'ozone et la toxicité du cumul des polluants

Précurseur indispensable de la formation de l'ozone

Valeur guide OMS pour la protection de la santé non respectée à proximité du trafic pour le benzène

Baisse des émissions de COV insuffisante pour engendrer une baisse des concentrations d'ozone

NO₂

LES PROCÉDÉS DE RÉDUCTION DES NO_x ENTRAÎNENT DE NOUVELLES POLLUTIONS

- Catalyseur d'échappement de voiture entraîne une pollution à l'ammoniac
- Baisse importante du NO mais pas du NO₂

Norme sur le NO₂ non respecté à proximité du trafic

Précurseur indispensable de la formation de l'ozone

Norme applicable en 2010 difficilement respectable dans le cœur dense de l'agglomération

Baisse des NO_x entraîne une augmentation des concentrations d'ozone dans le cœur dense de l'agglomération sans engendrer une baisse des concentrations d'ozone dans la région

La proximité du trafic reste problématique sur l'ensemble de l'agglomération

MATIÈRE PARTICULAIRE

PRÉDOMINANCE ET MÉCONNAISSANCE DE CERTAINS ÉMETTEURS

- Diesel principal contributeur des émissions dues transport
- Transport aérien aucune prise en compte dans les inventaires
- Méconnaissance des précurseurs des particules secondaires

Mesures des PM sous-évaluées en France jusqu'en décembre 2006

Valeurs guides OMS non respectées pour les PM10 et PM2,5

Aucune procédure d'information et d'alerte n'est mise en place à l'heure actuelle en cas de pic de pollution au PM10

« La stratégie choisie définit des objectifs en matière de santé et d'environnement (...) de réduction de la concentration de PM2,5 de 75% »
Stratégie thématique sur la pollution atmosphérique, Commission européenne 2005

HAP

MÉCONNAISSANCE D'UNE GRANDE PARTIE DES HAP DANS LES INVENTAIRES D'ÉMISSIONS

- Sous-évaluation diesel
- Sur-évaluation du bois

La norme ne prend en compte qu'un seul HAP et ne suit pas la valeur guide OMS

Il n'existe pas de station de mesure à proximité du trafic urbain

La directive européenne de 2004 définissant la surveillance et les valeurs cibles des HAP n'est pas traduite en droit français

METAUX LOURDS

PRÉDOMINANCE DES ÉMISSIONS INDUSTRIELLES

- Nickel 80%
- Arsenic 75%
- Cadmium 90%
- Mercure 90%

Aucune mesure sur le mercure dans l'air ambiant n'a été réalisée
Aucune mesure sur le Nickel en 2006

Plus qu'une seule station de mesure en 2006 pour toute l'agglomération

La directive européenne de 2004 définissant la surveillance et les valeurs cibles des métaux lourds n'est pas traduite en droit français

ANNEXES

GLOSSAIRE

MÉTHODOLOGIES DE CALCUL

RÉFÉRENCES

Glossaire

Ammoniac (NH₃) Gaz émis principalement par les déjections animales et les fertilisants.

Composés Organiques Volatiles (COV) composés chimiques volatiles basés sur des chaînes carbonées (solvants, terpène etc.) émis dans l'atmosphère à partir de sources naturelles ou résultant de l'activité humaine

Dioxyde de soufre (SO₂) gaz formé à partir de la combustion de fuel contenant du soufre.

Directive européenne acte normatif de la communauté européenne qui prévaut sur les législations nationales avec un délai d'application pour les pays membres.

Écosystème ensemble formé par une communauté d'êtres vivants et son environnement.

Fond urbain : situation dans les zones urbaines où les niveaux des polluants ne sont pas influencés par une source précise mais rendant compte de l'ensemble des contributeurs.

Fond rural : situation dans les zones à faible densité de population, éloignées des zones urbaines et industrielles ainsi que des émissions locales.

Gaz à Effet de Serre (GES) gaz dont les propriétés physiques leur permettent de réchauffer l'atmosphère.

Hydrocarbure Aromatique Polycyclique (HAP) famille de composés chimiques constitués d'atomes de carbone et d'hydrogène dont la structure des molécules comprend au moins deux cycles aromatiques condensés.

Indice ATMO caractérise la qualité de l'air globale pour l'ensemble de l'agglomération parisienne

Monoxyde de Carbone (CO) gaz provenant d'une combustion incomplète des moteurs essence

Ozone troposphérique (O₃) Ozone formé dans la partie la plus basse de l'atmosphère à partir de la réaction entre autre des oxydes d'azote (NOx) et des composés organiques volatiles (COV) en présence de la lumière solaire. L'ozone est un gaz fortement oxydant.

