

L'air

Faits marquants

- L'air constitue pour l'homme un environnement imposé et vital. L'homme respire en moyenne 15 m³ d'air par jour et s'expose à la pollution par ses voies aériennes.
- Les principales sources de pollution atmosphérique sont l'industrie et les transports en volumes d'émissions. La région Rhône-Alpes occupe la première place pour les composés organiques volatils (COV), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et le cuivre. Elle est à la deuxième place pour les particules en suspension (PS), les oxydes d'azote (NO_x) et certains métaux (plomb, cadmium, arsenic). Elle occupe une position plus favorable pour le dioxyde de carbone (CO₂), les dioxines, le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de soufre (SO₂).
- A court terme, la pollution atmosphérique provoque des décès anticipés (d'origine respiratoire et cardiovasculaire) et aggrave la prévalence de symptômes respiratoires chez les sujets sensibles (asthmatiques, insuffisants respiratoires, *etc.*). A long terme, elle augmente le risque de décès, diminue la fonction respiratoire et favorise le développement d'affections respiratoires chroniques.
- A ce jour, aucune étude n'est parvenue à déterminer, à l'échelle de la population, un seuil de concentration en deçà duquel les polluants atmosphériques seraient sans effet sur la santé.
- En Rhône-Alpes, l'air est de bonne qualité pour le SO₂, le CO et le Pb, de mauvaise qualité pour les NO_x, les PS et l'ozone, et dans une situation peu satisfaisante pour certains COV (benzène notamment) et les HAP.
- Dans la région, la surveillance de la qualité de l'air est assurée par six associations agréées. Seuls les niveaux de certains polluants indicateurs font l'objet d'un suivi quotidien.
- L'amélioration de la qualité de l'air, en particulier en milieu urbain, au delà du respect des valeurs réglementaires, permettrait un gain sanitaire important compte tenu de la taille de la population exposée.

Contexte

L'air constitue pour l'homme un environnement imposé et vital, auquel il est continuellement exposé. Or, l'air respiré joue un rôle non négligeable sur la santé humaine, surtout s'il est pollué¹.

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), chaque année, la pollution de l'air fait des millions de victimes et entraîne des affections graves : troubles respiratoires, asthme, affections pulmonaires chroniques obstructives, maladies cardiovasculaires et cancers du poumon principalement. Ce serait trois millions de personnes qui meurent chaque année sous l'effet de la pollution

atmosphérique, ce qui représente près de 5 % des 55 millions de décès annuels dans le monde². En France, 30 000 décès par an liés à la pollution atmosphérique urbaine pourraient être évités. Par ailleurs, depuis 20 ans, un doublement de la prévalence des maladies allergiques respiratoires est enregistré³. Pour les citoyens français, en 2004, le réchauffement de l'atmosphère (effet de serre) et la pollution de l'air arrivent en première (ex-æquo avec la pollution de l'eau) et deuxième position des préoccupations environnementales⁴. Selon l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), les français sont 72 % à percevoir la

pollution atmosphérique comme une réelle menace pour la santé, 45 % d'entre eux déclarent en être directement victimes ou connaître des personnes gênées par cette pollution dans leur entourage.

La pollution de l'air est un phénomène complexe. Les polluants atmosphériques sont nombreux et on distingue des polluants chimiques, biologiques et physiques. Selon la nature des polluants et des sources de pollution, différents types de pollution de l'air sont caractérisés : la pollution urbaine, la pollution industrielle, la pollution intérieure, la pollution radiologique et la pollution aérobiologique. Seules la pollution urbaine et la pollution industrielle sont abordées dans cette fiche^{NB}.

La pollution atmosphérique apparaît comme un enjeu de santé publique et le « *droit de chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé* » s'inscrit dans un cadre réglementaire (article un de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, LAURE, de 1996)⁵.

En 2004, l'un des trois objectifs majeurs du Plan national santé environnement (PNSE) propose de garantir un air de bonne qualité³. Pour atteindre cet objectif, diverses actions déclinées selon les sources émettrices de polluants sont énoncées :

- *Action 4 : « réduire les émissions de particules diesel par les sources mobiles » ;*

- *Action 5 : « promouvoir les modes de déplacements alternatifs » ;*
- *Action 7 : « réduire les émissions aériennes de substances toxiques d'origine industrielle » ;*
- *Action 8 : « réduire les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) des installations industrielles » ;*
- *Action 9 : « réduire les émissions polluantes du secteur résidentiel-tertiaire ».*

Axées principalement sur les émissions issues du secteur des transports, de l'industrie, et du résidentiel-tertiaire, ces actions concernent particulièrement la région Rhône-Alpes qui, en tant que deuxième région économique française, dispose d'une importante activité industrielle (secteurs de pointe, biotechnologique et électronique, « couloir de la chimie », etc.) et de pôles urbains à forte densité démographique.

NB : La pollution industrielle est aussi développée dans « L'activité industrielle » ; La pollution de l'air dans les espaces intérieurs est traitée dans « L'habitat et l'air intérieur » ; La pollution radiologique est traitée dans « Les rayonnements ionisants » et « les rayonnements non ionisants » ; La pollution biologique est traitée dans « Les pollens et l'ambrosie » et « Les légionelles » ; Les nuisances olfactives sont développées dans « La qualité de vie, le bruit et les odeurs ». Enfin, les grands problèmes planétaires consécutifs à la pollution atmosphérique tels que l'effet de serre, « le trou de la couche d'ozone » et les retombées acides ne sont pas évoqués.

Sources d'exposition / Pollution

En France, la loi sur l'air de 1996 définit la pollution atmosphérique 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, à provoquer des nuisances olfactives excessives* »⁵.

La pollution de l'air est un phénomène complexe, d'origine anthropique et naturelle dont les effets sont divers. Seule la pollution chimique susceptible d'avoir un impact sur la santé sera évoquée dans cette fiche.

Les sources de pollution et les polluants

Les sources de pollution, industrielle et urbaine, sont soit fixes, soit mobiles.

Parmi les sources fixes, on compte les installations artisanales et industrielles (métallurgie, chimie, sidérurgie, cimenterie, etc.), les installations de combustion, qui fournissent chauffage et énergie (chaudières, foyers de combustion, etc.) et les installations d'incinération des déchets⁶.

Les principaux polluants atmosphériques issus de sources fixes dérivent de l'oxydation du carbone organique présent dans les combustibles, d'impuretés (soufre) et de l'azote constitutif de l'air. On peut citer des polluants classiques, connus de longue date tels que le

monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), les particules en suspension (PS). Plus récemment se sont ajoutées d'autres substances telles que le fluor issu de la métallurgie de l'aluminium, l'acide chlorhydrique (HCl) issu des décharges et incinérateurs, l'ammoniac (NH₃) issu de l'agriculture, les métaux lourds (plomb, mercure, cadmium, arsenic, *etc.*) et toutes sortes de gaz à effet de serre : dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), chlorofluorocarbures (CFC), *etc.* issus de l'industrie⁶.

Les sources mobiles sont les transports aériens, maritimes, ferroviaires et surtout les transports routiers.

Les polluants issus de sources mobiles proviennent des échappements des moteurs de véhicules et de l'évaporation des essences. On rencontre ainsi essentiellement des NO_x, des PS, du CO, du CO₂, des hydrocarbures aromatiques mono- et polycycliques (HAM-HAP), du SO₂. Les moteurs diesel émettent moins de CO, CO₂, et d'hydrocarbures que les moteurs à essence mais leur très fortes émissions en NO_x, (1,6 fois plus) et PS (30 fois plus) sont préoccupantes. Les moteurs à biocarburants émettent plutôt des hydrocarbures et des COV⁶.

Les particules (PS) : Elles regroupent les particules microscopiques différenciées selon leur diamètre aérodynamique (PM₁₀ si taille < 10 μm et PM_{2,5} si taille < 2,5 μm). Les principales sources sont les installations de combustion, l'incinération, les transports (diesel) et les procédés industriels tels que l'extraction de minéraux, la cimenterie, la sidérurgie, l'aciérie, la fonderie, la plâtrerie, la chimie fine, *etc.* Les PS peuvent servir de vecteurs à différentes substances toxiques cancérigènes ou mutagènes telles que les métaux lourds ou les HAP. Dans la région, les émissions les plus fortes reposent sur un peu plus de 15 000 tonnes (38 %) de PM₁₀ issues de l'industrie et les 8 200 tonnes (36 %) de PM_{2,5} du secteur résidentiel-tertiaire. La région Rhône-Alpes se place en deuxième position des régions françaises les plus émettrices (derrière Midi-Pyrénées)⁷. Les valeurs limites* journalières sont respectées alors qu'en moyenne annuelle, les objectifs de qualité* sont dépassés ou susceptibles de l'être à proximité des sites très influencés par la circulation automobile^{8,12}. Ceci illustre le fait que, du point

de vue de la responsabilité des différentes sources sur la santé publique, c'est leur part dans les concentrations auxquelles la population est exposée qui est importante, et non pas leur part dans les émissions.

Le dioxyde de soufre (SO₂) : Les rejets sont dus à l'utilisation de combustibles fossiles soufrés (charbon, lignite, coke de pétrole, fuel, gazole) et à quelques procédés industriels (production de pâte à papier, raffinage du pétrole, *etc.*). Les plus gros émetteurs sont généralement les centrales thermiques, les raffineries, les grandes installations de combustion, *etc.* Le gaz naturel, le GPL et le bois sont des combustibles pas ou très peu soufrés. La région Rhône-Alpes, par son industrie qui représente 70 % des émissions, se place en sixième position des 22 régions de France métropolitaine⁷. A Lyon, la pollution au SO₂ a été diminuée par 10 en 20 ans. En termes de moyenne annuelle, ces dernières années, l'objectif de qualité de 50 μg/m³ est respecté. Mais en valeur journalière, des dépassements de la valeur limite sont observés notamment dans le centre ville de l'agglomération lyonnaise (pic de pollution sur la moitié des stations en janvier 1997)^{8,12}. La situation devrait cependant s'améliorer dans les années à venir puisque le gazole a été désoufré (passage en 2005 à la norme euro4 qui limite désormais à 50 ppm de soufre contre 300 ppm auparavant).

