

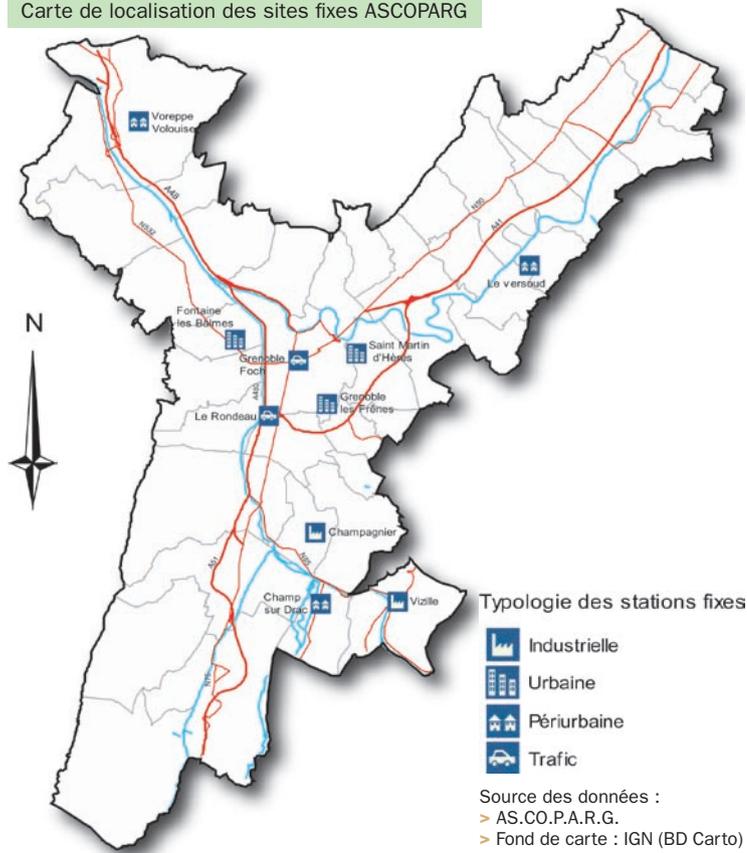
Evolution de la qualité de l'air - Les concentrations des polluants

• Le dispositif de surveillance

Historique

Créée en 1976, l'ASCOPARG est l'association chargée de surveiller la qualité de l'air de l'arrondissement de Grenoble, soit la moitié sud du département de l'Isère. A l'origine, la surveillance concernait principalement l'agglomération grenobloise, qui connaît une importante concentration industrielle et dont la topographie est défavorable à la dispersion

Carte de localisation des sites fixes ASCOPARG



atmosphérique (effet "cuvette"). Ces dernières années, la surveillance s'est progressivement étoffée sur l'ensemble de l'arrondissement et du département.

Les outils de la surveillance

Conformément aux préconisations européennes et nationales, la qualité de l'air est surveillée en région grenobloise grâce à la combinaison de trois outils :

- > un réseau fixe de stations automatiques de référence, permettant de recueillir des données 24h/24,
- > des campagnes de mesures réalisées au moyen de laboratoires mobiles ou d'échantillonneurs passifs,
- > des modèles numériques permettant de simuler et prévoir le comportement des polluants dans l'atmosphère.

Le réseau fixe :

l'ASCOPARG dispose de **14 stations automatiques de surveillance de la qualité de l'air**, réparties sur l'agglomération grenobloise, le Voironnais, le Sud grenoblois et le Grésivaudan. Les sites sont choisis en priorité pour une préoccupation de santé publique, selon des critères définis au niveau national.

On distingue ainsi trois catégories de sites :

> Les sites de fond, urbains, périurbains et ruraux

Les sites urbains sont installés dans les zones les plus densément peuplées afin d'appréhender la pollution à laquelle personne n'échappe. **Les sites périurbains** sont sous l'influence de l'agglomération, dans des secteurs également très urbanisés. Sites urbains et périurbains sont placés dans des lieux éloignés des sources principales de pollution (automobiles et industrielles), fré-

quement dans des écoles, parcs, cités résidentielles. Ils surveillent les principaux polluants réglementés (dioxyde d'azote, ozone, particules, benzène, dioxyde de soufre, métaux lourds, etc.). **Les sites ruraux** s'intéressent aux transferts de pollution à plus grande distance, étant installés à plus de 30 kilomètres des centres urbains. Ils surveillent surtout les polluants dits secondaires, comme l'ozone, formés par réaction chimique sous l'action des rayons UV du soleil, durant le déplacement de la masse d'air de la ville vers la campagne.

> **Les sites de proximité, trafics et industriels**

Ces deux types de site ont pour vocation de surveiller la pollution à proximité des sources de pollution et donc d'estimer l'exposition maximale que peut subir la population.

Les sites trafics sont localisés en bordure des voies de circulation à moins de 5 mètres. Ils permettent d'évaluer le risque maximal d'exposition à la pollution automobile pour les piétons, cyclistes et automobilistes. Les polluants dont l'origine automobile est majoritaire sont surveillés : oxydes d'azote, monoxyde de carbone, particules fines, benzène et autres composés organiques volatils.

Les sites industriels sont dans le voisinage d'un ou plusieurs établissements industriels. Leur localisation est choisie de manière à appréhender au mieux les phénomènes d'accumulation ou de retombées de panaches, dans des zones habitées ou fréquentées. Les polluants mesurés sont choisis en fonction de l'activité industrielle : ce sont notamment le dioxyde de soufre, les composés organiques volatils, les métaux lourds, les hydrocarbures aromatiques polycycliques.

> **Les sites d'observation**

Ne répondant pas aux critères des typologies précédentes, ils sont utilisés pour des besoins spécifiques (recherche, intérêt historique, etc.).