Oxydes d'azote (NOx) regroupent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). NO est principalement formé dans des processus de combustion à haute température et peut être converti NO₂ dans l'atmosphère.

Pluies acides précipitations dont l'acidité provient des émissions des différentes activités humaines (industrie, transports, etc.) qui dégradent voire détruisent les écosystèmes et certains bâtiments anciens fragiles.

PM10, PM2.5 : Matière particulaire dans l'air ambiant avec un diamètre de moins de 10 ou 2.5 micromètres respectivement.

Polluants organiques persistants (POP) molécules possédant une forte toxicité, persistantes dans l'environnement, susceptibles d'être transportées sur de longue distance et s'accumulant dans les tissus organiques.

Polluants secondaires polluants qui ne sont pas émis directement mais sont formés à la suite de processus chimiques dans l'atmosphère.

Toxicité mesure de la capacité d'une substance de provoquer des effets néfastes sur la santé et l'environnement.

MÉTHODOLOGIES DE CALCUL

Évolution annuelle des polluants

Pour chaque année renseignée, les concentrations moyennes ont été établies à partir de la totalité des stations permanentes de fond de l'agglomération mesurant chacun des polluants considérés en continu (prélèvements quart-horaires). L'échantillon de stations utilisées est par conséquent évolutif pour tenir compte de l'évolution du réseau de surveillance lui-même. L'efficacité de la surveillance est très variable selon les polluants. Ainsi, les niveaux de fond de BaP ne sont évalués que sur la base de 3 à 5 stations, pour des prélèvements effectués tous les six jours, puis tous les trois jours à partir de juin 2006.

Années	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Stations NO ₂	17	18	21	21	23	24	24	24	28	29	29
Stations NO	17	18	21	21	1	24	24	24	28	29	29
Stations O ₃	7	7	11	11	12	13	14	14	16	17	16
Stations PM10	2	2	4	6	6	8	9	9	12	12	9
Stations BaP	0	0	0	0	3	3	5	4	4	4	4

Comparatif de Paris et plusieurs agglomérations pour l'année 2005

Pour Athènes, Berlin, Bruxelles, Copenhague, Londres, Madrid, Marseille, Milan et Prague, les concentrations moyennes ont été renseignées à partir de Airbase, base de données européenne recouvrant une grande partie des différents réseaux de surveillance automatiques. Les données les plus récentes disponibles sur Airbase concernant l'année 2005, cette année a été prise comme référence pour l'ensemble des comparatifs. Pour chacune de ces agglomérations, les stations de fond utilisées ont fait l'objet d'une sélection établie à partir d'une étude statistique menée par l'Agence Européenne de l'Environnement en 2006 (« *Air pollution at street level in european cities* » EEA mars 2006).

L'étude de l'EEA s'intéresse à la qualité de la surveillance et des modélisations de la pollution urbaine dans 20 agglomérations européennes, à partir d'une sélection de stations de fond et de stations trafic (hors autoroutes). La même sélection a été utilisée dans la présente étude pour renseigner les concentrations de NO₂, O₃ et PM10.

Pour Lyon, les concentrations moyennes de NO₂, O₃ et PM10 pour l'année 2005 ont été renseignées à partir des stations de fond de l'agglomération exploitées par Copary (équivalent d'Airparif).

Pour New York, les concentrations moyennes de NO₂ pour l'année 2005 ont été renseignées à partir des stations de fond de l'agglomération exploitées par le New York State Department of Environmental Conservation.

Pour Tokyo, les concentrations moyennes de NO₂ pour l'année 2005 ont été renseignées à partir du bilan environnemental 2006 du Tokyo Metropolitan Government.

Réseau Airparif 2006	NO2	NO	O3	PM10	PM25	BEN	BaP
Stations de fond							
Argenteuil	x	x					
Aubervilliers	x	x	x				
Bobigny	x	x		x	x		
Cachan	x	x	x				
Cergy-Pontoise	x	x	x	x			
Champigny-sur-Marne	x	x	x				
Evry	x	x					
Garches	x	x	x				
Gennevilliers	x	x	x	x	x		x
Gonesse	x	x		x			
Issy-les-Moulineaux	x	x		x			
Ivry-sur-Seine	x	x					
La Défense	x	x		x			
Les Ulis			x				
Lognes	x	x	x				
Mantes-la-Jolie	x	x	x				
Melun	x	x	x	x			
Montgeron	x	x	x				
Neuilly-sur-Seine	x	x	x				x
Nogent-sur-Marne	x	x		x			
Paris 1er - Jardin des Halles	x	x	x	x	x		x
Paris 6ème	x	x	x				
Paris 7ème	x	x					
Paris 12ème	x	x					
Paris 13ème	x	x	x				
Paris 18ème	x	x	x	x			
Saint-Denis	x	x					
Tremblay-en-France	x	x	x	x			
Versailles	x	x					
Villemomble	x	x					
Vitry-sur-Seine	x	x	x	x	x		x
Stations trafic							
Avenue des Champs Elysées	x	x		x			
Place Victor Basch	x	x		x			
Quai des Célestins	x	x					
Rue Bonaparte	x	x					
Stations trafic autoroutes							
Autoroute A1 - Saint-Denis	x	x		x			
Boulevard Périphérique - Auteuil	x	x		x	x	x	x