Les oxydes d'azote (NO_x) : Ils regroupent le monoxyde et le dioxyde d'azote (NO_x=NO+NO₂). Les principaux émetteurs sont les grandes installations de combustion et surtout les véhicules automobiles (d'où une politique de réduction au moyen de pots catalytiques). Volcans, orages, feux de forêts contribuent aussi aux émissions. Le NO₂ est responsable dans les villes à forte circulation de la couleur brunâtre des couches d'air pollué situées à quelques centaines de mètres d'altitude (avec une action conjointe des particules). Il est un bon indicateur des sources mobiles. En Rhône-Alpes, ce sont les transports routiers qui sont les principaux émetteurs de NO_x (66 %). La région occupe ainsi la deuxième place des régions françaises les plus émettrices, après l'Île de France⁷. La valeur limite annuelle est respectée. Les objectifs de qualité sont dépassés essentiellement sur les sites en bordure des axes de circulation très fréquentés en agglomération^{8,12}.

Le monoxyde de carbone (CO) : Il est produit par des combustions incomplètes généralement dues à des installations mal réglées. Il est présent dans les rejets de certains procédés industriels (agglomération de minerai, aciéries, incinération de déchets) mais il est surtout présent dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles. En Rhône-Alpes, les transports routiers sont responsables de 60 % des émissions, le secteur résidentiel-tertiaire de 29 %, ce qui classe la région à la cinquième position⁷. La valeur limite de 10 mg/m³ en moyenne sur 8h mesurée par des stations de proximité automobile est satisfaite sur tous les sites de mesure, excepté dans les tunnels ou les parkings^{8,12} [Cf. «*L'habitat et l'air intérieur*»].

Les composés organiques volatils (COV) : Ils regroupent une multitude de substances (plus de 300 types dans l'air), s'évaporant facilement dans l'atmosphère et qui ne correspondent pas à une définition très rigoureuse. Certains seulement sont toxiques pour l'homme. Il est fréquent de distinguer séparément le méthane (CH₄) qui est un COV particulier, naturellement présent dans l'air. Les COV émis par l'activité humaine sont issus principalement de solvants ou de carburants, secondairement d'autres composés organiques. Les émissions sont dues à certains procédés industriels (chimie, dégraissage des métaux, application de peinture, imprimerie, caoutchouc, raffinage du pétrole, etc.). On les retrouve dans l'habitat où ils sont issus de l'utilisation de combustibles ou de produits domestiques (peinture, produits d'entretien, parfums et cosmétiques, tabac, etc.) [Cf. «*L'habitat et l'air intérieur*»]. Pour une part importante, ils sont issus des émissions des transports (surtout automobile) et des sources biotiques (forêts). Rhône-Alpes est la région la plus émettrice de COV non méthanique. Ce sont les sources biotiques qui expliquent 51 % des émissions, l'industrie représentant 20 %, les transports 16 % [Cf. «*Les COV*»]⁷.

Les polluants organiques persistants (POP) : Dénommés ainsi du fait de leur persistance dans l'environnement et de leur propriété d'accumulation dans les tissus vivants, ils regroupent les dioxines et furannes, les HAP mais aussi le trichloroéthylène, et des gaz à effet de serre. Les HAP sont liés à certains phénomènes de combustion. La région Rhône-Alpes se place en première position des régions

émettrices de HAP avec principalement 76 % émis par le secteur résidentiel-tertiaire, 13 % par les transports et 7 % par les sources biotiques. Elle passe en troisième position concernant les émissions de dioxines et de furannes (94 % par l'industrie, 5 % par le résidentiel-tertiaire)⁷.

Les métaux lourds

L'arsenic (As) provient de traces dans les combustibles minéraux solides, dans le fioul lourd et dans certaines matières premières utilisées notamment dans des procédés comme la production de verre, de métaux non ferreux ou la métallurgie des ferreux. Par son industrie (83 % des émissions), la région se place en deuxième position des régions les plus émettrices en France, juste après l'Auvergne⁷.

Le cadmium (Cd) est émis par l'incinération de déchets, la combustion à partir des combustibles minéraux solides, du fioul lourd et des sources biotiques. Rhône-Alpes se place en deuxième position des régions les plus émettrices en France (98 % des émissions due à l'industrie), après Nord-Pas-de-Calais⁷.

Le cuivre (Cu) provient de l'usure des caténaires induit par le trafic ferroviaire, des procédés de la métallurgie des métaux ferreux et non-ferreux, du traitement des déchets et de la combustion. Avec 62 % des émissions issues des transports (41 % transport routier, 21 % autres transports), la région Rhône-Alpes se place en première position des régions françaises les plus émettrices⁷.

Le mercure (Hg) est émis par la combustion du charbon, du pétrole, la production de chlore, l'incinération de déchets ménagers, hospitaliers et industriels. Rhône-Alpes se place en quatrième position des régions les plus émettrices (97 % issu de l'industrie)⁷.

Le plomb (Pb), était principalement émis par le trafic automobile jusqu'à l'interdiction de l'essence plombée au 1^{er} janvier 2000. Les autres sources sont issues de la fabrication de batteries électriques, la fabrication de certains verres (cristal), etc. Rhône-Alpes se place en deuxième position des régions françaises les plus émettrices avec 83 % issu de l'industrie et 9 % du secteur résidentiel-tertiaire⁷. La valeur limite et les objectifs de qualité sont respectés dans la région^{8,12} [Cf. «*Le Plomb*»].

Des réactions dans l'atmosphère

Dans l'atmosphère, les polluants sont dépendants des conditions rencontrées. Ils peuvent être dispersés, mélangés et recombinaés parfois selon des schémas complexes.

Les polluants directement émis dans l'atmosphère sont appelés les « polluants primaires » (SO_2 , NO_x , CO, COV, PS, métaux, *etc.*). Ils peuvent demeurer dans l'atmosphère sur une période dépendant de leurs demi-vies (5 jours pour le SO_2 , 1,5 jours pour les NO_x , jusqu'à 2 mois pour le CO, les COV) ou évoluer chimiquement dans l'air pour former des « polluants secondaires » (acide sulfurique, acide nitrique, ozone, *etc.*) qui sont à l'origine de la pollution photochimique et des pluies acides. La pollution photochimique désigne la réaction chimique qui produit un mélange complexe de polluants formés dans l'air sous l'effet du rayonnement solaire à partir des composés (primaires) émis par des sources naturelles et par les activités humaines (NO_x , COV, CO principalement). Le principal traceur photochimique est l'ozone troposphérique (O_3)* qui est un gaz agressif pour la santé. La quantité d'ozone formée dépend de l'abondance d'autres réactifs dans l'air et notamment du rapport COV/ NO_x . De manière simplifiée, on peut dire que l'ozone se forme à partir du NO_2 sous l'effet du rayonnement ultraviolet, et qu'il est détruit par le NO. Dans les zones urbaines, le NO, lui-même polluant primaire instable, est présent habituellement en forte quantité (par le trafic automobile) et il contribue à la consommation d' O_3 . Par contre, dans les zones périurbaines ou rurales, les concentrations en NO étant plus faibles que dans le cœur des villes, l'ozone a tendance à s'accumuler. Cette pollution photochimique est un phénomène caractéristique des situations estivales anticycloniques : elle s'observe surtout en été dans les régions périurbaines et rurales sous le vent des agglomérations.

Les conditions météorologiques jouent donc un rôle dans la pollution de l'air, favorisant ou non la dispersion (dilution) des polluants ou les réactions chimiques. D'une manière générale, des conditions anticycloniques avec un ciel clair, un vent faible, un fort ensoleillement favorisent l'accumulation de polluants ; des conditions dépressionnaires avec une bonne circulation des masses d'air (vent) favorisent leur dispersion⁹. Dans certaines situations

particulières (phénomène d'inversion de température*) la dispersion est empêchée, provoquant des concentrations parfois élevées.

Bilan sur la situation rhônalpine

En Rhône-Alpes comme ailleurs en France, les problèmes de pollution atmosphérique ont évolué ces trente dernières années en raison d'une part, de la baisse des émissions des sources fixes (chauffage et activités industrielles) et d'autre part, de la hausse du trafic automobile associée à une baisse importante des émissions unitaires des véhicules et à la "diésélisation" du parc automobile. On a ainsi observé la diminution globale des concentrations en SO_2 , en Pb et en CO contre une augmentation des NO_x , PS et COV.

En résumé, la région Rhône-Alpes occupe la première place des régions les plus émettrices des volumes atmosphériques de COV, HAP, Cu et de certains gaz à effets de serre [Cf. « *L'activité industrielle* »]. Elle est à la deuxième place pour les émissions de PS, NO_x , Pb, Cd et As, à la troisième place pour le CO_2 , les dioxines et les furannes, à la quatrième place pour le Hg, à la cinquième place pour le CO, le nickel et le zinc et à la sixième place pour le SO_2 ⁷.

Au final, on peut dire que globalement l'air de la région Rhône-Alpes est^{7,10,11} :

- de bonne qualité pour le SO_2 , le CO et le plomb. Les valeurs limites et les objectifs de qualité sont respectés ;
- de mauvaise qualité pour les NO_x et les $\text{PM}_{2,5}$. Les valeurs limites et objectifs de qualité sont dépassés ou susceptibles de l'être à proximité des axes très fréquentés de circulation ;
- de mauvaise qualité pour l' O_3 . Les valeurs cibles pour la santé humaine et les objectifs de qualité pour la végétation sont dépassés dans la majorité des sites y compris les sites ruraux ;
- dans une situation critique avec dépassement des objectifs de qualité pour certains COV (benzène) et un risque important de dépassement de la future valeur cible européenne pour les HAP.

