



POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE URBAINE



Quels sont les polluants atmosphériques et comment se dispersent-ils ?

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 définit la pollution de l'air comme « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels et à provoquer des nuisances olfactives excessives ».

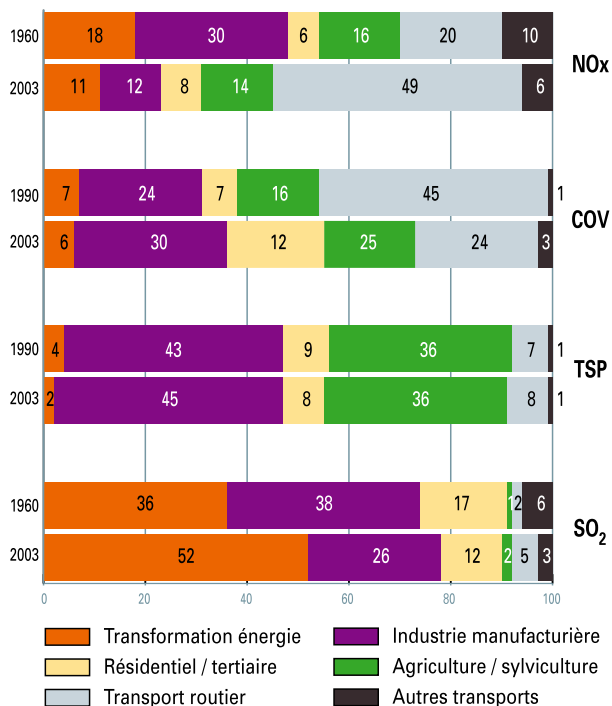
Aujourd'hui dans les villes, la pollution d'origine industrielle a cédé la place à une pollution plus diffuse et plus proche des populations, liée aux transports.

La pollution urbaine est complexe et difficilement mesurable dans sa totalité. Aux classiques et réglementés polluants mesurés en France, considérés comme des indicateurs de la qualité de l'air urbain (dioxyde de soufre, oxydes d'azote, particules en suspension, ozone, monoxyde de carbone, composés organiques volatils et plomb) se sont ajoutées progressivement d'autres substances telles que les organochlorés (dioxines et furanes), les hydrocarbures aromatiques (polycycliques/monocycliques), les métaux lourds et les gaz à effets de serre même si ces derniers ne sont pas des polluants urbains au sens strict du terme (voir fiche Dérèglements climatiques).

Les sources émettrices de polluants dans l'atmosphère peuvent être d'origine anthropique* (domestique, industrie, agriculture, transports, etc.) ou naturelle (volcans, etc.). Dans le cas des pollutions industrielles (où le SO₂ est le traceur principal), le contrôle, l'amélioration des processus industriels, la désindustrialisation ont permis une baisse rapide et significative des émissions. Pour la pollution automobile, les bénéfices dus à l'amélioration du parc de voitures (pots catalytiques, réduction de la consommation) sont minimisés par l'augmentation continue du trafic. Le transport est actuellement un des secteurs les plus importants d'émission de polluants notamment pour les NO_x et les COV qui, sous l'effet de l'ensoleillement, produisent une pollution dite photochimique (mesurée par l'ozone), source majeure de pollution en zone urbaine et périurbaine. ▶▶▶

Répartition des émissions de quelques polluants atmosphériques en France (en %) par secteur

Source : Citepa¹, 2005



Principaux polluants et abréviations

SO ₂	dioxyde de soufre
NO _x	oxydes d'azote (NO et NO ₂)
O ₃	ozone
CO	oxydes de carbone / monoxyde de carbone (CO ₂ : dioxyde de carbone)
COV	composés organiques volatils
Pb	plomb
HAP/HAM	hydrocarbures aromatiques polycycliques/monocycliques
PM ₁₀	particules de diamètre inférieur à 10 microns
PM _{2.5}	particules fines de taille inférieure à 2,5 microns
TSP	Total suspended particulate Total des particules en suspension



►►► En France métropolitaine, l'inventaire des émissions dans l'air, toutes zones confondues, rurales et urbaines, montre que pour la plupart des substances mesurées, les émissions ont été fortement réduites au cours des dix ou vingt dernières années et plus particulièrement sur la période 1990-2003¹:

- très forte réduction (supérieure à 40 %) : SO₂, COV, CO, plomb, etc. ;
- forte réduction (entre 20 et 40 %) : NOx et gaz à effet de serre (N₂O et SF₆) ;
- réduction importante (entre 5 et 20 %) : CH₄ (méthane), HAP, TSP et PM₁₀.