Les campagnes de mesure

L'ASCOPARG dispose de 3 moyens mobiles (camion ou remorque) qui complètent le réseau fixe et permettent de faire des investigations diverses :

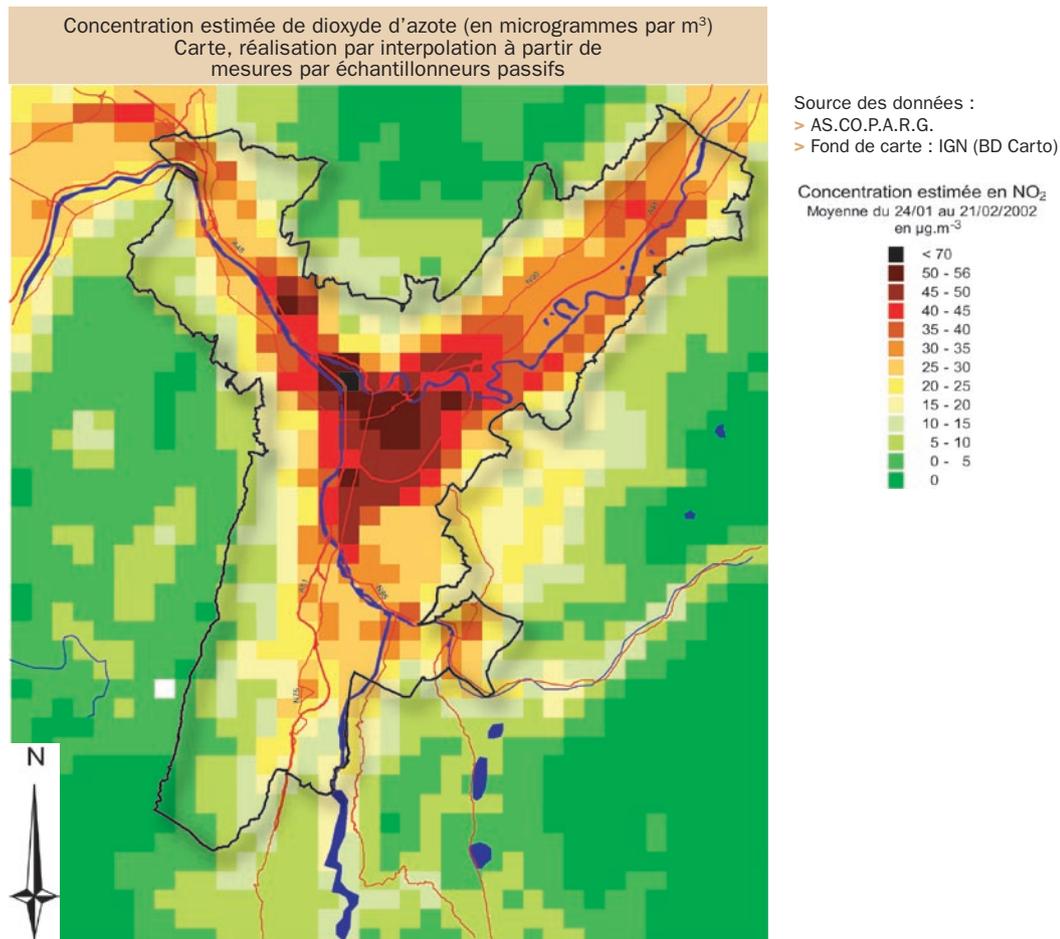
- > Campagne périodique sur des territoires pour lesquels une surveillance continue ne se justifie pas,
 - > Étude d'impact d'infrastructures routières ou de modification de voiries (par exemple lors de la mise en place de lignes de bus en site propre, de la création de lignes de tramway), d'installations industrielles, de zones aéroportuaires, etc.,
 - > Validation préliminaire de futurs sites fixes.
- A l'aide d'échantillonneurs (ou tubes) passifs, il est possible de mener des campagnes intensives afin de cartographier la pollution de fond sur un territoire donné.

Site de surveillance de fond urbain
Grenoble Les Frènes



Camion laboratoire installé rue Félix
Poulat à Grenoble



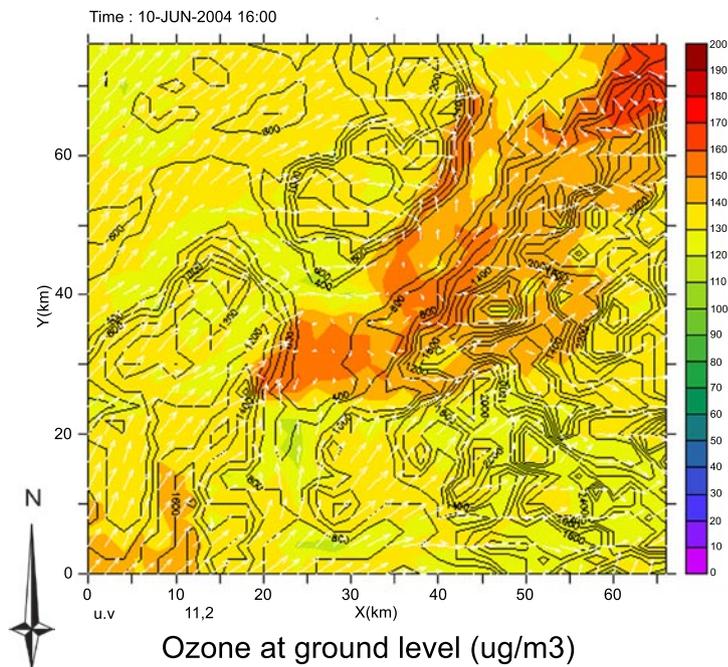


La modélisation numérique

Il existe différents types de modèles, dont les plus élaborés sont les modèles déterministes. Les modèles de simulation numérique dits de chimie-transport calculent l'évolution au cours du temps des concentrations de polluants, reliées à des processus physico-chimiques. Le principe repose sur la résolution d'un système d'équations tridimensionnelles, incluant les transforma-

tions chimiques qui ont lieu dans l'air. Ces outils demandent de nombreuses données en entrée (cadastrage des émissions, données météorologiques, topographie, etc.). Ils peuvent aussi bien être utilisés en prévision qu'en prospective sur le long terme (tests de scénarii d'abattement des émissions). Dédié à la région grenobloise, MetPhoMod prend en compte les phénomènes fins découlant de la topographie complexe de ce secteur.

Maxima d'ozone prévus en région grenobloise par
METPHOMOD le 10 juin 2004 pour le jour même



Comment s'informer sur la qualité de l'air?