Exposition et effets sur la santé

Chaque être humain respire en moyenne 15 m³ d'air par jour et s'expose donc à la pollution de l'air par ses voies aériennes^{6,9,12}. Les populations les plus exposées sont celles des grandes agglomérations urbaines et celles vivant à proximité de grands centres industriels émetteurs, ce qui concerne donc la moitié des rhônalpins. L'exposition individuelle est difficile à évaluer. On a coutume de différencier des niveaux d'exposition «de fond», de niveaux d'exposition «de proximité» (rencontrés à proximité immédiate des sources de pollution : grands boulevards, industries, *etc.*). On peut ainsi citer à titre d'exemples, par ordre décroissant des niveaux d'exposition, le chauffeur confiné dans son véhicule dans les embouteillages, le cycliste qui se faufile entre les véhicules et enfin le joggeur faisant du sport dans un parc urbain⁹. L'exposition diffère selon les individus, notamment selon leurs évolutions dans l'espace et l'intensité de leurs activités physiques. Elle peut également être aiguë ou chronique, selon qu'elle survient sur un mode accidentel à doses importantes ou sur un mode continu à faibles doses. Les effets de ces expositions se manifestent sur le court ou le long terme. Ils peuvent aller de l'inconfort au décès par détresse respiratoire ou cardiovasculaire¹⁶. Des épisodes majeurs de pollution sont survenus par le passé. En 1952, à Londres, 4 000 décès en 15 jours ont été attribués à un pic accidentel de SO₂¹³. Ces phénomènes aigus sont rares de nos jours. Les risques sanitaires proviennent plutôt d'expositions à des niveaux plus modérés mais qui peuvent être répétées et de longue durée. A ce jour, aucune étude épidémiologique n'est parvenue à déterminer, à l'échelle de la population, un seuil de concentration en deçà duquel les polluants atmosphériques seraient sans effet sur la santé. C'est pour cela que la relation entre l'exposition à la pollution atmosphérique et le risque sanitaire est dite « sans seuil ». Cela n'exclut pas l'existence de niveaux de sensibilité individuelle chez des personnes fragiles (enfants, insuffisants respiratoires, asthmatiques, personnes âgées, *etc.*) avec des réactions à court terme allant le plus souvent du simple signe clinique à la survenue de maladies graves conduisant à l'hospitalisation ou au décès. A long terme, l'exposition chronique à la pollution

atmosphérique particulière, par exemple, est associée à une augmentation de risque de décès par cancer du poumon. La pollution de l'air joue donc un rôle, à court terme, sur l'aggravation de pathologies respiratoires et, à long terme, sur le développement de maladies chroniques et sur la cancérogénèse^{6,9}.

Une toxicité spécifique

Une fois inhalés, les polluants pénètrent dans les poumons où ils peuvent exercer directement leur toxicité ou transiter vers d'autres organes (système nerveux, rein, foie, moelle osseuse ou ganglions) à partir des alvéoles *via* la circulation sanguine. Les effets sont généralement d'autant plus graves que les polluants pénètrent profondément. De l'ordre de 20 à 30 % des polluants inhalés s'accumulent ainsi dans les organes. C'est le cas du plomb, des HAP et des dioxines^{3,9}. Globalement, l'impact sanitaire se manifeste par des effets sur l'appareil respiratoire et sur l'appareil cardiovasculaire, par accroissement de la morbidité et de la mortalité. Même si les polluants sont nombreux et inhalés sous la forme de mélange, leur toxicité reste toutefois assez spécifique et dépendante de leurs propriétés physico-chimiques, de leur temps de rétention, des mécanismes d'élimination, de la présence concomitante de facteurs aggravants (tabagisme), *etc.*^{9,12}. On peut ainsi leur attribuer une nocivité propre.

Les particules (PS) ont une toxicité dépendant de leur taille, qui détermine leur capacité à pénétrer plus ou moins loin dans l'arbre bronchique. Celles de taille importante sont généralement expulsées des voies respiratoires pour être mouchées ou dégluties (la voie d'entrée devenant alors la voie digestive). Les PS fines (de diamètre inférieur à 2,5 µm aussi appelées PM_{2,5}) peuvent parvenir jusqu'aux alvéoles pulmonaires voire transiter dans la circulation sanguine. On les retrouve à des quantités trois fois supérieures chez les enfants et jusqu'à huit fois supérieures chez les nouveaux-nés du fait de leur arbre respiratoire moins ramifié que chez l'adulte⁹. Elles ont une double action liée à leurs propriétés intrinsèques et aux polluants qu'elles transportent (métaux, HAP, *etc.*). Elles ont des propriétés irritantes, altèrent la fonction respiratoire, créent de

l'œdème, diminuent l'efficacité des mécanismes de défense contre l'infection et peuvent entraîner des troubles cardiovasculaires. Des propriétés mutagènes et cancérigènes ont été démontrées expérimentalement. Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) classe ainsi les émissions diesel (gaz et particules) en cancérigènes probables chez l'homme, (groupe 2A). Les PS constituent un indicateur majeur du risque sanitaire de la pollution atmosphérique.

Le dioxyde de soufre (SO_2) est un gaz irritant pour les bronches, très soluble (donc peu susceptible d'atteindre les voies respiratoires profondes), qui altère la fonction respiratoire. Aggloméré aux PS, il est capable d'atteindre les bronchioles et alvéoles profonds provoquant, à concentration élevée, une inflammation avec spasmes bronchiques. Les asthmatiques y sont particulièrement sensibles. Il augmente aussi les symptômes respiratoires aigus (toux et gêne respiratoire) chez l'adulte et altère la fonction respiratoire chez l'enfant (diminution de la capacité respiratoire, toux). Il peut-être à l'origine de troubles cardiovasculaires.

Les oxydes d'azote (NO_x) sont des gaz peu solubles, à propriétés irritantes, qui pénètrent profondément dans les voies respiratoires. Ils induisent des affections respiratoires, ont des effets sur le système immunitaire et, chez les asthmatiques, ils provoquent une hyperréactivité bronchique avec augmentation de la fréquence et de la gravité des crises.

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore qui à faible dose provoque des troubles cardiaques, des nausées, des vertiges, des troubles de la vigilance et des maux de tête. A forte dose, on observe des altérations de la conscience pouvant aller jusqu'au coma. Des teneurs problématiques ne s'observent pas en plein air mais les tunnels, les parkings souterrains mal ventilés et l'habitat sont à surveiller [Cf. « *L'habitat et l'air intérieur* »].

Les composés organiques volatils (COV) sont un ensemble de polluants aux propriétés diverses [Cf. « *Les COV* »]. Ils peuvent provoquer des irritations cutanées, oculaires et respiratoires, des maux de tête, des troubles cardiaques, digestifs, rénaux, hépatiques et du système nerveux central comme des troubles de

la vision, de la parole, des problèmes de concentration ou de mémoire¹⁴. Le benzène, qui est un COV particulier, est reconnu comme cancérigène certain pour l'homme, ainsi que le formaldéhyde. Le toluène aurait des effets reprotoxiques.

Les polluants organiques persistants (POP) produisent des effets néfastes du fait de leur persistance dans l'environnement comme dans l'organisme. Ils ont des propriétés irritantes, pouvant causer des inflammations respiratoires chroniques⁹. Les dioxines par exemple seraient responsables d'affections cutanées, de tératogénicité (malformations) et cancérogénicité.

L'ozone (O_3) est un gaz très irritant (yeux, gorge, bronches). Peu soluble, il pénètre dans les poumons et est responsable d'inflammations de l'appareil respiratoire et d'altérations pulmonaires, particulièrement chez les enfants et les asthmatiques.

Les métaux lourds

A la différence des gaz, l'exposition chronique à des métaux par la voie de l'inhalation n'est pas très fréquente, excepté en milieu professionnel et dans certaines situations particulières. Dans le cadre du travail, des expositions au mercure inhalé ont permis de montrer des effets sur le système nerveux central, des altérations de la fonction rénale par le cadmium, *etc.* Mais en population générale, la part de l'imprégnation métallique de l'organisme imputable à la pollution de l'air reste difficile à estimer. L'exposition chronique serait principalement liée à l'ingestion d'eau et d'aliments, contaminés par des poussières de l'air, de sols [Cf. « *Les Sols* »]. On sait ainsi que l'ingestion de plomb, voie principale de contamination, entraîne des effets neurologiques et comportementaux [Cf. « *Le plomb* »].

Des effets à court terme

Objets de nombreux travaux épidémiologiques, les effets à court terme sont définis comme « des manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques survenant dans des délais brefs (quelques jours ou semaines) suite aux variations journalières des niveaux ambiants de pollution atmosphérique »¹⁵. Les effets sur la mortalité toutes causes ou spécifique (respiratoire et cardiovasculaire) sont les plus

documentés. Ne seront ici cités que quelques exemples d'études. Concernant la mortalité, en premier lieu, le programme européen APHEA (*Air pollution and health: a european approach*) mené dans une quinzaine de villes européennes (dont Lyon) a montré que lorsqu'on considère un jour de décalage entre le niveau de pollution et la survenue de décès, on observe un excès de risque de mortalité quotidienne de l'ordre de 2 % pour une augmentation de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 , de 1,3 % pour les fumées noires* et de 2,2 % pour les PM_{10} ^{6,14}. La mortalité respiratoire augmente respectivement de 4 %, 5 % et 2 % pour des élévations de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumées noires, SO_2 et O_3 . Pour la mortalité cardiovasculaire, le risque croît respectivement de 2 %, 4 % et 2 %. Ces résultats ont été confirmés en 2002 par l'étude multicentrique réalisée par l'Institut de veille sanitaire dans 9 villes françaises, dont Lyon (PSAS-9)¹⁶. Globalement, l'excès de risque de mortalité variait de 3 à 4 % pour une augmentation de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ des indicateurs de pollution. Plus récemment, l'étude APHEIS (*Air pollution and health: a european information system*), consistant en une évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans 26 villes européennes (dont Lyon) a montré qu'une diminution de l'exposition à court terme des PM_{10} à $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ préviendrait, sur l'ensemble de ces 26 villes, 2 580 décès prématurés par an (1 741 d'origine cardiovasculaire et 429 d'origine respiratoire)¹⁷. A Lyon, l'étude PSAS-9 montre que 221 décès anticipés par an seraient attribuables à l'ensemble des jours pour lesquels le niveau de pollution en NO_2 dépasse $10\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En termes de morbidité, ce sont les hospitalisations pour causes respiratoires et cardiovasculaires qui ont été le plus étudiées. Des relations significatives ont été établies entre les variations quotidiennes de niveaux de pollution et la fréquence et gravité des symptômes respiratoires ressentis, l'asthme, la fonction respiratoire, la consommation de médicaments antihistaminiques et sur les visites en médecine ambulatoire^{6,14,19}. L'étude APHEA a montré que des augmentations des admissions hospitalières pour causes respiratoires étaient associées à une augmentation des niveaux de fumées noires, de SO_2 et O_3 . L'étude ERPURS (*Évaluation des risques de pollution urbaine sur la santé*) menée en Île-de-France par l'Observatoire régional de la santé a montré que

l'augmentation des niveaux de pollution urbaine, d'un niveau faible à un niveau médian, entraînait des augmentations d'hospitalisations de 7,9 % pour asthme chez les moins de 15 ans et de 3,3 % pour maladies de l'appareil circulatoire en lien avec le NO_2 , de 5,1 % pour maladies respiratoires chez les moins de 15 ans en lien avec les particules fines, de 1,9 % pour broncho-pneumopathies chroniques obstructives en lien avec l' O_3 ¹⁸. Les études ERPURS et PSAS-9 précisent que l'effet de la pollution atmosphérique à court terme est plus important que celui à très court terme : l'effet sanitaire d'une augmentation des niveaux de pollution atmosphérique se poursuit plus de trois jours après l'exposition^{16,19}.