Pour environ la moitié des substances, le niveau d'émission 2003 est le plus bas atteint depuis le début des observations.

Le déplacement des polluants depuis leur source, c'est-à-dire leur dispersion, est un facteur déterminant de leur accumulation ou leur dilution dans l'atmosphère. La dispersion dépend de plusieurs paramètres dont les conditions météorologiques (vent, humidité, soleil,

etc.), la topographie locale (altitude, relief, cours d'eau, etc.) mais aussi les réactions chimiques.

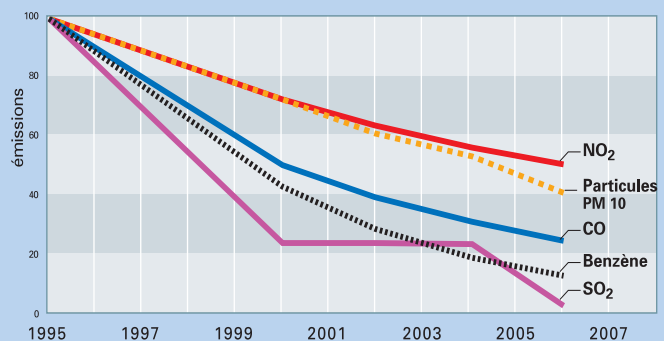
La pollution par l'ozone illustre les effets de ces phénomènes : la production de O₃ nécessite un fort rayonnement solaire et la présence d'éléments précurseurs. Des réactions mêlant polluants primaires et secondaires (formés suite à des réactions chimiques entre plusieurs éléments) se produisent, la principale étant la réaction réversible entre l'ozone et les oxydes d'azote ($NO + O_3 \leftrightarrow O_2 + NO_2$) qui a lieu en présence de lumière et pour de fortes concentrations en monoxyde d'azote.

Cette réaction peut expliquer l'observation de teneurs en ozone plus faibles dans les agglomérations pendant les heures où le trafic est important (destruction de l'ozone par réaction avec le monoxyde d'azote). A contrario, les stations périurbaines situées sous le vent de la ville, connaissent les pointes maximales, car en l'absence d'émissions importantes de NO, les masses d'air polluées transportées s'enrichissent en O₃. ■

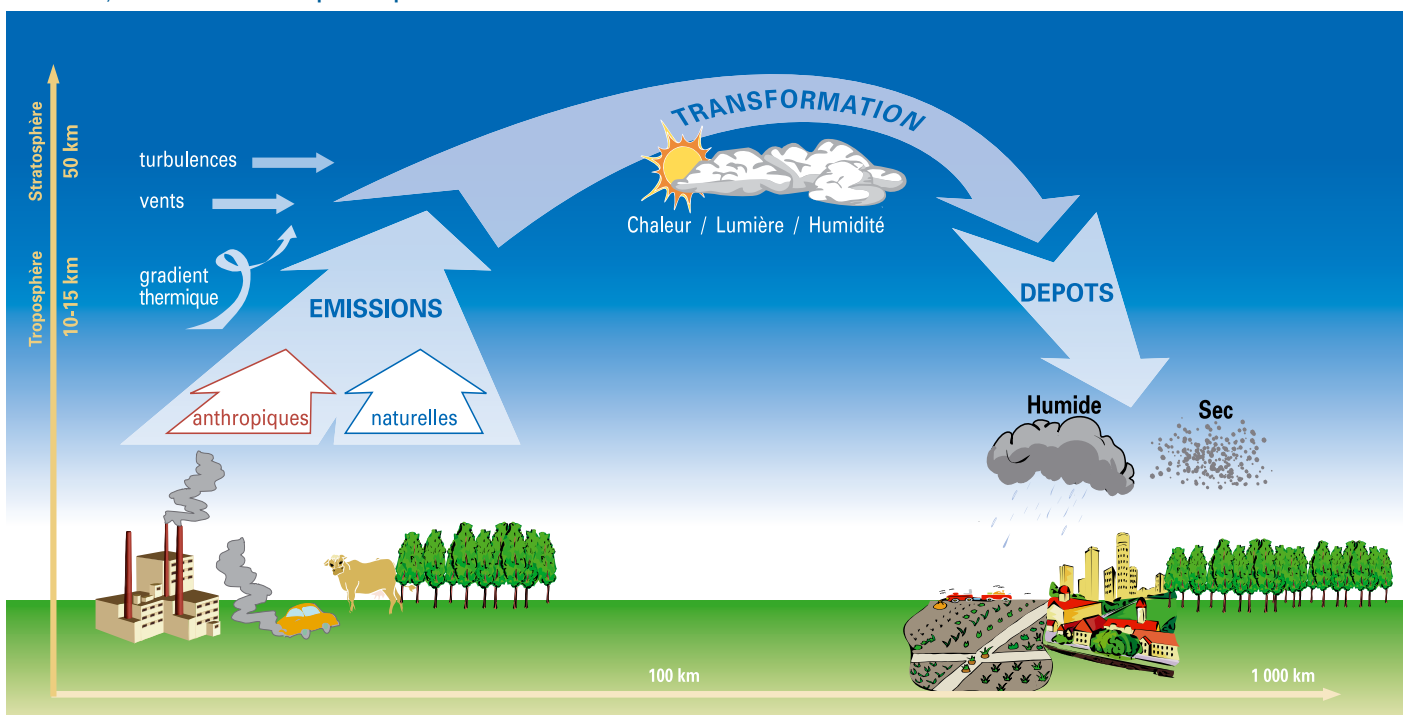
Les émissions du parc automobile de 1995 à 2007²