Afin de diffuser une information quotidienne accessible à tous, l'indice ATMO a été mis au point. Basé sur une échelle de 1 à 10, cet indice permet de qualifier la qualité de l'air des agglomérations françaises les plus peuplées. Un indice 1 qualifie une très bonne qualité de l'air, alors qu'à 10, la qualité de l'air est très mauvaise. L'indice est calculé à partir des données recueillies sur les sites fixes urbains et périurbains, pour les polluants suivants : dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, ozone, particules de taille inférieure à 10 micromètres. Un indice est calculé pour chaque

polluant cité, sur la base d'une échelle de correspondance. Par exemple, pour une concentration en ozone, comprise entre 150 et 179 microgrammes par mètre-cube, l'indice ozone est de 7 sur 10. L'indice ATMO global est le plus mauvais des sous-indices calculés pour chaque polluant.

L'indice ATMO, un bulletin allerge-pollinique ainsi que les prévisions quotidiennes de risque de dépassement de seuil réglementaire sont consultables sur Internet ou par téléphone.

www.atmo-rhonealpes.org

N° Azur 0 810 800 710



● Evolution des polluants

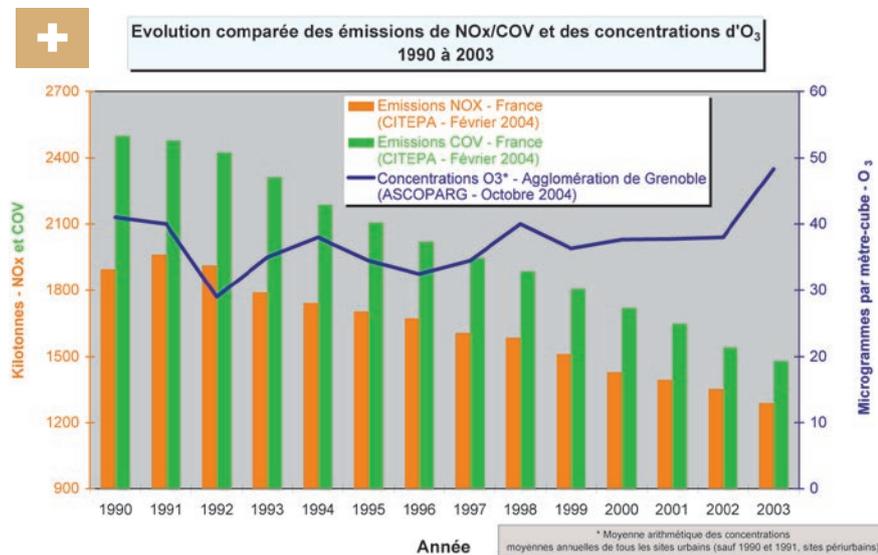
La tendance ne peut être étudiée que polluant par polluant, compte tenu des différences qui existent en termes d'émission et de sensibilité aux conditions climatiques. Les figures ci-après représentent l'évolution des concentrations de l'agglomération de Grenoble (mesurées par l'ASCOPARG) et

l'évolution des émissions nationales (calculées par le CITEPA) pour la période allant de 1990 à 2003. Le signe accolé au titre (+, = ou -) indique la tendance des concentrations des polluants des quinze dernières années (hausse, stabilité ou baisse).

● OZONE

Traceur de la pollution photochimique, ce polluant est fortement dépendant des conditions climatiques. Les quantités respectives d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils, précurseurs d'ozone (O_3), déterminent aussi les concentrations en O_3 dans l'atmosphère. Les teneurs en O_3 ont été multipliées par 5 dans l'hémisphère nord en un siècle. Au niveau de l'agglomération grenobloise,

l'historique est plus modeste, mais il permet tout de même de déceler une tendance à la stabilité voire à l'augmentation depuis 2001, avec une année 2003 particulièrement touchée en raison de la canicule. La moyenne annuelle a ainsi progressé de 25% entre 2002 et 2003 sur certains sites.



● DIOXYDE D'AZOTE

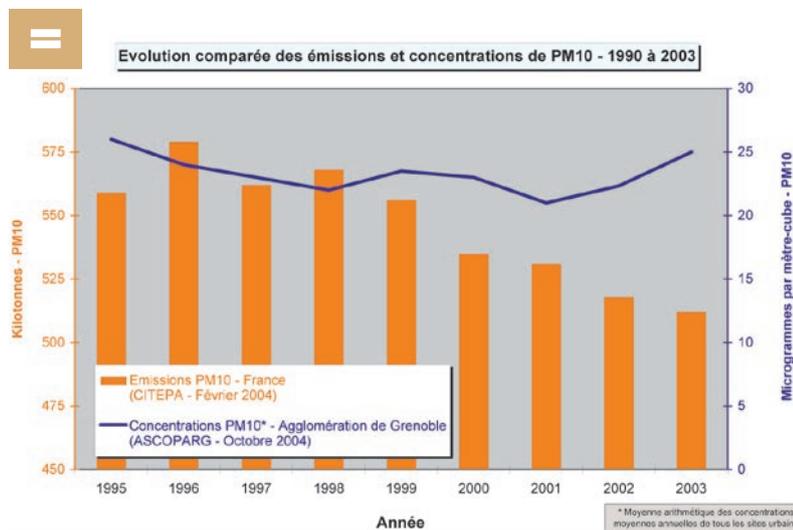
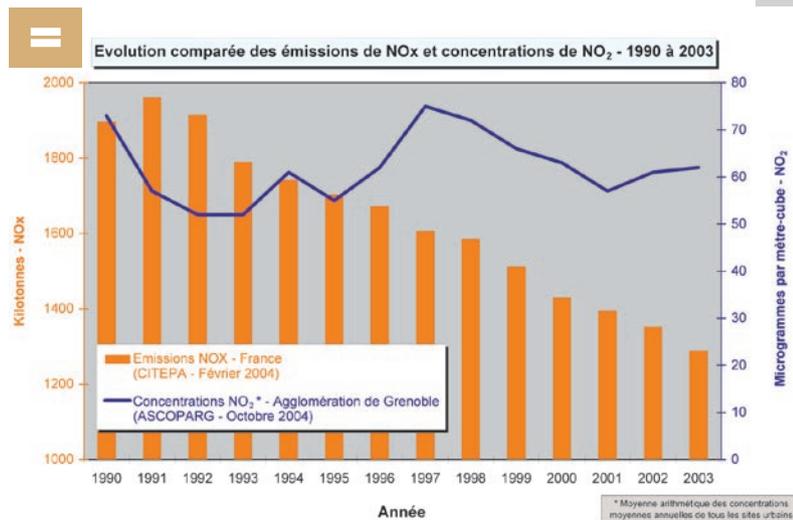
Fortement dépendant du trafic automobile, le dioxyde d'azote a comme l'ozone une composante également liée aux conditions climatiques. Aussi, son évolution n'est pas toujours directement corrélée avec l'évolution des émissions, comme le montre le graphique ci-contre. Dans la région grenobloise, seuls les sites exposés au trafic routier dépassent les valeurs limites réglementaires. Globalement, la tendance enregistrée sur les concentrations est assez stable sur les dernières années, avec toutefois une élévation des concentrations en 2003 par rapport à 2002, notamment sur les sites de proximité au trafic. Les niveaux sont supérieurs à l'objectif qualité de $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^3$.