Des effets à long terme

Les effets à long terme sont définis comme « des affections ou pathologies survenant après une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique »¹⁵. Les études épidémiologiques visant à étudier ces effets différés sont difficiles à mettre en oeuvre car elles nécessitent le suivi de larges populations sur de longues périodes^{6,20}. Et le rôle du tabac peut être si important qu'il masque la relation entre les effets sanitaires et la pollution atmosphérique. La littérature scientifique est donc moins abondante. Les résultats s'accordent cependant sur des associations entre les niveaux de pollution et la mortalité toutes causes et la mortalité par cancer du poumon. L'association la plus forte avec le risque de mortalité concernerait les $\text{PM}_{2,5}$ ⁶. L'étude APHEIS a estimé à 11 375 le nombre de décès prématurés (8 053 d'origine cardio-pulmonaire et 296 par cancer du poumon) qui pourraient être prévenus chaque année si l'exposition à long terme au $\text{PM}_{2,5}$ était ramenée à $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'ensemble des vingt-six villes de l'étude¹⁷. Plus récemment, l'étude Génotox'ER (évaluation de risque basée sur les études de cohorte américaines) conduite dans quatre agglomérations françaises, a estimé le nombre de décès moyens annuels par cancer du poumon attribuable aux $\text{PM}_{2,5}$ à 16 à Grenoble, 25 à Strasbourg, 48 à Rouen et 404 en Île-de-France²¹. Concernant la morbidité, des expositions de longue durée seraient associées au développement d'affections respiratoires chroniques, la survenue de symptômes chez l'enfant et l'adulte, et à la diminution de la fonction respiratoire²⁰.

Aspects réglementaires

Niveau européen

- Directive cadre du 27 septembre 1996 qui fixe un cadre général pour le contrôle de la qualité de l'air et pour la fixation d'objectifs locaux et régionaux.

Elle prévoit des plans de qualité de l'air et fixe la liste des substances dont le niveau dans l'air ambiant doit être surveillé pour la protection de la santé humaine. Elle prévoit des valeurs limites à ne pas dépasser, des valeurs guides à atteindre et des seuils au delà desquels une information immédiate au public est nécessaire.

- Directives filles de 1999 pour une série de polluants définissant des valeurs en concentration à ne pas dépasser : directive du 22 avril 1999 pour le SO₂, les NO_x, les PS, le Pb, directive du 16 novembre 2000 pour le CO, le benzène, celle du 12 février 2002 pour l'O₃, et celle du 15 décembre 2004 pour les HAP et les métaux (As, le Cd, le Hg et le Ni).
- Directive du 23 octobre 2001 pour l'instauration de plafonds nationaux d'émissions pour le SO₂, les NO_x, les COV et le NH₃.

Actuellement en France, les directives européennes sont satisfaites en règle générale pour le SO₂ et les PS. La situation est par contre encore tangente voire mauvaise pour les NO_x et O₃.

Niveau national

- Loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (Laure).

Intégrée dans le Code de l'environnement, la LAURE a rénové le cadre réglementaire national et instauré une nouvelle dynamique dans la gestion de la qualité de l'air. Elle a en particulier placé la préservation de la santé au cœur de ses dispositions, mettant en avant "le droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé". Cette loi impose des objectifs et des obligations en matière de surveillance et d'information. La France est ainsi tenue de mesurer des polluants sur l'ensemble de son territoire et d'informer la population en cas de dépassement des seuils d'alerte fixés. Elle prévoit aussi la mise en œuvre d'outils de planification tels que les plans de protection de l'atmosphère (PPA), les plans régionaux pour la qualité de l'air (PRQA) et les plans de déplacements urbains (PDU).

Gestion des risques

La surveillance de la qualité de l'air

Les polluants sont trop nombreux pour être tous analysés. Seuls quelques polluants choisis comme « indicateurs » font l'objet d'une surveillance et sont ainsi les témoins de la qualité de l'air. En 2003, en France, la surveillance de la qualité de l'air est assurée par un réseau de 40 associations agréées. Leur périmètre de compétence peut couvrir selon les cas, une ou plusieurs agglomérations, un département ou une région. La surveillance repose sur plus de 2 000 analyseurs, répartis sur 750 sites de mesure implantés en majeure partie dans des zones urbaines ou industrielles. Pour les sources mobiles, la surveillance repose sur un contrôle du CO, des NO_x, des hydrocarbures et des PS⁶. Pour les sources fixes, des polluants complémentaires sont recherchés : SO₂, métaux lourds, HCl, NH₃ et dioxines⁶.

En Rhône-Alpes, la surveillance de la qualité de l'air est assurée par six associations agréées (*Air-APS* pour l'Ain et les Pays de Savoie, *Ampasel* pour la Loire, *Ascoparg* pour le sud-Isère, *Asquadra* pour l'Ardèche et la Drôme, *Coparly* pour le Rhône et la Côte d'Azur de l'Ain, *Sup'Air* pour le nord-Isère ; ces associations agissant ensemble au sein d'un groupement). Fin 2003, les données étaient issues de 70 stations fixes de mesure de polluants (soit 270 paramètres suivis en continu), et 65 préleveurs et analyseurs en stations mobiles (véhicules et remorques déplaçables). En complément, des campagnes de mesure spécifiques peuvent être menées (exemple de la campagne à l'ozone durant la période estivale 2002). Ce dispositif est complété, pour des émissions industrielles particulières, par différents réseaux de surveillance de retombées des particules et d'un

réseau de surveillance du fluor dans la vallée de la Maurienne^{12,13}.

L'information

Les associations de surveillance informent le public sur la qualité de l'air à travers un indice *Atmo* calculé dans les grandes agglomérations à partir des mesures quotidiennes de pollution ambiante en SO₂, PM₁₀, NO₂, et O₃. Actuellement cet indice est mesuré dans 140 agglomérations. Basé sur une échelle de valeurs allant de 1 (bonne qualité) à 10 (qualité très mauvaise), l'indice permet d'informer le public sur la qualité de l'air. Des mesures de prévention sont mises en œuvre en cas de dépassement de seuils : seuil d'information* pour les personnes sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques, *etc.*), seuil d'alerte* pour l'ensemble de la population. Les seuils sont fixés au niveau européen, et aussi d'après les recommandations de l'OMS sur les concentrations en polluants à ne pas dépasser, puis ils sont transcrits en droit français. Ces recommandations, plus sévères que les normes connues en hygiène du travail, tiennent compte de la présence de sujets sensibles, des durées d'expositions et des synergies entre polluants⁹

La prévention

Lorsque le seuil d'alerte est atteint ou risque de l'être, les autorités préfectorales prennent des mesures propres à limiter l'ampleur et les effets des pointes de pollution sur la population. Ces mesures comportent un dispositif de restriction ou de suspension des activités concourant à la pollution comprenant, le cas échéant, la circulation des véhicules et les émissions des principales sources (industries). Les activités sportives d'extérieur sont déconseillées, notamment chez les enfants. L'avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France du 18 avril 2000 a établi une liste des conduites à tenir en cas d'épisode de pollution atmosphérique.

Pour l'agglomération lyonnaise, les mesures sont :

- La diffusion de messages recommandant la réduction de la vitesse avant que les seuils d'alerte "dioxyde d'azote" ou "ozone" ne soient atteints ;
- Lorsque les seuils d'alerte sont atteints ou susceptibles de l'être, les mesures sont :
 - * La limitation de vitesse (70 km/h) sur les pénétrantes autoroutières et le boulevard périphérique ;

- * L'interdiction du transit des poids lourds de PTAC > 7,5 tonnes sur le réseau A6/A7 et déviation par l'itinéraire A46 ;
- * La mise en œuvre de la circulation alternée sur les communes de Lyon et Villeurbanne ;
- * Le renforcement des contrôles de vitesse et de fumées des véhicules.

De plus, il existe dans la région un projet d'arrêté inter-départemental d'alerte à la pollution de l'air qui conduit à homogénéiser la mise en place des pratiques de prévention en Rhône-Alpes.

La communication

De nombreux acteurs se sentant concernés par la problématique de la qualité de l'air (élus, associations, organismes de recherche, *etc.*), ce sont de très nombreuses actions, plaquettes d'information et dépliants qui sont édités régulièrement pour le grand public. Les thèmes récemment abordés prônent par exemple les modes de déplacements alternatifs et leurs bienfaits par des plaquettes sur les avantages de la circulation à pied ou à vélo. Au niveau régional, différentes actions sont menées. Par exemple, la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales de l'Isère et la Direction régionale (Ddass38-Drass) pilotent actuellement la mise en place d'un CD-Rom à destination des élus et des professionnels au contact des personnes sensibles à la qualité de l'air (médecins généralistes, directeurs d'établissements scolaires, *etc.*). Le Conseil général de l'Isère a récemment réalisé un poster « Dans les Alpes sans ma voiture ». A Grenoble, l'Association pour le développement des transports en commun (ADTC) organise des journées pour promouvoir l'usage du vélo ou de la marche à pieds. A Lyon, le succès rencontré par la mise en place de stations de location de vélos dans la ville (Vélo'v) contribue à une moindre utilisation de la voiture pour les trajets courts.