Source : Ademe

Évolution calculée à partir de la simulation du modèle Impact de l'Ademe sur un échantillon représentatif de 1 000 véhicules. En 1995, 50 % des kilomètres parcourus par les véhicules légers le sont par des véhicules diesel. En 2006, ce serait 66 %. En 1995, 21 % des véhicules légers essence sont catalysés. En 2006, ce serait 87 %. L'effet pourrait être important sur les émissions de CO, COV et NO_x. En 1995, il n'y a pas de véhicules légers diesel catalysés mais en 2006, il devrait y en avoir 82 %. Cependant l'effet serait mineur sur l'émission de CO et de COV.



Emissions, transformation et dépôts de polluants. Source : Ademe





Que sait-on des expositions

L'exposition aux polluants atmosphériques urbains concerne l'ensemble de la population française vivant en ville (plus de 80 %). On note d'importantes disparités locales et régionales de la qualité de l'air. Le bilan établi début 2004 (source : MEDD) à partir des données transmises par le réseau des 40 Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) indique notamment, pour l'année 2003 :

- ▶ pour le dioxyde de soufre : une situation préoccupante dans certaines agglomérations fortement industrialisées (étang de Berre, Le Havre, etc.) ;
- ▶ la valeur limite du dioxyde d'azote de $54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne annuelle (2003) n'est pas respectée sur des sites proches du trafic automobile : par exemple à Bordeaux, Paris, Lyon, Marseille, Strasbourg, Lille, etc. ;
- ▶ les valeurs limites annuelles pour la protection de la santé humaine ont été dépassées pour les PM_{10} sur quelques sites dont : Paris, Grenoble, Lyon (bordure autoroute A7), etc.

Les personnes les plus vulnérables sont les enfants et les personnes souffrant de maladies chroniques, en particulier respiratoires et cardiaques. ■

Principaux indicateurs de pollution atmosphérique mesurés

Polluants atmosphériques	Sources principales	Effets sur la santé ³
Le dioxyde de soufre SO_2	Industries (installations thermiques, raffineries, etc.)	Très soluble, rapidement absorbé par les surfaces humides de la bouche, du nez. - Irritant respiratoire, contribue à l'exacerbation des troubles bronchiques (Valeur Guide (VG) OMS $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moy. par jour et $500 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sur 10 min)
Les oxydes d'azote NOx (NO et NO_2)	Industries de combustion (transports, installations thermiques, etc.)	Irritations de l'appareil respiratoire, crises d'asthme et bronchiolite. (VG OMS pour le NO_2 : $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moy. par an et $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moy. par heure)
Le monoxyde de carbone CO	Installations de combustion, transports, chauffage domestique	Atteinte du système nerveux central et des organes sensoriels. (VG OMS : $10 \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ sur 8 heures et $30 \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ sur 1 heure)
L'ozone O_3	Polluant secondaire formé suite à des réactions chimiques entre COV et NOx en présence de rayons ultraviolets	Polluant irritant des yeux de la gorge et des poumons, peut altérer la fonction respiratoire et la résistance aux infections. (VG OMS $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moy. sur 8 heures)
Les particules en suspension (PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$)	Véhicules (en particulier diesel) et combustion de certaines industries	Irritant très actif par altération des fonctions respiratoires, crises d'asthme avec à long terme des bronchites chroniques. (VG OMS : pour les $\text{PM}_{2,5}$: $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moy. par an et $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moy. par jour ; pour les PM_{10} : $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moy. par an et $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moy. par jour)
Les Composés Organiques Volatils - COV (hydrocarbures, benzène, aldéhydes, etc.)	Combustion, usage et évaporation des solvants et carburants industriels, etc.	Irritant des yeux et des poumons peuvent engendrer des bronchites par intoxication chronique. A long terme, ils seraient responsables de cancers
Polluants biologiques	Pollens	Asthme, allergie