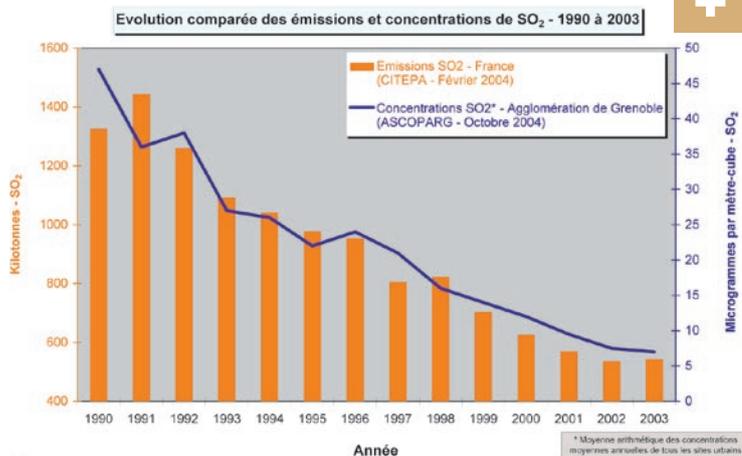
53% des émissions sont issues du transport routier.

● PARTICULES FINES

Éléments visibles de la pollution de l'air, les particules (ou poussières) en suspension proviennent de sources multiples (industries, résidentiel, transports). Sur les cinq dernières années, les concentrations enregistrées en région grenobloise sont assez stables. Une élévation régulière des niveaux est cependant mesurée depuis 2001, surtout sur les sites de proximité au trafic. Les niveaux restent inférieurs à l'objectif de qualité ($30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^3$) sur les sites de fond, alors que cet objectif est franchi sur les sites de proximité au trafic. A l'image de l'ozone et du dioxyde d'azote, des mécanismes physico-chimiques complexes sont à l'origine d'une proportion parfois non négligeable des particules fines.

42% des émissions sont issues de combustions de l'industrie manufacturière.

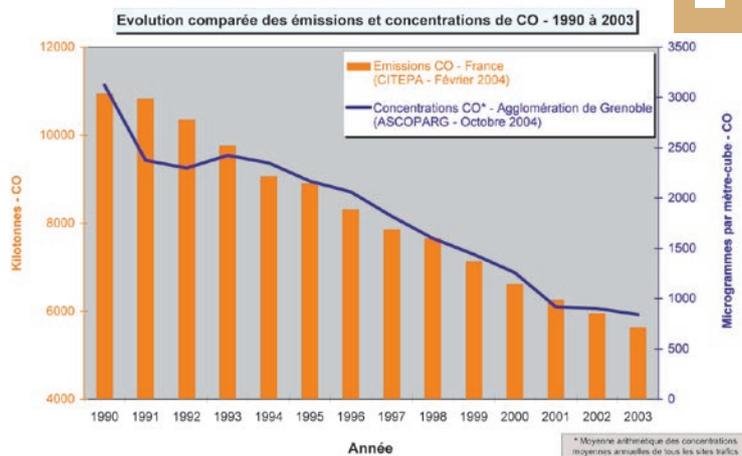




● DIOXYDE DE SOUFRE

Ce polluant provenant de l'industrie et du chauffage a fait l'objet de réglementations locales dès les années 1980, renforcées en 1990. Après la baisse significative des concentrations constatée au cours des années 1990, les teneurs moyennes ont atteint de faibles valeurs et évoluent désormais assez peu. Valeurs limites et objectifs de qualité ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) sont respectés sur l'ensemble des sites. Les seuils d'information et d'alerte sont cependant ponctuellement atteints sur des sites industriels.

55% des émissions sont issues de combustions de l'industrie manufacturière.



● MONOXYDE DE CARBONE

Polluant typique du trafic automobile, il est concentré principalement près des grandes voies de circulation. Depuis la mise en service des pots catalytiques sur les véhicules en 1993, les concentrations de monoxyde de carbone ont considérablement baissé dans l'air ambiant. Cependant, le monoxyde de carbone étant converti en gaz carbonique par le catalyseur, la part de ce dernier, rejeté par les transports routiers, augmente régulièrement. La valeur limite pour la protection de la santé humaine est largement respectée pour le monoxyde de carbone sur les sites de proximité au trafic surveillés en région grenobloise.

65% des émissions sont issues du transport routier.

● BENZÈNE

Les premiers contrôles réguliers en air ambiant ont débuté en 1999 en région grenobloise. Les teneurs ont significativement diminué entre 1999 et 2000, en raison notamment de l'abaissement des taux de benzène dans les carburants. Par la suite, après trois années assez stables, les concentrations de ce composé sont en légère progression en 2003. L'objectif de qualité ($2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) est dépassé, alors que la valeur limite réglementaire est respectée sur l'ensemble des sites investigués en région grenobloise, qu'ils soient urbains, trafics ou industriels.