Localités	Dates de campagne		Points de mesure (analyseurs auto.)	Nombre de séries	Stations permanentes de référence (pour benzène si différentes)
	début	fin			
Paris 4,11	1/9/00	31/8/01	23	6	Paris 1, Neuilly, La Défense
Neuilly, Courbevoie	1/9/00	31/8/01	20	6	Paris 1, Neuilly, La Défense
Paris 8,9,10	11/1/01	22/2/01	33 (4)	3	Paris 1, Paris 12, Paris 18, Neuilly
Paris 20, Bagnolet	1/10/03	26/11/03	57 (4)	3	Paris 12, 18, Bobigny, Ivry, Vitry (Paris 1, Aubervilliers)
Chelles 1	7/1/04	4/2/04	4	2	Tremblay, Lognes
Chelles 2	2/6/04	30/6/04	4	2	Tremblay, Lognes
Poissy	3/3/04	14/4/04	23 (1)	3	Cergy, Versailles (Tremblay, Lognes)
Charenton	17/5/05	14/6/05	10 (1)	2	Paris 12, Bobigny, Ivry, Vitry
Pantin	15/3/06	12/4/06	25 (1)	2	Paris 18, Aubervilliers, Bobigny
Paris 1,2	24/5/06	21/6/06	40 (2)	1	Paris 1, Paris 7, Paris 18, Neuilly

Écarts entre le réseau permanent de surveillance et les campagnes de surveillance intensive

Pour chacune des 10 campagnes de mesures considérées, les points de mesure utilisés correspondent à des appareils à diffusion passive situés entre 2,5 et 3 mètres de hauteur, ainsi que des analyseurs automatiques au sein d'un laboratoire fixe ou mobile situés entre 1,5 et 2 mètres de hauteur. Les points de mesure utilisés dans le cadre de la présente étude ont été sélectionnés selon trois typologies urbaines en fonction de leur situation :

- **Situation de fond** : ensemble des points de mesure situés à plus de 50 mètres d'une voie de circulation (exceptées les petites rues à trafic irrégulier). Pour Pantin et Poissy, certains points de mesure situés dans des zones peu représentatives de l'exposition urbaine ont été exclus (champs, friches industrielles et terrains vagues)
- **Situation de fond en secteur autoroutier** : ensemble des points de mesure situés à plus de 50 mètres des voies de circulation (exceptées les petites rues à trafic irrégulier) et à moins de 300 mètres d'un axe autoroutier.
- **Situation de proximité des voies de circulation** : ensemble des points de mesure situés à moins de 50 mètres d'une voie de circulation (typologie restreinte aux campagnes menées dans la Ville de Paris).

Pour chacune des 10 campagnes de mesure et pour chacune des 3 typologies urbaines considérées, les moyennes des concentrations mesurées de NO₂, benzène et PM10, ont été rapportées aux concentrations moyennes indiquées par les stations permanentes de surveillance de la qualité de l'air.

Pour se faire, les stations permanentes de référence ont été définies pour chacune des campagnes, selon les polluants mesurés par ces stations et selon leur proximité du site de la campagne considérée. Aucune station permanente de la Grande Couronne ne mesure les concentrations de benzène. Pour la campagne menée à Chelles, les valeurs de référence utilisées pour le benzène correspondent à des mesures ponctuelles effectuées au niveau des stations permanentes de Tremblay et Lognes pendant la campagne d'étude. Ces valeurs ont également servi de référence à la campagne menée à Poissy.

Les concentrations moyennes pour chacun des polluants ont été établies à partir des stations permanentes de référence pour la période précise de chaque campagne d'étude.

Ces niveaux de référence, exprimés en indice 100, ont été comparés aux niveaux mesurés dans le cadre des campagnes. Chaque point représenté sur les graphiques obtenus représente donc l'écart, en pourcentage entre l'information précise délivrée pour chaque campagne d'étude et pour chacun des polluants mesurés, et l'information délivrée simultanément par le réseau permanent Airparif pour chacune des localités considérées.