Quels sont les effets sur la santé ?

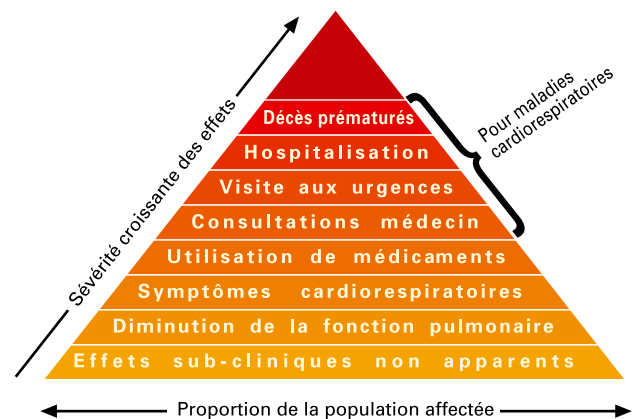
Les effets néfastes de la pollution atmosphérique urbaine ont été mis en évidence par des études épidémiologiques.

Ils sont cohérents avec les travaux toxicologiques*, même si l'ensemble des phénomènes physiopathologiques n'est pas encore expliqué.

Les effets sont classés en deux groupes :

- ▶ **Les effets à court terme** qui sont les manifestations cliniques*, fonctionnelles ou biologiques survenant dans des délais brefs (quelques jours ou semaines) suite aux variations journalières des niveaux ambiants de pollution atmosphérique ;
- ▶ **Les effets à long terme** qui peuvent survenir après une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique et qui peuvent induire une surmortalité et une réduction de l'espérance de vie. L'exposition à long terme aux particules fines conduit à un risque accru de cancer du poumon et à une augmentation du risque de décès toutes causes et plus spécifiquement par maladies cardio-respiratoires.

Il a été démontré que l'exposition à certains polluants atmosphériques (notamment les particules) est responsable d'effets dits sans seuil, c'est-à-dire que le risque de mortalité augmente avec l'exposition. Cette augmentation est imputable à la pollution atmosphérique urbaine dans son ensemble. Ainsi, même si les particules ont été mises en cause plus nettement⁴⁻⁵, il est difficile d'attribuer un effet spécifique à un polluant particulier. ■



Pyramide des effets aigus associés à la pollution atmosphérique

Source : Direction de la santé publique de Montréal. 2003

)))) Quelle est l'importance du problème ?

De façon générale, il est admis que le nombre annuel de décès attribuables aux effets d'une exposition à long terme serait plus important que celui des effets d'une exposition à court terme. De plus, même pour les effets à court terme les pics de pollution contribuent peu à l'impact total. Celui-ci est essentiellement dû à des niveaux de pollution modérés mais plus nombreux d'où l'importance de la pollution de fond.

Si le risque n'est pas grand au niveau individuel (par rapport au tabagisme), la forte proportion de personnes exposées et l'absence de seuil d'innocuité font de la pollution atmosphérique urbaine un problème majeur de santé publique ainsi que l'illustrent les évaluations d'impact sanitaire réalisées à ce jour. Künzli et ses collègues⁴ ont été parmi les premiers à faire une estimation quantitative du nombre de décès dû à la pollution atmosphérique dans trois pays (France, Suisse et Autriche) : 6 % des décès totaux seraient attribuables à la pollution atmosphérique, celle liée au transport en expliquerait la moitié, soit 20 000 décès annuels pour ces trois pays.