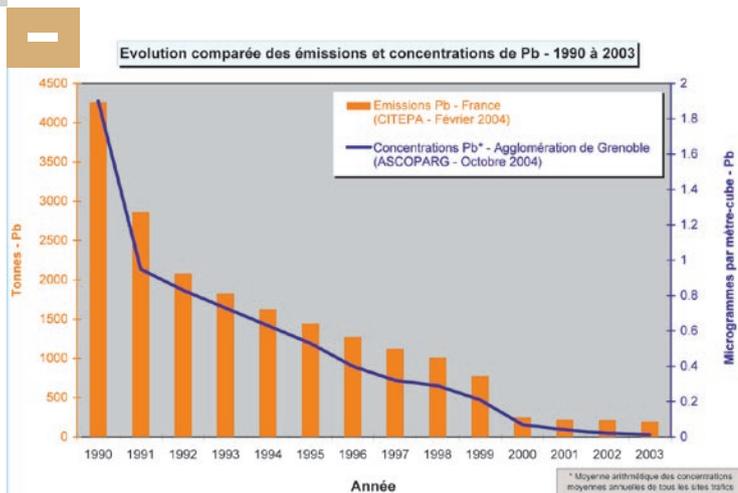
A ce jour, le benzène est le seul composé organique volatil pour lequel il existe des valeurs limites réglementaires dans l'air ambiant. Le faible historique de données ne permet pas de donner une tendance.

● HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont principalement rejetés par la combustion de la matière organique (pétrole, charbon, bois). Il existe plusieurs dizaines de composés dans cette famille de polluants, à la toxicité variable. Les mesures ont débuté en région grenobloise fin 2001, dans le cadre d'un programme pilote national de surveillance.

Un seul site a fait l'objet d'un suivi, en bordure d'une rocade très circulée de l'agglomération grenobloise. Les moyennes annuelles en 2002 et 2003, respectivement de 0,77 et 1,37 nanogramme par mètre-cube pour le benzo(a)pyrène, font apparaître un risque de franchissement de la valeur cible européenne, fixée à 1 nanogramme par mètre-cube.

D'autres investigations seront conduites à l'avenir, notamment pour vérifier l'influence du trafic et d'autres sources dans les résultats enregistrés. Le recul n'est pas suffisant pour dégager une tendance.



● MÉTAUX LOURDS

Les métaux lourds regroupent une vaste famille de composés, dont un des plus connus et un des mieux surveillés dans l'environnement est le plomb. Les métaux proviennent des combustions et de certains procédés industriels (métallurgie des métaux non ferreux en particulier). Les concentrations en plomb ont considérablement diminué au cours des dix dernières années, à la faveur des réductions successives des taux de plomb dans les carburants, puis de son interdiction en 2000. L'origine majoritaire du plomb est donc désormais industrielle et non plus automobile. Depuis 2000, les niveaux sont inférieurs à l'objectif qualité ($0,25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Pour d'autres composés, comme l'arsenic, le cadmium, le nickel et le mercure, une directive européenne en préparation fixera à l'avenir au minimum des valeurs cibles, voire des valeurs limites. Une surveillance régulière de ces composés a débuté en région grenobloise au printemps 2003. Les premiers résultats montrent des valeurs inférieures aux futures valeurs réglementaires, mais le peu de données ne permet pas d'établir une tendance.

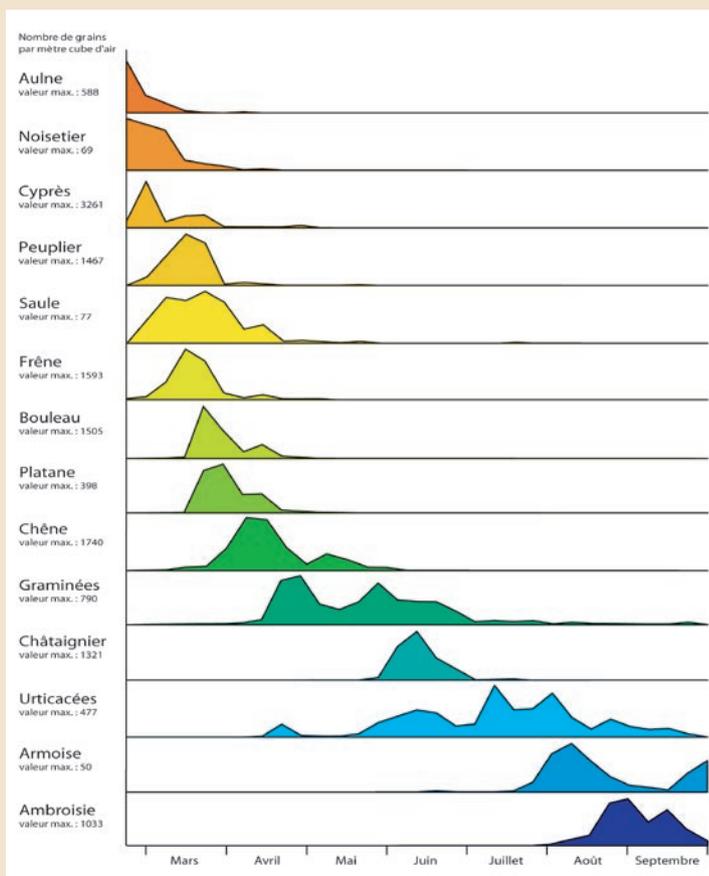
63% des émissions de plomb sont issues de l'industrie manufacturière.

Les pollens, sources d'allergies

Actuellement, 10 à 15% des enfants et 25 à 30% des adultes sont concernés par des allergies liées aux pollens. Plusieurs facteurs explicatifs : interactions avec la pollution chimique, développement d'arbres ou d'herbes aux pollens très allergisants (cyprès, ambroisie...). Aussi, une identification et un comptage des pollens sont réalisés en région grenobloise depuis l'année 2000. Le calendrier pollinique ci-contre, établi pour l'année 2003, est assez reproductible d'année en année. Cependant, la production des pollens dépend fortement de l'évolution des conditions météorologiques, ce qui se traduit, pour chaque espèce, par des incidences sur la quantité produite, le début de l'activité pollinique et sa durée.