Concentrations moyennes journalières en fonction de la direction du vent

Pour chacune des stations de surveillance Paris 1^{er}, Gennevilliers et Vitry, les concentrations moyennes journalières de PM_{2,5} ont été rapportées aux directions quotidiennes du vent au droit de la station, pour la période 01/01/2003 à 31/12/2006. Les directions de vent prises en compte proviennent de la station Météo-France de Montsouris (Paris 14^{ème}), station représentative des conditions météorologiques globales de l'agglomération parisienne.

Les résultats sont présentés sous la forme de roses de pollution. Plus le niveau est élevé sur la rose, plus le site en question est influencé par les sources d'émissions se trouvant au vent de celui-ci pour le secteur de vents considéré. Les directions de vent sont classées par secteurs de 10°.

RÉFÉRENCES

Institutions :

Ministère de l'Écologie et du Développement Durable
20 avenue de Ségur 75302 Paris 07 SP

www.ecologie.gouv.fr

Direction Générale de la Santé
8 avenue de Ségur 75350 PARIS

www.sante.gouv.fr

OMS
Organisation Mondiale de la Santé

www.euro.who.int

AEE
Agence européenne pour l'environnement,
Kongens Nytorv 6, DK 1050 Copenhague K, Danemark

www.eea.europa.eu

US EPA
Environmental Protection Agency

www.epa.gov

UK Defra
Department for Environment, Food and Rural Affairs

www.defra.gov.uk

Préfecture de Police
9, boulevard du Palais 75195 PARIS

www.prefecture-police-paris.interieur.gouv.fr

DRIRE IDF
Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
d'Île-de-France

10, rue Crillon 75194 Paris

www.ile-de-france.drire.gouv.fr

Établissements publics de la surveillance de la qualité de l'air :

Fédération ATMO
Fédération des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air
www.atmo-france.org

Airparif
Association Interdépartementale pour la gestion du réseau automatique de surveillance de la pollution atmosphérique et d'alerte en région Île-de-France
Surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France
www.airparif.fr

Coparly
Comité de Coordination pour la Contrôle de la pollution Atmosphérique dans la Région Lyonnaise
3, allée des Sorbiers 69500 BRON
www.atmo-rhonealpes.org

Airmaraix
67-69 Avenue du Prado 13286 Marseille cedex 6
www.airmaraix.com

New-York State Department Environmental Conservation
Devison of Air Ressources
<http://www.dec.state.ny.us/website/dar/>

Tokyo Metropolitan Government
Environmental White Paper 2006
www2.kankyo.metro.tokyo.jp

Programme de recherche et laboratoire :

Prev'air

Prévisions et observations de la qualité de l'air en France et en Europe

www.prevoir.org

Primequal

Qualité de l'air au niveau local

www.ecologie.gouv.fr/-Primequal-.html

Mozaic

Measurements of OZone and water vapour by in-service Alrbus airCraft

<http://mozaic.aero.obs-mip.fr>

Escompte

Expérience sur Site pour COntreindre les Modèles de Pollution atmosphérique et de Transport d'Emissions

<http://medias.obs-mip.fr/escompte/>

GIEC

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

www.ipcc.ch

Institut Pierre-Simon Laplace

Université Pierre et Marie Curie

4, place Jussieu

Tour 45-46, 5ème ét., casier 101

75252 Paris Cedex 5

www.ipsl.jussieu.fr

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

Bât. 709, Orme des Merisiers

F-91191 Gif-sur-Yvette CEDEX

www-lsce.cea.fr

Établissement :

Citepa

Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique

7 Cité Paradis 75010 PARIS

www.citepa.org

INERIS

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

Parc Technologique ALATA BP 2 60550 Verneuil-en-Halatte

www.ineris.fr/

InVS

Institut de Veille Sanitaire

12, rue du Val d'Osne 94415 Saint-Maurice

www.invs.sante.fr

ADEME

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

6-8 rue Jean Jaurès 92807 PUTEAUX

www.ademe.fr

INRETS

Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité

2 avenue du Général Malleret-Joinville F-94114 ARCUEIL

www.inrets.fr

APPA

Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique

10, rue Pierre Brossolette, 94270 LE KREMLIN BICETRE

www.appa.asso.fr

Réseau Action Climat

2B, rue Jules Ferry 93100 Montreuil

www.rac-f.org



*Bureau d'études et
de conseil en écologie*

33 rue Marcadet
75 010 PARIS
09 50 29 59 49
contact@bureau-horizons.org

www.bureau-horizons.org