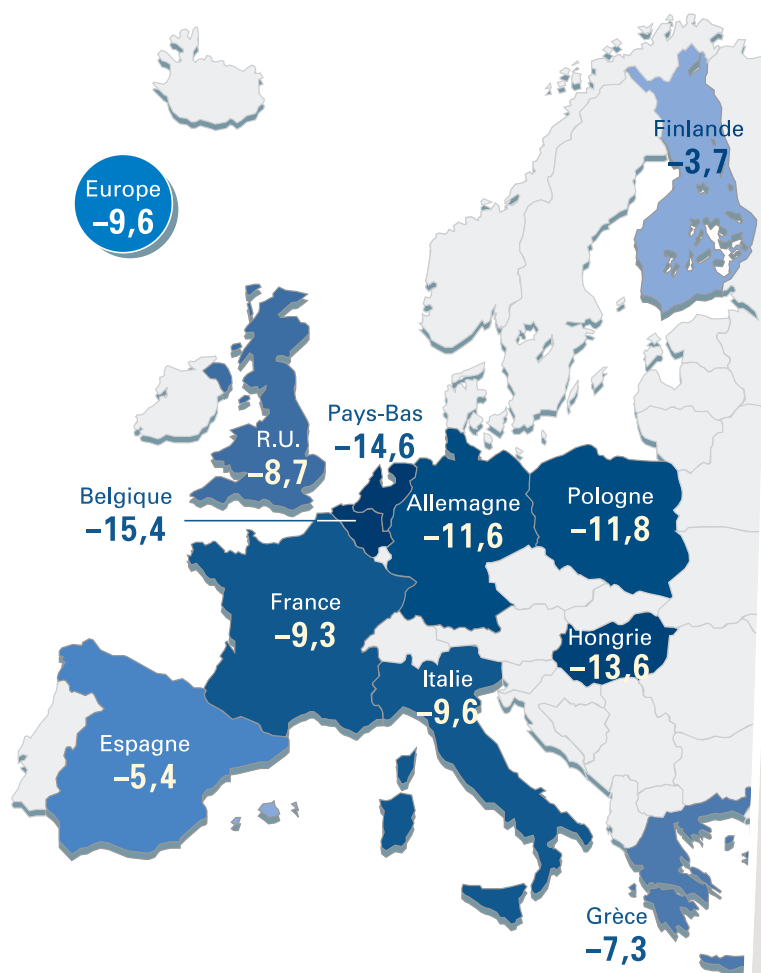
En affinant cette démarche scientifique, le groupe d'experts réuni par l'Afsse en 2004⁵ a estimé l'impact sur la santé d'une exposition chronique aux particules fines présentes dans l'air dans 76 agglomérations françaises (soit environ 15 millions de personnes âgées de 30 ans ou plus). Pour l'année 2002 et selon les hypothèses de risque retenues, 600 à 1 100 décès par cancer du poumon (6 % à 11 % de la mortalité par cancer du poumon) et 3 000 à 5 000 décès par maladie cardio-respiratoire (5 % à 7 % de la mortalité de cette nature) seraient attribuables à cette exposition chronique. Un total de 6 000 à 9 000 décès, toutes causes confondues, pourrait également lui être attribué (soit 3 % à 5 % de la mortalité totale pour la population concernée).

Les calculs actuels de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique en terme d'estimation de la diminution de l'espérance de vie permettent les comparaisons. Ainsi, pour l'Europe, on estime que 100 000 décès et 725 000 années de vie perdues par an sont attribuables à l'exposition aux particules fines⁶.

En 2004⁷, dans les 26 villes européennes du programme APHEIS (Air Pollution and Health : European Information System), l'évaluation d'impact sanitaire sur les 36 millions d'habitants a estimé à 11 375 le nombre de décès prématurés qui pourraient être prévenus chaque année si, toutes choses égales par ailleurs, l'exposition à long terme aux $PM_{2,5}$ était ramenée à $20 \mu g.m^{-3}$ dans chaque ville. Sa réduction à $15 \mu g.m^{-3}$ entraînerait la prévention de quelques 16 926 décès prématurés. Une moyenne annuelle qui n'excéderait pas $15 \mu g.m^{-3}$ se traduirait par un gain de 2 à 13 mois d'espérance de vie pour une personne de 30 ans. ■

Estimation de la diminution de l'espérance de vie (en mois) en Europe imputable aux particules fines $PM_{2,5}$ Situation 2000, fourchette haute.

Source : Baseline Scenarios for the Clean Air For Europe (CAFE)⁶





)) Quelles sont les mesures réglementaires ?