Pour plus d'informations

rnsa.asso.fr
ambrosie.info
perso.wanadoo.fr/afeda

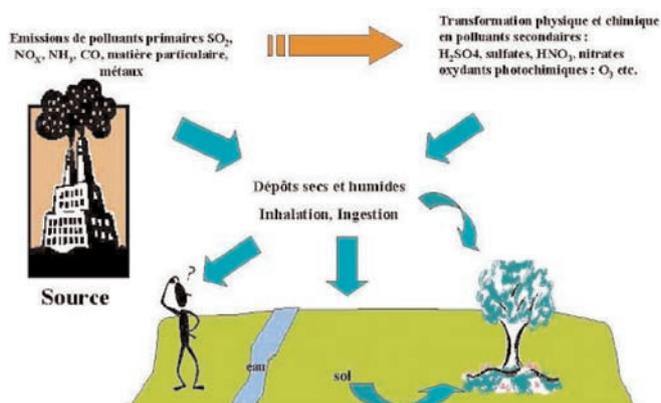


Impacts sanitaires et environnementaux des polluants

● Impacts sanitaires

Une situation préoccupante

L'air est nécessaire à la vie. Chaque jour, environ 14 000 litres d'air (21% d'oxygène, 78% d'azote et 1% de gaz divers) transitent par nos voies respiratoires (cas d'un adulte). La loi sur l'air de 1996 a reconnu le droit universel à respirer un air qui ne nuise pas à la santé. Or, la pollution de l'air est invisible, réelle et complexe.



Le Plan National Santé Environnement (juin 2004) souligne les éléments suivants :

- > Les risques liés aux expositions dans les locaux sont mal connus alors que l'on y séjourne environ 80% de notre temps.
- > Environ 30 000 décès anticipés par an sont liés à la pollution atmosphérique urbaine.
- > Un doublement de la prévalence des maladies allergiques respiratoires est enregistré depuis 20 ans.

Les différents types d'exposition des personnes à la pollution, la pollution intérieure.

Les activités humaines (utilisation de moyens de déplacement, construction de bâtiment, cultures, etc.) provoquent le rejet de polluants dans l'atmosphère. Au cours de notre vie de tous les jours, nous sommes exposés à cette pollution atmosphérique que nous respirons, ainsi qu'à bien d'autres types de pollution (expositions dans les locaux, dans les moyens de transports, acariens, etc...).

L'air s'infiltrant partout, nous sommes constamment exposés dans les bâtiments (lieux de travail, écoles, transports, espaces de loisirs, etc.) où les citoyens résident 22 heures sur 24. Reconnue comme un enjeu de santé publique au niveau international, la pollution de l'air intérieur est suspectée de jouer un rôle significatif dans la croissance des pathologies chroniques (cancers, affections respiratoires, troubles de la reproduction, du système immunitaire et du système nerveux).

Le PPA aborde le sujet des expositions à la pollution de l'air des personnes à un niveau global et non individuel.

Les études épidémiologiques : des effets à court terme connus. Mise en évidence des effets sanitaires de la pollution de l'air.

Pour évaluer l'impact sanitaire des polluants, les professionnels de la santé publique définissent un indicateur d'exposition à la pollution atmosphérique. Le calcul de cet indicateur prend en compte les concentrations de polluants mesurées en routine tels que les fumées noires (dont les particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 microns (PM_{10}) et le dioxyde de soufre (SO_2) pour la pollution acido-particulaire, le dioxyde d'azote (NO_2) et l'ozone (O_3) pour la pollution photo-oxydante. Cet indicateur est différent

pour les effets à court terme ou à long terme de la pollution. Mais, il convient d'être prudent car les effets à court terme sont difficilement dissociables des effets à long terme car la nature des relations qui existent entre les deux types d'effets est inconnue pour la majorité des polluants (InVS, mars 1997). ("Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine", InVS, DRASS, mars 2003).

A long terme, les études épidémiologiques concluent à l'existence d'un accroissement du risque de décès par maladies cardio-respiratoires suite à une exposition chronique à la pollution atmosphérique.

Plusieurs études (ERPURS, PSAS-9, APHEA, etc.) menées dans des grandes métropoles européennes ont prouvé l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé.

Le Programme de Surveillance Air et Santé (PSAS-9, coordonné par l'InVS, de 1990 à 1995) mené dans 9 grandes villes de France, dont Lyon, a démontré que :

- > La pollution a entraîné des décès qui n'auraient pas eu lieu si la pollution avait été à son niveau de base.
- > Chaque année, pour les 9 villes (10 millions d'habitants), il a été enregistré 265 victimes (dont 15 à Lyon).
- > Les risques de mortalité pour les 9 villes étudiées ne présentent pas de différences importantes.
- > Il n'a pas été observé de niveau au-dessous duquel il n'existerait pas d'effet décelable sur la mortalité.
- > Les niveaux modérés de pollution ont un impact plus important que les pics observés quelques jours par an.

Effets à court terme de la pollution

Des augmentations quotidiennes de la pollution atmosphérique peuvent entraîner en quelques jours l'apparition de différents symptômes, des hospitalisations et des décès anticipés.

Effets à long terme de la pollution

Une exposition cumulative à des niveaux moyens de pollution atmosphérique pendant plusieurs années peut conduire à des affections chroniques, à des cancers et à des décès prématurés.

Le coût de la pollution difficile à estimer

Une étude menée par l'INERIS fait état de 7,6 milliards d'euros par an en France (dont 4,7 pour la santé), soit presque 150 euros par an et par personne.

