

# L'air

La pollution atmosphérique se manifeste à différentes échelles.

La pollution globale est suivie au niveau international. Il s'agit de l'appauvrissement de l'ozone de la stratosphère, qui est à l'origine d'une augmentation des UVB responsables du cancer de la peau, et des gaz à effet de serre contribuant au changement climatique. Les mesures mises en place au niveau mondial pour lutter contre l'appauvrissement de la couche d'ozone commencent à produire leurs premiers effets. Les produits chlorés ont diminué dans l'atmosphère\* depuis 1994 ; la France a d'ores et déjà cessé la production de certains gaz contribuant à l'appauvrissement de la couche d'ozone, comme prévu par le protocole de Montréal. Il faudra attendre cependant le milieu du siècle pour que la couche d'ozone se régénère.

La pollution régionale est liée à des polluants pouvant être transportés et transformés très loin des zones d'émissions dans une même région du globe. Les pollutions acides, qui avaient été mises en évidence dans les années soixante-dix, ont baissé de 30 % depuis 1990. L'ozone troposphérique, principal indicateur de la pollution régionale, est produit à partir de la transformation chimique de polluants précurseurs d'origine anthropique ou naturelle et transporté loin des lieux de production. Cette pollution, très dépendante des conditions météorologiques (ensoleillement, vents), est variable d'une année sur l'autre. L'ozone est le polluant responsable du plus grand nombre d'alertes à la qualité de l'air en France, notamment dans le Sud-Est.

La pollution locale est surtout marquée par l'augmentation des émissions du trafic automobile alors que celles des sources fixes sont en baisse. Ainsi, les émissions de dioxyde de soufre liées à l'usage de combustible soufré ont baissé de 88 % depuis 1960. À l'inverse, celles d'oxydes d'azote sont en hausse de 33 % depuis 1960 : la contribution de l'industrie à leurs émissions a régressé alors que celle du transport a augmenté, même si une amélioration est constatée depuis l'introduction du pot catalytique.

Depuis 2000, l'évolution de la qualité de l'air en zone urbaine montre une amélioration dans les agglomérations moyennes (-23 %) et grandes (-12 %). Le dioxyde de soufre contribue le plus à la baisse constatée, contrairement à l'ozone et aux particules qui sont plus difficiles à réduire.

La période 2001-2004 a été marquée par la montée en puissance de la loi sur l'air et l'adoption de deux directives européennes fixant des niveaux de pollutions pour certains polluants. L'Union européenne a également défini un programme, *CAFE (Clean Air For Europe)*, visant à réduire les risques d'exposition aux particules et à l'ozone.