Actions de maîtrise des risques

Le système basé sur la surveillance, l'information, la prévention et la communication dans le domaine de la qualité de l'air reflète un dispositif opérationnel en France. Mais dans la lutte contre les pollutions atmosphériques, les mesures techniques et réglementaires ne sauraient suffire²². Sous l'angle de la santé publique, les politiques de

gestion des risques doivent aller plus loin que des actions ponctuelles, dispersées ou limitées aux seuls évitements des pics de pollution. Il est désormais bien établi, compte tenu du grand nombre de personnes vivant en milieu urbain, qu'une amélioration de la qualité de l'air au delà du respect des valeurs limites réglementaires permettraient des gains sanitaires très importants.

Les mesures à entreprendre doivent être envisagées à travers une approche globale qui vise à diminuer les niveaux quotidiens de pollution^{20,23}.

Des mesures simples permettront d'atteindre ces niveaux :

- Pour les industriels

- * La filtration des fumées ;
- * L'utilisation de combustibles moins polluants ;
- * La promotion de technologies « propres ».

- Pour les transports

- * La limitation de l'usage de la voiture et le développement des transports en commun répondant aux attentes du public et accessibles au plus grand nombre ;
- * La standardisation des filtres à particules ;
- * La mise en place de politique de ferroutage et la tarification du transport routier à son vrai coût ;
- * L'augmentation du nombre de pistes cyclables dans les villes et plus largement l'augmentation de la place accordée aux transports collectifs ou non polluants (partage de l'espace).

- Pour les particuliers

- * La vérification régulière du bon fonctionnement des chauffages ;
- * Le choix de véhicules moins polluants associé à des contrôles techniques réguliers ;
- * L'incitation aux modes de déplacements non (vélo, marche) ou moins (transports en commun) polluants ;
- * L'évitement du tabac.

Indicateurs & annexes

1. La pollution de l'air en tant que phénomène complexe



Source : réseau Atmo. Disponible sur <<http://www.atmo-rhonealpes.org/>>

2. Sources d'émissions des principaux polluants atmosphériques et de leurs impacts sur la santé

Polluants	Origine en France	Effets sur la santé
Dioxyde de soufre (SO ₂)	≈ 80% industrie (installations de combustion, soufre du combustible) ≈ 10% résidentiel-tertiaire (chauffage urbain)	Gaz irritant. Il altère la fonction pulmonaire chez les enfants, exacerbe des symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire) et est associé à des troubles cardiovasculaires. Les personnes asthmatiques y sont particulièrement sensibles. Les effets sont souvent associés aux PS.
Oxyde d'azote (NO, NO ₂)	≈ 50% transport routier ≈ 25% industrie (installations de combustion) ≈ 5% résidentiel-tertiaire (chauffage urbain)	Gaz irritants, les NO _x provoquent une hyperréactivité bronchique chez les personnes asthmatiques, un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant et des affections respiratoires et des effets sur le système immunitaire chez l'adulte.
Particules en suspension (PS) comprenant les particules fines PM ₁₀ , elles-mêmes comprenant les particules extra-fines PM _{2,5}	≈ 10% transport routier (véhicules diesel) Industrie (combustion) Incinération des déchets	Elles sont responsables d'altération de la fonction respiratoire dans son ensemble et d'irritations des voies respiratoires inférieures chez l'enfant. Des troubles cardiovasculaires sont observés en association avec le SO ₂ et des hypothèses sur les propriétés mutagènes et cancérigènes sont soulevées (particules diesel). Elles servent souvent de support au transport d'autres polluants qui ajoutent leurs effets.
Composés organiques persistants (POP) dont les HAP dont les dioxines	Processus de combustion	Composés à propriétés irritantes, responsables d'inflammations respiratoires chroniques et propriétés cancérigènes. Les dioxines sont responsables d'affections cutanées à forte dose, de tératogénicité (malformations) et cancérogénicité suspectées.
Composés organiques volatils (COV) dont le benzène	Chimie, pétrochimie, procédés industriels, Usage de solvants Transports routiers	Il sont responsables d'irritations cutanées, oculaires, respiratoires, de céphalées, de troubles cardiaques, digestifs, rénaux, hépatiques et d'effets sur le système nerveux central (fatigue, vertige, trouble de la vision, perte de connaissance). Le benzène et le formaldéhyde sont reconnus comme cancérigènes, le toluène reprotoxique.
Monoxyde de carbone (CO)	≈ 30% transport routier ≈ 30% industrie (installations de combustion) ≈ 30% résidentiel-tertiaire (chauffage urbain)	Il est responsable d'hypoxie, de céphalées, vertiges, asthénies, de troubles sensoriels ou cardiaques. En cas d'exposition très élevée et prolongée, il peut être mortel ou laisser des séquelles neuropsychiques irréversibles (altération de la conscience, coma).
Ozone (O ₃)	Formé par réactions chimiques dans l'air entre les NO _x , les COV et le CO sous l'effet du rayonnement solaire	Gaz responsable d'irritations oculaires et nasales et d'inflammations de l'appareil respiratoire : toux et altération de la fonction pulmonaire surtout chez les enfants et les personnes asthmatiques. Ses effets sont majorés par l'exercice physique.
Métaux	Industrie (sidérurgie, combustion) Incinération des déchets	Toxiques neurologiques, hématologiques et rénaux pour le plomb et le mercure (à des expositions très fortes, souvent professionnelles pour le mercure).

Source : Ademe, Citepa.

3. Valeurs réglementaires des principaux polluants à respecter pour la protection de la santé humaine (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Polluants	Seuil d'alerte	Seuil d'information	Valeurs limites	Objectifs de qualité
SO₂	500 (moyenne sur 3h consécutives)	300 (moyenne horaire)	125 (moyenne journalière) 350 (moyenne horaire)	50 (moyenne annuelle)
Recommandations OMS	500 (moyenne sur 10 mn)	350 (moyenne horaire)	125 (moyenne journalière)	50 (moyenne annuelle)
NO₂	400 ou 200* (moyenne horaire)	200 (moyenne horaire)	30 (moyenne annuelle en NOx) 50 (moyenne annuelle) 250 (moyenne horaire)	40 (moyenne annuelle)
Recommandations OMS	-	200 (moyenne horaire)	40 (moyenne annuelle)	-
Ozone	3 valeurs pour la mise en place de mesures d'urgence : 360 (moyenne horaire) 300 (moyenne sur 3h consécutives) 240 (moyenne sur 3h consécutives)	180 (moyenne horaire)	-	110 (moyenne sur 8h)
Recommandations OMS	-	-	-	120 (moyenne sur 8h)
PM₁₀	125 ou 80* (moyenne sur 24h)	80 (moyenne sur 24h)	40 (moyenne annuelle) 50 (moyenne journalière)	30 (moyenne annuelle)
CO	-	-	10 000 (moyenne sur 8h)	-
Recommandations OMS	-	-	100 000 (moyenne sur 15mn) 60 000 (moyenne sur 30mn) 30 000 (moyenne horaire) 10 000 (moyenne sur 8h)	-
Benzène	-	-	10 (moyenne annuelle)	2 (moyenne annuelle)
Recommandations OMS	Risque pour une exposition à des teneurs moyennes de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur toute une vie (24h/24) d'induire un décès supplémentaire par cancer, leucémie, etc : 6.10^{-6} soit 6 cas pour 1 million			

* Si la procédure d'information et de recommandation pour le NO₂ ou les PM₁₀ a été déclenchée la veille et le jour même, et que les prévisions font craindre un risque fort de dépassement du seuil respectivement de $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ et $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ le lendemain.

Source : Coparly

Les définitions de seuil d'information, seuil d'alerte, valeurs limites et objectifs de qualité sont précisées dans le glossaire page 22.

A noter que pour les PM₁₀, en Rhône-Alpes, les seuils d'information et d'alerte ne figurent pas dans les textes réglementaires. Ils sont fixés par des arrêtés inter-préfectoraux de juillet 2006.

4. Part des rejets atmosphériques en Rhône-Alpes selon les secteurs émetteurs.

Polluants	Industrie		Résidentiel tertiaire		Agriculture et sylviculture		Transports		Autres		Rang
	RA	Fr	RA	Fr	RA	Fr	RA	Fr	RA	Fr	
COV	20,2	20,4	10,2	12,1	2,7	5,8	16,4	18,1	50,6	43,6	1 ^{er}
HAP	3,6	2,0	75,6	79,5	0,7	1,4	12,8	10,1	7,3	7,0	1 ^{er}
PM ₁₀	37,8	32,6	22,6	20,4	14,9	28,9	19,0	14,3	5,7	3,7	2 ^{ème}
PM _{2,5}	19,0	20,1	36,2	34,4	10,0	19,6	25,5	19,7	9,4	6,2	2 ^{ème}
NO _x	18,2	22,2	8,3	6,9	7,5	13,4	65,8	57,4	0,2	0,1	2 ^{ème}
Dioxines - Furannes	94,0	92,7	5,0	6,3	0,1	0,3	0,9	0,8	0,0	-	3 ^{ème}
CO	6,1	24,3	28,7	25,6	4,2	6,4	60,3	43,3	0,7	0,5	5 ^{ème}
SO ₂	69,8	81,5	22,5	11,0	1,2	1,7	6,5	5,8	0,1	0,0	6 ^{ème}

RA : Rhône-Alpes ; Fr : France. Le rang correspond au classement de Rhône-Alpes parmi les 22 régions françaises. Sont surlignées en gras, les proportions régionales quand elles sont supérieures aux proportions nationales.

Métaux	Industrie		Résidentiel tertiaire		Agriculture et sylviculture		Transports		Rang
	RA	Fr	RA	Fr	RA	Fr	RA	Fr	
Cu	34,3	17,3	3,7	5,6	0,0	0,1	62,0	77,0	1 ^{er}
Pb	83,5	79,9	9,0	10,1	0,0	0,1	7,4	10,0	2 ^{ème}
As	83,2	79,0	16,7	20,8	0,1	0,2	0,0	0,0	2 ^{ème}
Cd	98,3	95,5	1,7	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2 ^{ème}
Se	90,0	84,1	10,0	15,7	0,0	0,1	0,0	0,0	2 ^{ème}
Hg	97,0	96,7	2,9	3,0	0,1	0,3	0,0	0,0	4 ^{ème}
Ni	83,6	91,6	16,3	8,1	0,0	0,0	0,0	0,3	5 ^{ème}
Zn	88,6	89,7	11,3	10,2	0,0	0,1	0,0	0,0	5 ^{ème}

Source : Données extraites du rapport du Citepa «Émissions dans l'air en France, régions de la métropole». ⁷
Exploitation : ORS Rhône-Alpes.