A Grenoble, le coût annuel (1994) de ces dépenses de santé est de 5,6 millions d'euros, soit environ 35 euros par an et par personne (*"Coût médico-social à court terme de la pollution atmosphérique en milieu urbain : une étude dans la région Rhône-Alpes". Rapport de l'Institut Universitaire de Santé Publique pour le Ministère des Affaires Sociales et du Travail, l'ADEME et le Réseau National de Santé Publique - Novembre 1995.*)

Des effets différents selon les personnes

Chacun peut être affecté par la pollution atmosphérique, notamment en cas d'exposition prolongée et/ou excessive. Cependant, franchir les valeurs critiques n'implique pas obligatoirement l'apparition d'une pathologie sur chaque individu de la population. Pour un même niveau de pollution, certaines personnes vont être plus sensibles que d'autres, soit parce qu'elles sont plus fragiles, soit parce qu'elles sont exposées à d'autres pol-

lutions qui aggravent l'effet de la pollution atmosphérique. Parmi ces personnes, il est répertorié les enfants, les personnes âgées, celles dont l'état de santé est défavorable et les personnes qui, de par leur profession, sont en contact avec des produits chimiques (métiers du bâtiment, de l'industrie, garagistes, etc.) :

- > **enfants** : leur maturation pulmonaire se développe jusqu'à l'âge de 8 ans.
- > **personnes âgées** : sont plus nombreuses à présenter une pathologie cardio-vasculaire ou respiratoire. Les capacités respiratoires décroissent avec l'âge (10% chaque décennie à partir de la trentième année).
- > **insuffisants coronariens et cardiaques** : des études montrent un lien entre polluants et infarctus du myocarde.
- > **asthmatiques** : les polluants atmosphériques augmentent la réactivité bronchique et rendent plus sensible aux allergènes.
- > **insuffisants respiratoires, bronchitiques chroniques** : la pollution atmosphérique favorise les décompensations.
- > **tabagiques** : les polluants liés au tabac sont des irritants très puissants qui amplifient l'action des autres polluants.
- > **femmes enceintes** : les polluants ingérés ou respirés ont des conséquences directes sur leur(s) fœtus.

Les effets spécifiques des polluants

La pollution atmosphérique est à l'origine de symptômes tels que gêne respiratoire, toux, maux de gorge, maux de tête, irritation oculaires. Elle peut déclencher des crises d'asthme chez les asthmatiques ou diminuer la capacité respiratoire chez l'enfant. Notons qu'en France, l'asthme concerne 3 à 3,5 millions de personnes et que sa prévalence

(nombre de cas anciens et nouveaux recensés) a doublé en quinze ans, pour atteindre 5 à 7% chez l'adulte et 10 à 15% chez les jeunes (programme PRIMEQUAL, novembre 2003).

Pour des précisions sur les effets sanitaires spécifiques des polluants et pour les valeurs d'exposition conseillées de l'OMS, voir l'*annexe 12*.

La situation sur le territoire du PPA

La CIRE (Cellule Interrégionale d'Epidémiologie) Rhône-Alpes a réalisé en 2005 l'évaluation de l'Impact Sanitaire (EIS) à court terme de la pollution atmosphérique urbaine du territoire du PPA de Grenoble. La période d'étude s'étend du 1^{er} octobre 1999 au 30 septembre 2000. Cette année est considérée comme "standard" en termes de pollution, sauf pour l'ozone où les niveaux sont un peu plus faibles que les années suivantes [ASCOPARG]. Les indicateurs de pollution retenus sont construits à partir des 4 polluants suivants : SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀.

L'impact sanitaire sur l'année tropique 1999-2000 s'élève à 67 décès anticipés et 72 admissions hospitalières. La réduction des pics de pollution au niveau des valeurs réglementaires en vigueur éviterait chaque année 9 décès anticipés et 12 hospitalisations. La réduction de 25% des niveaux moyens quotidiens de pollution atmosphérique éviterait 23 décès anticipés et 25 hospitalisations.

L'intégralité du résumé de l'EIS est consultable à l'*annexe 19*.

Repérée en France dès 1860, l'ambrosie (pollen aéroporté très allergisant) a envahi la région Rhône Alpes au cours des 3 derniè-

res décennies et gagne les régions Auvergne, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon. Les citoyens sont plus touchés que les ruraux par les pollinoses aussi bien aux graminées qu'aux ambrosies (AFEDA). Le sud-est lyonnais est la région en Rhône-Alpes la plus touchée, avec un taux d'allergies provoquées par l'ambrosie de 12,1% (CAREPS - Rapport n°259 - Avril 2000), mais la région grenobloise n'est pas épargnée.

● Impacts sur l'environnement et le patrimoine

La problématique de santé publique ne doit pas occulter celle de l'environnement et il est important de garder en mémoire certains événements ou constats récents dus aux polluants atmosphériques (oxydes de soufre et d'azote, ozone, métaux lourds, poussières...), comme les pluies acides et le dépérissement forestier, l'acidification des sols et des eaux (baisse de rendement des cultures), la contamination des zones proches de voies de communication, la dégradation des monuments, etc.

Des effets multiples

Sur les matériaux : corrosion (dioxyde de soufre), noircissements et encroûtements des bâtiments (poussières), altérations diverses en association avec le gel, l'humidité et les micro-organismes.

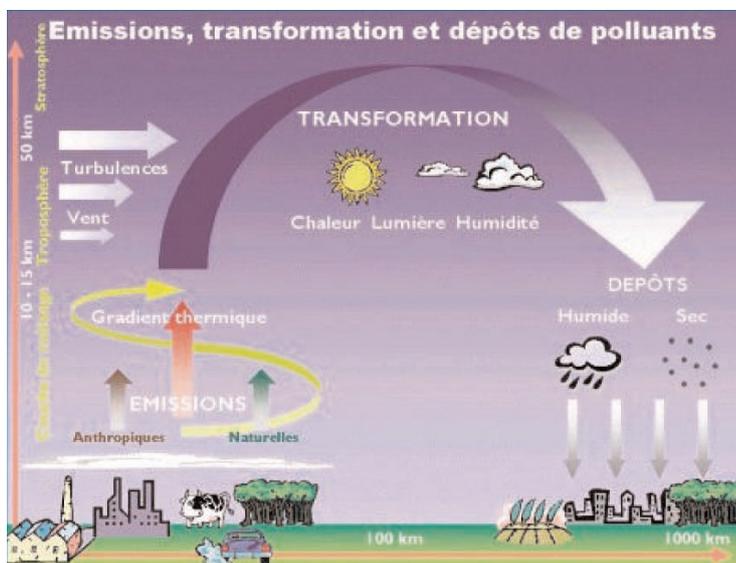
Sur les végétaux : nécroses, réduction de la croissance des plantes, baisse de la production agricole, résistance amoindrie des plantes à certains agents infectieux.

Dans les Alpes, l'analyse des lichens et des mousses a mis en évidence que la limite forestière supérieure devrait se situer à 2400

mètres, alors qu'elle ne se situe actuellement qu'à 2000 mètres (Comité EGPN).