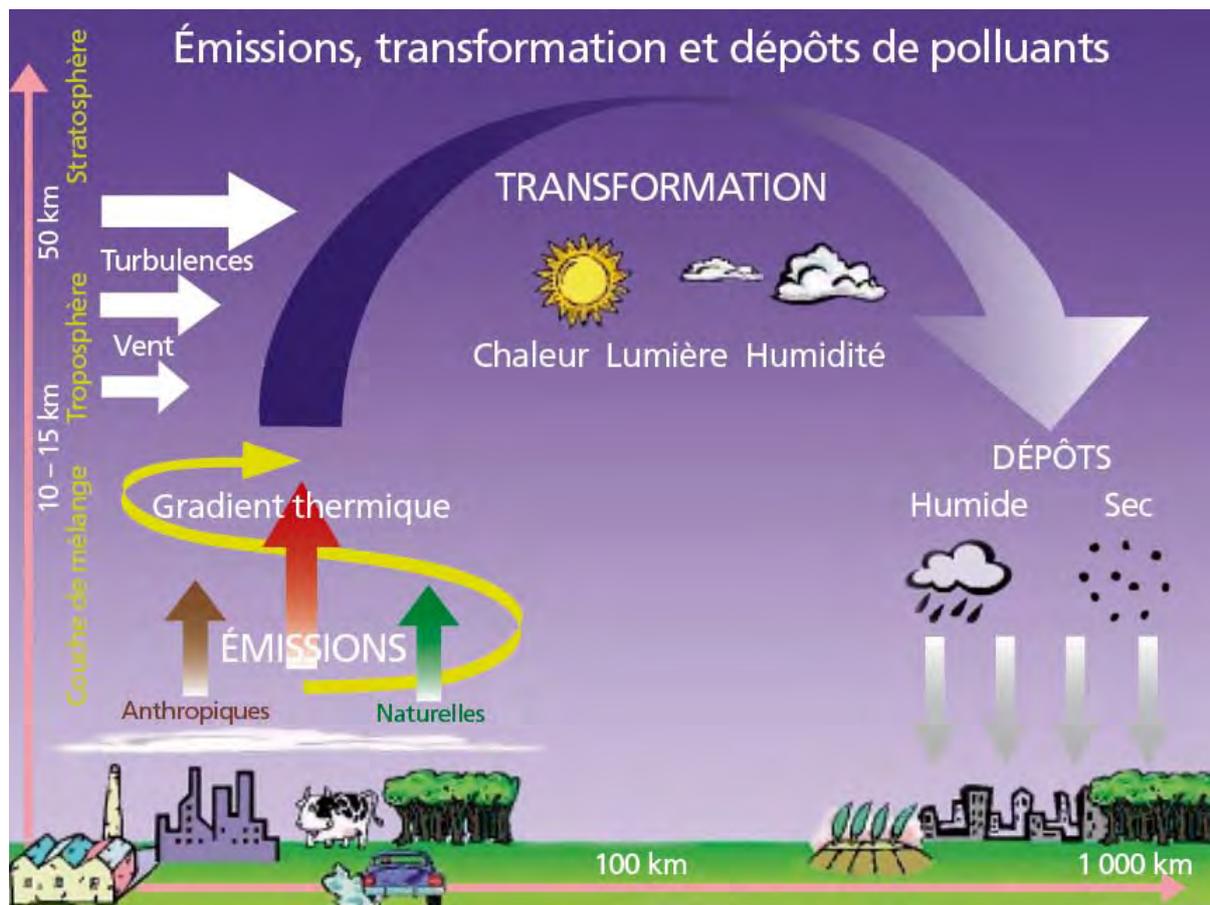
L'atmosphère, du sol jusqu'à 50 km d'altitude, est le siège permanent de manifestations physico-chimiques dont les interactions spatiales et temporelles sont responsables de la dégradation du milieu.

La troposphère, qui est la couche limite au contact avec le sol jusqu'à 8-15 km, reçoit les émissions produites par les activités humaines et la nature. Les polluants s'y diluent en fonction des conditions météorologiques. Elle est aussi le siège de transformations physico-chimiques pouvant conduire à la création de polluants dits secondaires. L'atmosphère urbaine est particulièrement soumise à ces polluants de composition et d'origine diverses.

On peut distinguer plusieurs échelles de pollution atmosphérique en fonction des sources, des gaz émis et des transformations subies. La pollution locale se produit sur les lieux de contamination par les activités émettrices. Elle s'y manifeste surtout par des effets sanitaires sur l'homme. À l'échelle d'une région du globe, les polluants peuvent être transportés et subir des transformations très loin de leurs zones d'émissions. À l'échelle globale, la pollution se manifeste par l'appauvrissement de l'ozone dans la stratosphère (de 15 à 50 km) et par l'augmentation de l'effet de serre, responsable du changement climatique.

Il existe une étroite relation entre ces différentes échelles et les pollutions qui s'y manifestent. Ainsi, les politiques destinées à lutter contre les pollutions urbaines ont donc des effets bénéfiques sur les autres

## L'atmosphère et les processus physico-chimiques



Source : Claude Kargomard, ENS, Paris.

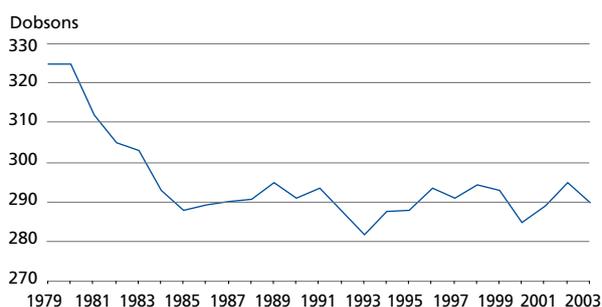
dimensions. De même, les politiques de maîtrise de l'énergie destinées à réduire l'augmentation de l'effet de serre peuvent contribuer à améliorer la qualité de l'air de nos villes.