Le droit de respirer un air qui ne nuise pas à la santé a été reconnu par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE).

Dans chaque région, l'État confie la surveillance de la qualité de l'air à une ou plusieurs associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) dont les missions de base sont :

- ▶ la surveillance de la qualité de l'air ;
- ▶ la diffusion des résultats et des prévisions ;
- ▶ l'information du public et des décideurs lors des dépassements des seuils d'information, de recommandation et d'alerte. Dès le niveau d'information et de recommandation, il peut être préconisé de réduire la vitesse de 20 km/h en zone périurbaine et hors agglomération, de privilégier les modes de déplacement non polluants, d'éviter les exercices physiques intenses. Il est recommandé aux populations fragiles (enfants, personnes âgées, patients atteints d'une maladie chronique cardiaque ou respiratoire) de limiter les déplacements et de respecter scrupuleusement leur traitement médical en cours.

La réglementation française, s'appuyant largement sur des directives européennes, fixe des normes de qualité de l'air (valeurs limites à respecter, objectifs de qualité à atteindre) pour plus d'une dizaine de polluants. Ces valeurs limites ne sont pas respectées en permanence, notamment pour l'ozone, le dioxyde d'azote et les particules.

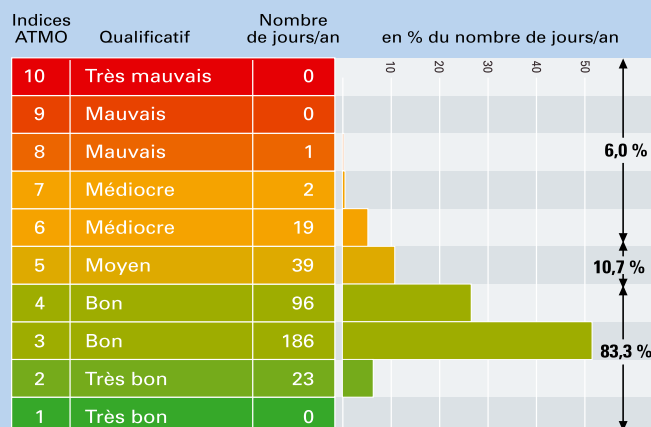
Le Plan national santé environnement comporte plusieurs actions visant à réduire la pollution atmosphérique urbaine. L'action 4 concerne la réduction des émissions de particules diesel par les sources mobiles. Les actions 5 et 6 portent sur la promotion de modes de déplacement alternatifs et la meilleure prise en compte de l'impact sur la santé des projets d'infrastructure de transports. ■

)) Quels sont les axes à renforcer ?

- ▶ Des travaux sont recommandés pour améliorer la connaissance des impacts des différentes stratégies de réduction des émissions polluantes sur les expositions ;
- ▶ Une caractérisation physico-chimique plus fine des polluants et leur éventuelle interaction avec les allergènes biologiques est nécessaire ;
- ▶ Les particules ultrafines devraient bénéficier d'une attention particulière et être incluses dans les études d'impact sanitaire ;
- ▶ Des travaux harmonisés de cartographie fine sont nécessaires afin d'identifier les portions du territoire national où les populations sont affectées par des niveaux de pollution atmosphérique les plus élevés ;
- ▶ Les études toxicologiques* et épidémiologiques* sur des populations particulièrement fragiles doivent se poursuivre ;
- ▶ Le rôle exact de la pollution atmosphérique dans l'accroissement du nombre d'enfants asthmatiques mérite des travaux complémentaires ;
- ▶ Des études sur les effets à long terme de la pollution atmosphérique accompagnées d'évaluation d'impact sanitaire sont nécessaires au niveau européen. ■

L'indice ATMO

Indicateur d'information grand public sur la qualité de l'air, il concerne toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants. Seuls les sites situés dans les zones fortement peuplées de l'agglomération sont pris en compte. Pour chaque polluant (SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀) un sous-indice est calculé à partir d'une moyenne des niveaux du polluant considéré sur l'ensemble des stations retenues. C'est le sous-indice maximal qui est choisi comme indice ATMO final caractérisant la qualité de l'air globale de la journée considérée. C'est un chiffre allant de 1 à 10 associé à un qualificatif (de très bon à très mauvais).