La part des émissions industrielles régionales est souvent plus importante que les moyennes nationales, notamment concernant les métaux.

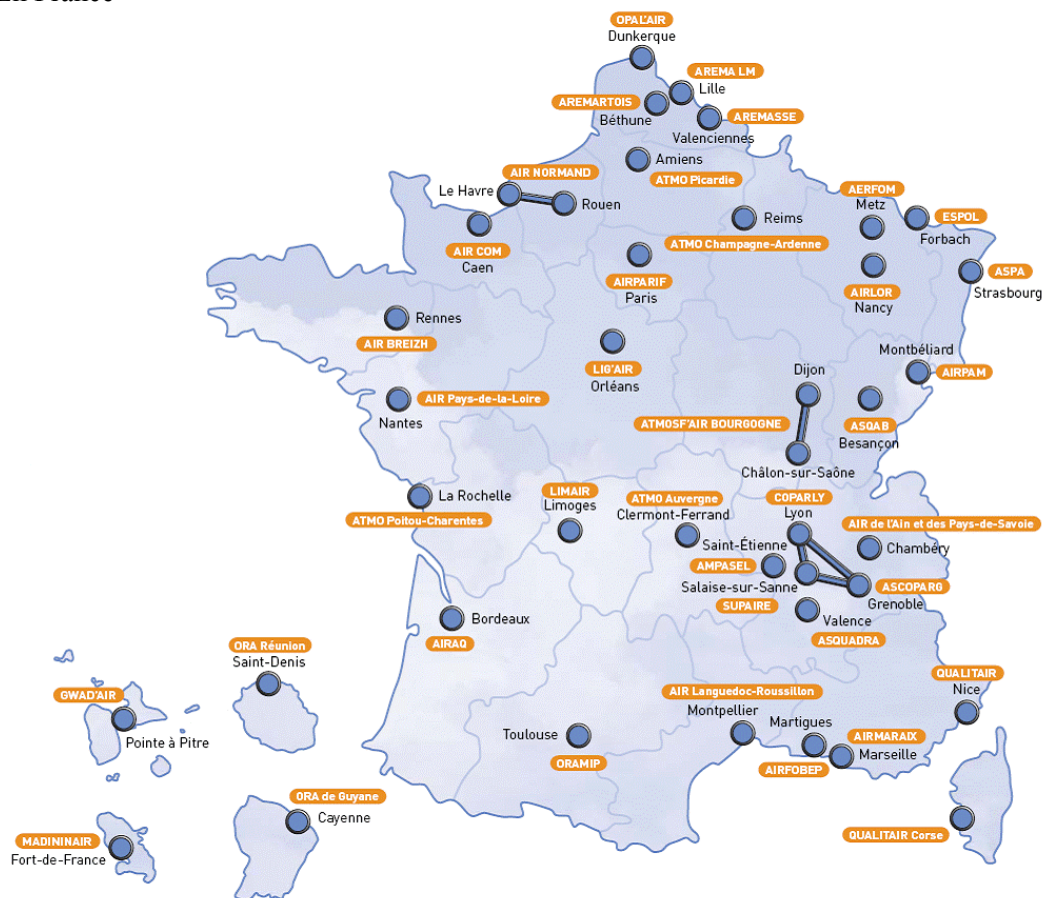
5. Part des émissions régionales rapportées aux émissions nationales

	COV	HAP	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x	Dioxines Furannes	CO	SO ₂
Part de Rhône-Alpes (%)	10,4	8,3	7,4	7,6	8,8	9,3	7,1	6,3
	Cu	Pb	As	Cd	Se	Hg	Ni	Zn
Part de Rhône-Alpes (%)	11,9	8,8	9,9	21,0	12,7	7,5	6,3	7,1

Source : Données extraites du rapport du Citepa «Émissions dans l'air en France, régions de la métropole». ¹¹
Exploitation : ORS Rhône-Alpes.

6. Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en 2003

En France



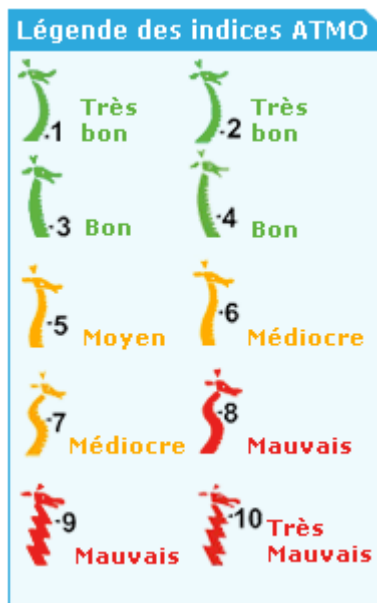
Source : La qualité de l'air dans les agglomérations françaises. Bilan 2004 de l'indice ATMO. http://www.buldair.org/Documents/bilan_atmo_2004.pdf

En Rhône-Alpes



Source : Disponible sur <http://www.atmo-rhonealpes.org/>

7. Échelle de l'indice « Atmo »



Indices ATMO	Classes	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PS (µg/m ³)
1	Très bon +	0 - 39	0 - 29	0 - 29	0 - 9
2	Très bon	40 - 79	30 - 54	30 - 54	10 - 19
3	Bon +	80 - 119	55 - 84	55 - 79	20 - 29
4	Bon	120 - 159	85 - 109	80 - 104	30 - 39
5	Moyen	160 - 199	110 - 134	105 - 129	40 - 49
6	Médiocre	200 - 249	135 - 164	130 - 149	50 - 64
7	Médiocre +	250 - 299	165 - 199	150 - 179	65 - 79
8	Mauvais	300 - 399	200 - 274	180 - 249	80 - 99
9	Mauvais +	400 - 599	275 - 399	250 - 359	100 - 124
10	Très mauvaise	>= 600	>= 400	>= 360	>= 125

Calcul de l'indice « Atmo »

Pour chaque station automatique, la concentration la plus élevée de chaque polluant dans une journée est déterminée à raison d'une mesure par heure. La moyenne des concentrations maximales pour toutes les stations automatiques est alors calculée. La valeur obtenue pour chaque polluant est noté de 1 à 10 sur une échelle spécifique et donne un sous-indice. Le plus élevé de ces sous-indices donne l'indice ATMO de la journée.

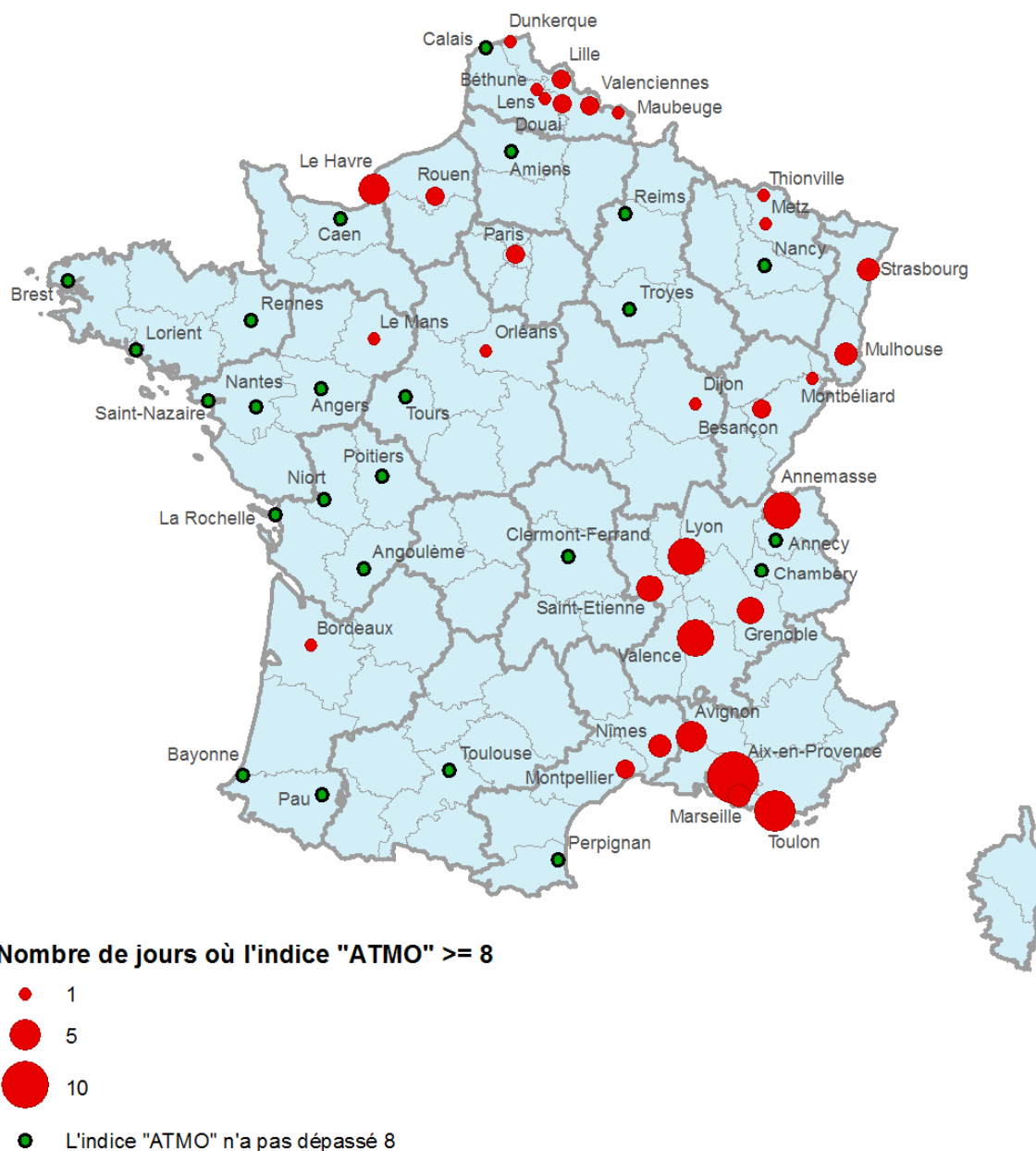
Source : AASQA (Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air)

8. L'indice « Atmo » en milieu urbain dans la région Rhône-Alpes en 2003

	Nombre de jours pendant lesquels l'indice « Atmo » a été calculé	Pourcentage de jours dans l'année pendant lesquels la qualité de l'air était :		
		Très bonne à bonne (1 à 4)	Moyenne (5)	Mauvaise (6 à 10)
Annecy	363	59	22	19
Annemasse	365	53	18	29
Chambéry	365	59	18	23
Grenoble	365	52	18	30
Lyon	365	57	20	23
Saint-Étienne	365	61	20	19
Valence	359	59	16	25

Source : Base de données Eider, Ifen²⁴.