### L'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique

L'ozone est présent naturellement dans l'atmosphère avec des concentrations plus élevées dans les hautes couches, entre 15 et 35 km au-dessus de la surface de la Terre. Son rôle étant essentiel dans le blocage des rayons UVB en provenance du Soleil, la dégradation de la couche d'ozone entraîne une moindre filtration des rayons ultraviolets nuisibles aux organismes vivants. Les études montrent une augmentation des rayons UVB de l'ordre de 10 % sur la période 1986-1996.

Les effets sur la santé humaine sont avérés : brûlures superficielles de la peau, conjonctivites et cataractes, augmentation des cancers et vieillissement accéléré de

### Évolution de la couche d'ozone dans le monde



Note : Une unité Dobson (notée DU pour Dobson Unit en anglais) est définie comme une couche d'ozone de 0,01 mm d'épaisseur à la température et à la pression de l'atmosphère standard. La colonne d'ozone standard est de 300 DU.

Source : Service météorologique du Canada, Environnement Canada/ National Aeronautics and Space Administration, États-Unis, 2004.

la peau. Ils le sont également sur l'environnement : réduction de la photosynthèse, diminution des rendements des cultures, réduction du plancton dans les milieux aquatiques. Les études effectuées sous l'égide du programme des Nations unies pour l'environnement (Pnue) ont conclu que l'augmentation des UVB

## Réglementation internationale sur les produits responsables de la dégradation de la couche d'ozone

Acte juridique	Date	Substances concernées	Objectifs visés
Convention de Vienne	1985	Dérivés de carbone, d'azote, de chlore et de brome	Développement de la recherche sur ces produits
Protocole de Montréal	1987	CFC et halons	Réduction de la production et de la consommation par étapes Prise en compte des pays en développement Dispositions commerciales
Conférence de Londres	1990	CFC, HCFC, chloroforme, tétrachlorure de carbone	Accélération de l'échéancier fixé par le protocole de Montréal Réglementations des produits de transition Création d'un mécanisme de financement
Conférence de Copenhague	1992	HCFC, HBFC, bromure de méthyle	Accélération de l'échéancier fixé
Conférence de Vienne	1995	Bromure de méthyle, HCFC	Élimination progressive du bromure de méthyle
Conférence de Montréal	1997	HCFC, bromure de méthyle	Échéancier pour l'élimination du bromure de méthyle
Conférence de Pékin	1999	HCFC, bromochlorométhane	Contrôle de la production de HCFC et de bromochlorométhane

serait responsable d'une hausse des cancers de la peau dans le monde. Cette augmentation accélère la formation de la pollution photochimique dans la troposphère et diminue la durée de vie de matériaux comme les plastiques et les peintures.

Les premières mesures des années soixante-dix ont mis en évidence le « trou d'ozone », c'est-à-dire une baisse saisonnière des concentrations d'ozone au-dessus de l'Antarctique. L'existence du « trou d'ozone », son extension ainsi que sa présence en Arctique ont été confirmées par d'autres études. Dans certaines zones septentrionales du Canada, la couche d'ozone s'est amincie depuis la fin des années soixante-dix d'environ 6 % par an.

Dans les hautes latitudes, elle peut diminuer de moitié en hiver et au printemps. En Europe, les données montrent une légère baisse des concentrations de 5,4 % par décennie depuis les années quarante-vingt, avec une amélioration sur la période 1995-2000. On constate cependant de fortes variations annuelles : le trou d'ozone a atteint sa plus grande superficie en 2000, 2001 et 2003.