L'INRA a simulé, en fonction du réchauffement planétaire, le sort des grandes essences forestières jusqu'en 2050 et 2100 :

- Les espèces montagnardes qui se développent entre 800 et 2500 mètres devraient leur aire de répartition fondre à 6% de la superficie métropolitaine, contre 16% aujourd'hui.
- Le hêtre (emblème des essences de plaines continentales) ne résistera plus que dans le nord-est alors qu'il est acclimaté actuellement dans les trois quarts du pays.
- Les groupes d'essences méridionaux se déplaceront vers le nord et l'est, tandis que les groupes montagnards et continentaux auront tendance "à régresser fortement".



Sur les écosystèmes d'eau douce : L'acidification des lacs et des cours d'eau entraîne une destruction parfois irréversible de la vie aquatique. L'eutrophisation correspond à une perturbation de l'équilibre biologique des sols et des eaux due à un excès d'azote notamment d'origine atmosphérique par rapport à la capacité d'absorption des écosystèmes.

Une connaissance limitée au niveau local, des effets à différentes échelles temporelles et spatiales

Pollution locale : À l'échelle locale, on observe une pollution dite de proximité, voisine des sources émettrices. Les polluants responsables sont principalement les polluants primaires (non transformés), tels que le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, les particules, les composés organiques volatils, le dioxyde de soufre, et les hydrocarbures aromatiques polycycliques. Cette pollution peut altérer les matériaux par corrosion et salissures et nuire aux végétations et aux cultures.

Pollution urbaine : La concentration importante de polluants en ville s'explique non seulement par le fait qu'ils y sont plus massivement émis, mais aussi par les conditions climatiques qui font que leur dispersion est moindre.

Pollution régionale/transfrontalière : À des dizaines voire des centaines de kilomètres des sources émettrices, les teneurs sont plus faibles, mais suffisantes pour altérer la végétation à plus ou moins long terme. Du fait du temps de transport des polluants, se sont les polluants secondaires qui sont observés à ces distances. Cela conduit à une

pollution **photooxydante** (formation de l'ozone) et à des **retombées acides** (issues des oxydes d'azote et du dioxyde de soufre).

Pollution globale/planétaire : À l'échelle de la planète, deux effets peuvent être mis en avant, l'**effet de serre** et la **diminution d'ozone stratosphérique**.

Pour des précisions sur les effets sur l'environnement spécifiques des polluants et pour les valeurs d'exposition conseillées de l'OMS, voir l'*annexe 13*.

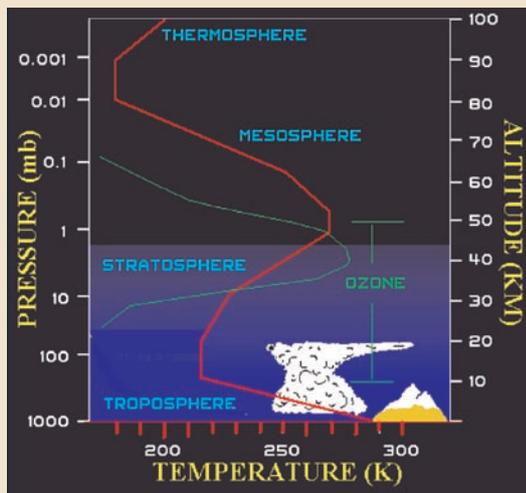
Des répercussions importantes, mais peu d'informations disponibles à l'échelle du PPA. A l'avenir, il conviendrait d'initier des études sur cette thématique sur le territoire du PPA.

Comprendre les effets de la pollution

Le bon et le mauvais ozone

La pollution photooxydante est un phénomène caractéristique des situations estivales anticycloniques. C'est un ensemble de phénomènes complexes qui conduisent à la formation d'ozone et d'autres composés oxydants. **L'ozone formé est qualifié de "mauvais ozone" en raison de ses effets néfastes sur la santé humaine et sur les végétaux.**

L'ozone de la stratosphère (couche atmosphérique qui s'étend environ de 7 à 16 kilomètres jusqu'à 50 kilomètres d'altitude) est qualifié de **"bon ozone" car il filtre les rayons solaires ultraviolets les plus nocifs**. Sans la couche d'ozone, la vie ne pourrait pas exister sur Terre.



Durant la fin de l'hiver austral, au moment où le soleil apparaît, la teneur en ozone diminue de 40 à 60%. De nombreux composés peuvent détruire l'ozone : OH, H, NO, Cl, Br, HO₂ issus de produits utilisés dans les aérosols, les réfrigérateurs, etc...

Le déficit maximum d'ozone stratosphérique se situe vers 20 - 25 km.

Le phénomène des pluies acides est lié aux polluants acides (SO₂, NO_x, NH₃, HCl, HF). Ces polluants se déposent sous forme de retombées sèches ou humides. Le SO₂ et les NO_x se transforment en sulfates (SO₄²⁻) et en nitrates (NO₃⁻) dans le cas où l'atmosphère est sèche, et en acide sulfurique (H₂SO₄) et en acide nitrique (HNO₃) dans le cas où l'atmosphère est humide.

Les retombées acides ont des effets sur les matériaux, les écosystèmes forestiers et d'eau douce.

Le phénomène de l'effet de serre est dû au fait que lorsque la terre restitue l'énergie qu'elle reçoit du soleil, le rayonnement infrarouge émis vers le ciel est à nouveau filtré par les différentes couches de l'atmosphère qui en renvoient une partie vers la terre. La conséquence est le réchauffement de l'atmosphère.

Certains gaz dits gaz à effet de serre amplifient ce phénomène naturel et sont rejetés par les activités humaines. La France s'est engagée à réduire les émissions des gaz à effet de serre en souscrivant au protocole de Kyoto (cf. *annexe 1*). Les gaz mentionnés dans ce protocole sont : le gaz carbonique (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les hydrofluorocarbones ou HFC, les hydrocarbures perfluorés ou PFC, l'hexafluorure de soufre ou SF₆.

(cf. l'*annexe 14* pour des précisions sur l'effet de serre et l'*annexe 15* pour des précisions sur les modifications futures du climat).