Source : Airparif pour l'Ile de France. 2004



Bibliographie

Poursuivre la réduction des émissions de polluants et des expositions de la population

Quelques propositions du groupe d'experts réuni par l'Afsse⁵

En complément de l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine, le groupe d'experts a analysé une série de mesures destinées à améliorer la qualité de l'air en milieu urbain. Les enseignements qui se dégagent de cette analyse, conçue comme une boîte à outils, tiennent en huit grands points :

- ▶ anticiper, accélérer et étendre le plan d'action gouvernemental ;
- ▶ réglementer de manière plus contraignante les sources mobiles ;
- ▶ infléchir les émissions de CO₂ ;
- ▶ donner une priorité aux mesures permettant de réduire les expositions ;
- ▶ fixer des objectifs quantifiés de réduction de la pollution atmosphérique et des expositions ;
- ▶ mieux prendre en compte les particules dans l'élaboration des stratégies de réduction de la pollution atmosphérique ;
- ▶ évaluer l'impact des mesures de réduction de la pollution atmosphérique sur la santé ;
- ▶ renforcer les actions destinées à améliorer l'éducation, la formation et l'information du public.

Trois plans issus de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996

- ▶ **PRQA**, Plan Régional de la Qualité de l'Air : outil d'information et d'orientation qui a pour objet principal de définir les orientations en matière de prévention et de lutte contre la pollution atmosphérique.
- ▶ **PPA**, Plan pour la Protection de l'Atmosphère : élaboré pour 5 ans dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants, il permet aux préfets de prendre des mesures pour lutter contre la pollution atmosphérique.
- ▶ **PDU**, Plan de Déplacements Urbains : obligatoire dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants, il a pour objectif la diminution de la circulation automobile et le développement des transports collectifs.

1. *Inventaire des émissions des polluants atmosphériques en France*. Séries sectorielles et analyses, Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique. Février 2005
 2. Ministère des transports et l'équipement. *Les comptes des transports en 2004*, tome 1. Juillet 2005
 3. OMS. *WHO air quality guidelines*, Second edition. Regional Office for Europe. 2000. Update 2005: *WHO report on a working group meeting*. Bonn 18-25 octobre 2005
 4. Künzli N et coll. *Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment*. *Lancet*. 356(9232):795-801. Septembre 2000
 5. Afsse. *Impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine*. Rapports 1 et 2. Juin 2004
 6. European Commission Directorate C Environment and Health. *Baseline Scenarios for the Clean Air For Europe (CAFE) Programme*. Final Report. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Février 2005
 7. Medina S et coll. and the contributing members of the APHEIS group. *APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy*. Third year report. Institut de Veille Sanitaire, Saint-Maurice. 232 pages. June 2005 : <http://www.apheis.net/vfbisnvsApheis.pdf>
- Haut comité de la santé publique. *Politiques publiques, pollution atmosphérique et santé : poursuivre la réduction des risques*. Juillet 2000
- Inspection générale des affaires sociales (IGAS). *Rapport sur la prévention des risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique*. Juin 2003
- OMS. *Health Aspects of Air Pollution*. Results from the WHO Project Systematic Review of Health Aspects of Air Pollution in Europe. WHO, Regional Office for Europe, 25 p. 2004
- Direction de la santé publique de Montréal. Drouin L. *Transport, environnement et santé, un lien indissociable*. Novembre 2003

Réglementation

Loi n° 96-1236 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie.

Décret n° 2003-1085 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement.

Décret n° 2001-449 relatif aux plans de protection de l'atmosphère et pour réduire les émissions des sources de pollution atmosphérique.

Directives européennes sur la qualité de l'air : <http://europa.eu.int/comm/environment/air>

Guides pratiques

Les guides pratiques d'information du citoyen de l'Ademe : *L'air, un bien précieux*.

La pollution : des origines multiples.

Pollutions et facteurs naturels.

La qualité de l'air : surveiller et informer.

En cas de pics de pollution.

Agir chaque jour contre la pollution.

Sur Internet

Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique : www.citepa.org/pollution

Association pour la prévention de la pollution atmosphérique : www.appa.asso.fr

Registre français des émissions polluantes : www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php

Fédération des associations agréées de surveillance de la qualité de l'air : www.atmo-france.org/index2.htm

Bulletin de l'air présentant chaque jour à 17h l'état de la qualité de l'air dans les principales agglomérations françaises : www.buldair.org

Programme national de surveillance des effets sur la santé de la pollution de l'air dans 9 villes françaises. PSAS-9 : www.invs.sante.fr/psas9