L'amincissement de la couche d'ozone est provoqué par l'introduction dans l'atmosphère de substances chimiques stables contenant du chlore, du brome ou des halogènes. En se décomposant sous l'action de la lumière, ces composés libèrent le chlore qui détruit les molécules d'ozone. Parmi eux, se trouve :

- **les chlorofluorocarbures (CFC)**, qui étaient massivement utilisés comme gaz réfrigérant dans l'industrie du froid, des mousses, des aérosols et des solvants ;
- **les hydrochlorofluorocarbures (HCFC)**, utilisés en remplacement des CFC en raison de leur moindre durée de vie dans l'atmosphère, et **les hydrofluorocarbures\*** (HFC), utilisés comme substitut aux HCFC ;
- **les trichloroéthanes**, solvants chlorés utilisés dans les produits de nettoyage, les dégraissages et les

adhésifs. Ils avaient été substitués aux tétrachlorures de carbone pour la production des CFC ;

- **les halons**, utilisés dans les extincteurs d'incendie ;
- **le bromure de méthyle**, utilisé dans la désinfection des sols contre les ravageurs, les parasites, ainsi que la désinsectisation des locaux de stockage de produits agricoles et des infrastructures industrielles.

Des facteurs naturels peuvent également entraîner de légères variations annuelles des concentrations d'ozone dans la stratosphère : cycles des taches solaires (1 à 2 %), aérosols de sulfates issus des émissions volcaniques, vapeur d'eau des nuages.

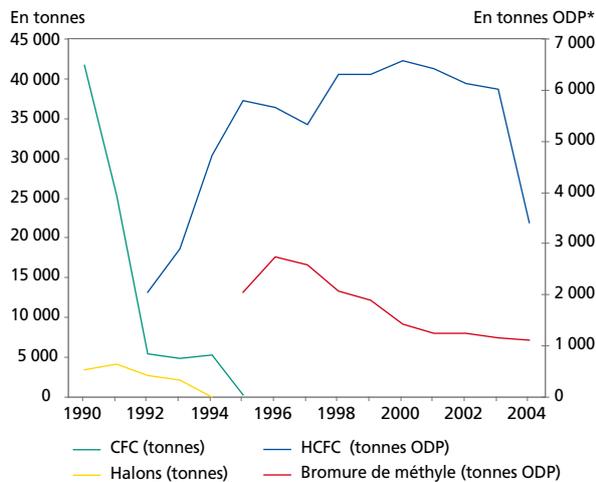
L'usage de produits moins nocifs pour la couche d'ozone a fait l'objet d'un ensemble de textes internationaux d'échéanciers : convention de Vienne, protocole de Montréal et ses amendements.

Au niveau communautaire, le règlement (CE) n° 2037/2000 du 29 juin 2000 modifié vise à limiter et à contrôler la production, l'utilisation, la récupération et la destruction des substances appauvrissant la couche d'ozone.

Pour les HCFC, la production est ramenée depuis 2000 au niveau de 1997. L'arrêt de la production est fixé au 1<sup>er</sup> janvier 2026. La mise sur le marché et l'utilisation de HCFC vierges seront interdites à partir de 2010. Un calendrier est fixé pour chaque usage. Enfin, le règlement prévoit la récupération de certaines substances : halons contenus dans les systèmes de protection contre les incendies, CFC et HCFC utilisés dans les équipements de réfrigération et solvants.

La production de substances destructrices d'ozone, à l'exception des HCFC et du bromure de méthyle, a déjà été quasiment éliminée dans les pays industrialisés. Les pays en développement signataires du protocole de Montréal ont jusqu'en 2010 pour éliminer totalement les CFC et les halons. Allant au-delà de ses engagements, la France a cessé sa production de

## Production de CFC, de halons, de HCFC et de bromure de méthyle en France



\* Tonne ODP : unité de mesure du potentiel de destruction d'ozone.

Source : ministère de l'Écologie et du Développement durable (direction de la Prévention des pollutions et des risques - DPPR).

halons en 1994, celle de CFC et de tétrachlorure de carbone en 1995, et celle du trichloroéthane et des hydrobromofluorocarbures (HBFC) en 1996.

En outre, depuis la signature de l'amendement de Pékin (1999), la production de HCFC est désormais soumise à un calendrier de réduction. Le règlement européen n° 2037/2000, plus contraignant, prévoit leur interdiction totale en 2026.