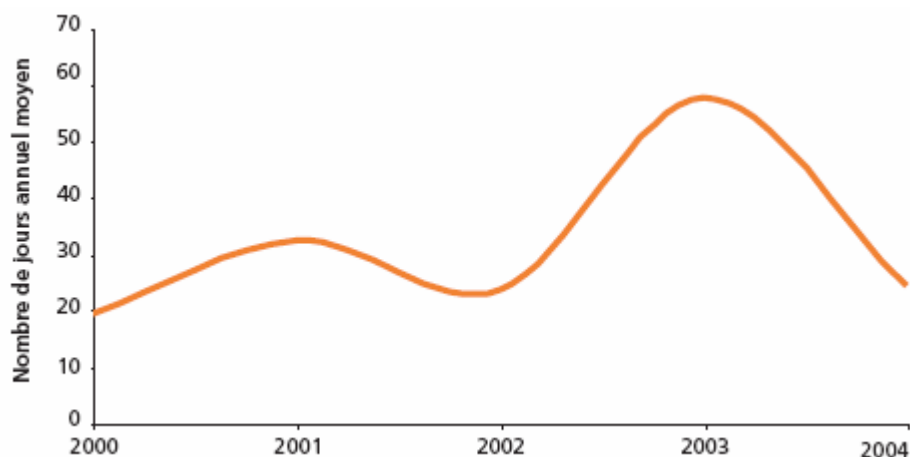
9. La qualité de l'air en France en 2002 selon l'indice « *Atmo* »



Source : Ifen, 2005. Disponible sur <<http://www.ifen.fr/>>. Exploitation : ORS Rhône-Alpes

Les indices *Atmo* élevés sont surtout observés au printemps et en été, notamment dans les agglomérations du sud-est de la France.

10. Nombre moyen de jours par agglomération avec un indice *Atmo* médiocre ou mauvais (≥ 6) en France



Source : Ademe, AASQA

En 2004, les agglomérations françaises de plus de 100 000 habitants ont connu, en moyenne, 24 jours avec une qualité de l'air médiocre ou mauvaise. Dans 80 % des cas, le polluant responsable est l'ozone.

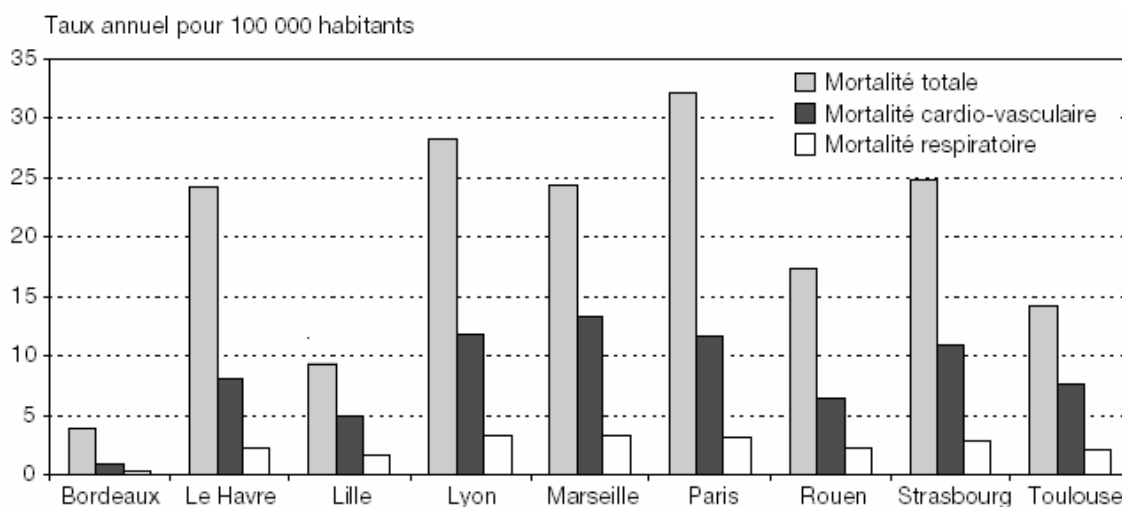
11. Dépassement des seuils de pollution au SO₂ et à l'O₃ en Rhône-Alpes

	Nombre de capteurs analysant		Nombre moyen de jours par capteur pendant lesquels il y a eu au moins 1 dépassement					
	SO ₂		O ₃		sur 8h consécutives du seuil de 120 µg/m ³ d'ozone		du seuil de 125 µg/m ³ de SO ₂ de moyenne journalière	
	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003
Rhône-Alpes	34	20	28	28	33	72	0	0
France métrop.	241	212	268	295	503	1030	2	2

Source : Base de données Eider, Ifen²⁴.

12. Impact sanitaire de la pollution atmosphérique.

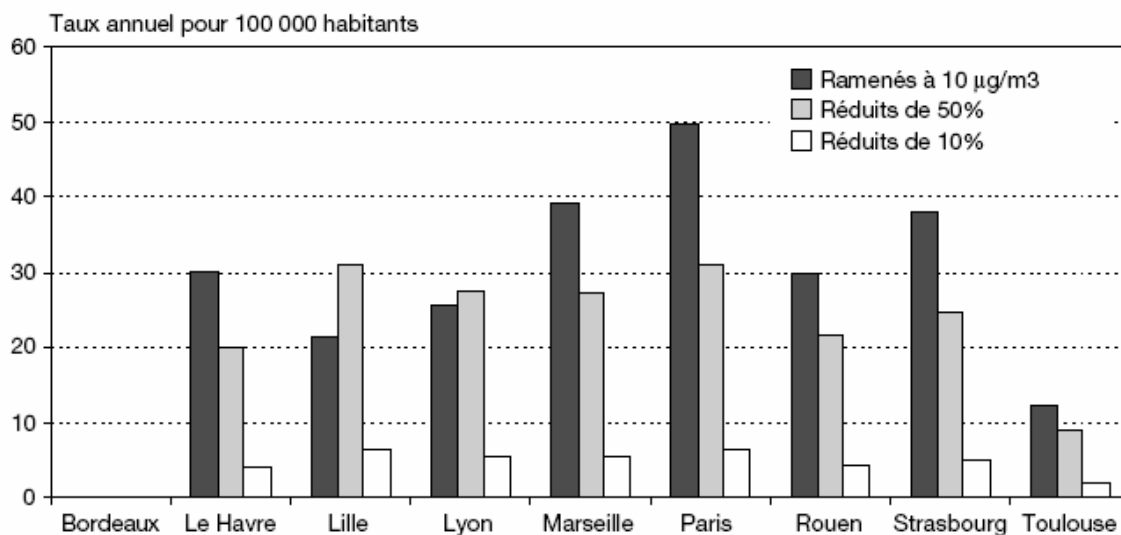
► Taux de décès anticipés (effet à court terme) potentiellement évitables par des niveaux d'indicateurs de pollution atmosphérique ramenés à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les 9 villes étudiées*.



* Les résultats de Bordeaux ne tiennent pas compte de la pollution photo-oydante dont les indicateurs n'étaient pas disponibles.

Source : Données extraites du rapport de l'InVS, PSAS-9¹⁶.

► Taux d'admissions hospitalières pour causes respiratoires (effet à court terme) potentiellement évitables, chez les moins de 15 ans, par des niveaux d'indicateurs de pollution atmosphérique ramenés à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ou réduits de 10 % ou 50 %*.



* Les données d'exposition, pour la période d'étude des admissions hospitalières, n'étaient pas disponibles pour Bordeaux.

Source : Données extraites du rapport de l'InVS, PSAS-9¹⁶.

► Nombre de décès annuels qui auraient pu être évités en cas de réduction de la pollution atmosphérique ramenés pour l'ensemble des 9 villes étudiées* dans PSAS-9. Différents scénarios.

Niveaux de pollution	Mortalité totale	Mortalité cardiovasculaire	Mortalité respiratoire	Admissions respiratoires < 15 ans
↓ 10 µg/m ³	2786 [1 891 - 3 643]	1097 [447 - 1 701]	316 [132 - 490]	748 [357 - 1 124]
- 50 %	1834 [1 291 - 2 385]	705 [282 - 1 139]	209 [81 - 341]	531 [244 - 825]
- 10 %	367 [258 - 477]	141 [56 - 228]	42 [16 - 68]	106 [49 - 165]

* Les données n'étaient pas disponibles pour Bordeaux.

Source : Données extraites du rapport de l'InVS, PSAS-9¹⁶.

► Impact sanitaire à long terme des particules urbaines fines (PM_{2,5}) en France, en 2002.

	Nombre de décès attribuables à l'exposition chronique aux PM _{2,5} [intervalle de confiance à 95 %]	
Cancer du poumon	670 [89 - 1 257]	(6,4 %)*
Mortalité cardiorespiratoire	3 334 [1 150 - 5 374]	(4,9 %)*
Mortalité « totale »	6 453 [1 656 - 12 476]	(3,3 %)*

* Pourcentage par rapport au nombre de décès de 1999

Source : Afssset

Glossaire

Fumées noires : Particules carbonées.

Inversion de température : Le refroidissement de l'air quand on s'élève en altitude est dû au fait que l'atmosphère, transparente aux rayons solaires, est chauffée par le bas au contact du sol. Lorsque, dans certaines conditions, la surface terrestre devient plus froide que les masses d'air situées au-dessus d'elle, l'air le plus froid se trouve en bas (il n'est plus réchauffé au contact du sol) et, plus on s'élève, plus l'air devient chaud. Ceci conduit à une grande stabilité des masses d'air : le mélange des masses d'air par convection ne peut avoir lieu. Ce phénomène se produit souvent lors d'un refroidissement rapide du sol pendant la nuit ; il est renforcé en hiver dans les vallées, et peut alors durer plusieurs jours. Cette situation peut avoir des effets désastreux lorsqu'elle survient dans une ville polluée. Dans ce cas, les substances polluantes sont piégées dans les basses couches d'air et s'accumulent, car il n'y a pas de brassage vertical.

Objectif de qualité : Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement. Il s'agit d'une valeur de confort (valeur guide ou valeur cible), ou d'un objectif de qualité de l'air à atteindre, si possible, dans une période donnée.

Ozone (troposphérique) : (à ne pas confondre avec l'ozone stratosphérique = « couche d'ozone »). L'atmosphère terrestre concernée par les problèmes de pollution atmosphérique s'étend jusqu'à 50 km d'altitude environ. Elle est classiquement divisée en 2 : la troposphère, du sol à 15 km environ et la stratosphère, entre 15 et 50 km environ. La concentration maximale d'ozone (constituant normal de l'air) se situe dans la stratosphère où elle forme la « couche d'ozone » qui protège la vie sur terre contre l'action des ultraviolets. C'est le « bon » ozone qui protège l'homme des cancers cutanés et autres mutations génétiques. Mais dans la troposphère, l'ozone formé à partir des polluants automobiles et industriels par réaction photochimique est néfaste pour la santé. C'est le « mauvais » ozone.

Seuil d'alerte : Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de toute la population (ou un risque de dégradation de l'environnement) à partir duquel des mesures d'urgence et d'information du public doivent être prises.

Seuil d'information (et de recommandations) : Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles, et à partir duquel des informations actualisées doivent être diffusées à la population.

Valeur limite : Niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques et des possibilités technico-économiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.

Quelques ressources et acteurs

NIVEAU NATIONAL

Le Ministère de l'écologie et du développement durable
<http://www.ecologie.gouv.fr>

Le Laboratoire central de la qualité de l'air
<http://www.lcsqa.org/indexflash.htm>

Le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique
<http://www.citepa.org>

L'Association pour la prévention de la pollution atmosphérique
<http://www.appa.com>

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, son bulletin sur la qualité de l'air et sa banque de données sur la qualité de l'air
<http://www.ademe.fr>
<http://www.buldair.org>
<http://194.206.123.228:8080>

L'Institut national de l'environnement industriel et des risques
<http://www.ineris.fr>

L'étude épidémiologique européenne APHEIS
<http://www.apheis.net>

Liste des conduites à tenir en cas d'épisode de pollution (Conseil supérieur d'hygiène publique de France)

<http://www.sante.gouv.fr/adm/dagpb/bo/2000/00-21/a0211456.htm>

L'institut de veille sanitaire

<http://www.invs.sante.fr/>

Le programme national de surveillance des effets sur la santé de la pollution de l'air dans 9 villes françaises (PSAS-9)

<http://www.invs.sante.fr/surveillance/psas9/>

L'Agence française de sécurité sanitaire, de l'environnement et du travail

<http://www.afsse.fr>

NIVEAU REGIONAL

Les Directions départementales et régionale des affaires sanitaires et sociales de Rhône-Alpes

<http://rhone-alpes.sante.gouv.fr>

La Cellule d'intervention régionale en épidémiologie

<http://rhone-alpes.sante.gouv.fr/sante/liecirei.htm>

La Direction régionale de l'environnement de Rhône-Alpes

<http://www.rhone-alpes.ecologie.gouv.fr>

La Fédération Atmo : les Associations agréées de surveillance et d'information de la qualité de l'air

<http://www.atmo-rhonealpes.org>

La Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement de Rhône-Alpes

<http://www.rhone-alpes.drيره.gouv.fr>

Le Comité régional Dauphiné-Savoie de l'Association pour la prévention de la pollution atmosphérique

<http://www.appa.asso.fr/french/regions/9.htm>

Le Plan régional santé-environnement

<http://rhone-alpes.sante.gouv.fr/sante/prsp/acrobat/prse.pdf>

Le Secrétariat permanent pour la prévention des pollutions industrielles et des risques dans l'agglomération lyonnaise

<http://www.lyon-spiral.org>

Le Plan régional de la qualité de l'air Rhône-Alpes

<http://www.rhone-alpes.drيره.gouv.fr/environnement/portailenvironnement/PRQA/prqa.htm>

La Communauté urbaine de Lyon

<http://www.grandlyon.com>

Bibliographie

1. Bonnaud F., Girard B., Zmirou D. La pollution atmosphérique. Actualité et Dossier en santé publique. Mars 2001, n°34, 6-8.
2. Organisation mondiale de la santé (OMS). Pollution de l'air. 2000 (en cours de réactualisation), aide-mémoire n°187.
3. Ministère de la solidarité, de la santé et de la protection sociale, Ministère de l'écologie et du développement durable, Ministère de l'emploi du travail et de la cohésion sociale, Ministère délégué à la Recherche. Plan national santé environnement 2004-2008. Franchir une nouvelle étape dans la prévention des risques sanitaires liés à l'environnement. Mssps, 2004, 88p. (synthèse 7p.).
4. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). La perception des situations à risque par les Français. Baromètre 2004. Disponible sur <<http://www.irsn.org/>> (consulté en oct. 2005).
5. Loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie. Journal officiel de la République française, 1^{er} janv. 1997.
6. Gérin M., Gosselin P., Cordier S. et al. Environnement et santé publique. Fondements et pratiques. Éditions Tec & Doc, Edisem, fév. 2003, 1023p.
7. Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa). Émissions dans l'air en France, régions de la métropole. Répartition sectorielle et régionale des émissions de certaines substances en 2000 en métropole. 2000 (mise à jour fév. 2005), 29p. Disponible sur <<http://www.citepa.org/>> (consulté en oct. 2005).
8. Laperrouse P. Panorama de la santé en Rhône-Alpes. Document préparatoire au Plan Régional de Santé Publique. DRASS, les Dossiers de la DRASS, janv. 2005, n°2005-06-D, 27p.
9. Zmirou D., Bard D., Dab W. et al. Quels risques pour notre santé ? Syros, 2000, 335p.
10. Direction régionale des affaires sanitaires et sociales (DRASS) Rhône-Alpes. Agir sur l'environnement pour améliorer la santé. La contribution du Plan régional de santé-environnement. Dossier de presse. Nov. 2005, 18p. Disponible sur <<http://rhone-alpes.sante.gouv.fr/prse.htm>> (consulté en nov. 2005).

11. Préfecture de la région Rhône-Alpes. Plan régional santé-environnement en Rhône-Alpes, 2006-2010. Sept. 2006, 159p.
12. Préfecture de la région Rhône-Alpes. Plan régional de qualité de l'air Rhône-Alpes, synthèse. Fév. 2001, 16p.
13. Logan W. Mortality in the London fog accident. *Lancet*, 1953, 1, 336-338.
14. Dab W. Pollution atmosphérique extérieure et santé respiratoire *in* Charpin D. L'air et la santé. Ed. Flammarion, Coll. Médecine-Sciences, 2004, 305p.
15. Filleul L. Les effets sur la santé de la pollution atmosphérique. Aspects épidémiologiques. Laboratoire santé, travail, environnement. 2001, 4p.
16. Cassadou S., Declercq C., Eilstein D. et al. Programme de surveillance Air et Santé 9 villes (PSAS-9). Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain. Phase II. Revue de synthèse. Institut de veille sanitaire (InVS), juin 2002, 24p.
17. Institut de veille sanitaire (InVS). La dernière évaluation du programme APHEIS dans 26 villes indique que la pollution atmosphérique menace toujours la santé publique en Europe. Communiqué de presse. 6 sept. 2004, 4p.
18. Observatoire régional de santé d'Ile-de-France. Évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé (ERPURS) : 1987-2000. Janv. 2003, 4p.
19. Chardon B., Lefranc A., Granados D. et Grémy I. Évaluation des risques de pollution urbaine sur la santé (ERPURS) : analyse des liens à court terme entre niveaux de pollution atmosphérique et visites médicales à domicile (2002-03) pour pathologies respiratoires. Observatoire régional de santé d'Ile-de-France, sept. 2005, 2p.
20. Glorennec P. Évaluation des risques de la pollution de l'air pour la santé publique *in* Charpin D. L'air et la santé. Ed. Flammarion, Coll. Médecine-Sciences, 2004, 305p.
21. Nèrière E. Distribution de l'exposition de la population urbaine à des polluants particuliers et gazeux génotoxiques et évaluation du risque de cancer. Étude Genotox'ER. Thèse de doctorat d'université d'épidémiologie et de santé publique, Nancy 1, 2004, 317p.
22. Glorennec P., Venien F., Clément M., et al. Qualité de l'air : Évolution de la métrologie des polluants et politique de réduction des émissions. Maîtrise des odeurs et traitement des effluents gazeux. Ed. ASTEE, mai 2005, 90p.
23. Momas I., Caillard J.F., Lesaffre B. Plan National Santé Environnement. Rapport de la Commission d'Orientation. La Documentation Française, 2004, 296p.
24. Institut français de l'environnement (IFEN). Base de données EIDER (ensemble intégré des descripteurs de l'environnement régional). CD-Rom de données n°1, Sept. 2005.

Dossiers complémentaires à consulter :

- ◆ L'habitat et l'air intérieur
- ◆ Les sols
- ◆ Les légionelles
- ◆ Les pollens et l'ambroisie
- ◆ La qualité de vie, le bruit et les odeurs
- ◆ Les rayonnements non ionisants
- ◆ Les pratiques agricoles
- ◆ L'activité industrielle
- ◆ Le plomb
- ◆ Les composés organiques volatils
- ◆ Les rayonnements ionisants et le radon

Sont remerciés pour leur précieuse relecture :

- ◆ Mireille Chiron, Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport, travail, environnement (UMRESTTE)
- ◆ Jacques Déchenaux, Association pour la prévention de la pollution atmosphérique (APPA), Comité régional Dauphiné-Savoie
- ◆ Agnès Lefranc, Observatoire régional de la santé (ORS) Île-de-France
- ◆ Les 6 Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air de Rhône-Alpes
- ◆ Cellule d'intervention régionale en épidémiologie (CIRE) de Rhône-Alpes
- ◆ Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE) de Rhône-Alpes