La France était le seul producteur de l'Union européenne de bromure de méthyle en 2004, pesticide\* essentiellement utilisé dans la production fruitière, notamment dans le sud de l'Europe. Les pays industrialisés ont opté pour l'arrêt de sa production et de sa consommation au 1<sup>er</sup> janvier 2005. Une exemption pour les « usages critiques » est prévue si aucune solution de remplacement acceptable n'est disponible. Les pays en développement devront cesser la production et la consommation du bromure de méthyle en 2015.

Les dernières observations montrent que ces mesures commencent à produire leurs premiers effets au niveau mondial. Depuis 1994, les niveaux de produits chlorés ont diminué dans l'atmosphère au bénéfice des substituts. Cependant, l'abandon de toute substance chlorée et fluorée s'échelonne progressivement jusqu'à 2030. Compte tenu des engagements pris dans le cadre du protocole de Montréal et de la durée de vie des substances nocives pour l'ozone dans l'atmosphère, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) prévoyait en 2004 une vulnérabilité\* pendant une dizaine d'années et un retour à la normale dans une cinquantaine d'années. Des incertitudes demeurent

quant aux effets du réchauffement climatique et des gaz d'échappement des avions à haute altitude sur la couche d'ozone stratosphérique.

## La pollution régionale

### La baisse des pollutions acides

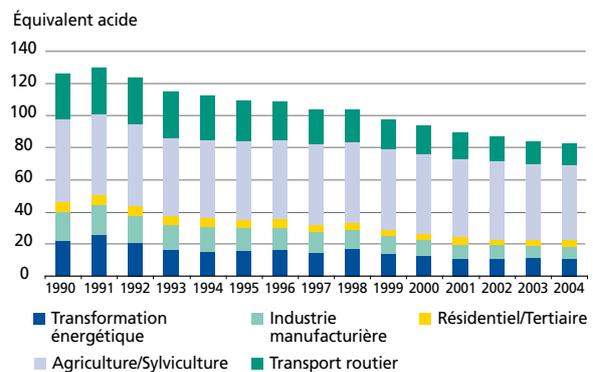
La pollution acide a été mise en évidence dans les années soixante-dix par l'acidification des lacs scandinaves et canadiens. Elle provient des retombées sur les écosystèmes de composés acides ou acidifiants sous l'effet des vents et des précipitations. Les principaux polluants impliqués sont les oxydes de soufre (SO<sub>x</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et accessoirement l'acide chlorhydrique (HCl).

Les émissions acides en France ont baissé de près de 30 % depuis 1990. C'est essentiellement les oxydes de soufre (-58 %) et les oxydes d'azote (-32 %) qui ont le plus baissé. En revanche, les émissions d'ammoniac, essentiellement d'origine agricole, ont peu baissé (-2 %).

La pollution acide a divers effets sur les milieux. Elle modifie les équilibres chimiques des milieux naturels (cours d'eau, lacs et sols). Sur les lacs et les cours d'eau peu minéralisés, elle diminue l'alcalinité et favorise la dissolution de l'aluminium, métal toxique pour la faune aquatique et la santé humaine. La pollution acide modifie également les équilibres chimiques des sols et favorise leur appauvrissement en minéraux nécessaires à la nutrition des végétaux : calcium, potassium, magnésium...

Pour lutter contre la pollution acide, la France gère un dispositif de surveillance des pluies acides implanté en zones rurales (réseau Mera – mesure des retombées

## Évolution des émissions de polluants acides en France par secteur d'activité



Source : Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa), avril 2005.

atmosphériques). Dans le cadre d'un programme de l'OMM sur la pollution atmosphérique de fond, une surveillance est également effectuée par Météo France.

Le protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique a été signé le 1<sup>er</sup> décembre 1999 à Göteborg dans le cadre de la convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, sous l'égide de la Commission économique des Nations unies pour l'Europe (CEE-NU). Il prévoit des baisses importantes d'émissions à l'horizon 2010 avec des plafonds à ne pas dépasser.

Dans les années soixante-dix, les pluies acides ont provoqué des dommages forestiers et l'altération biologique de nombreux lacs, notamment en Europe et en Amérique du Nord. Depuis, de réels progrès ont été accomplis. Actuellement, les estimations montrent que moins de 10 % des surfaces en Europe, notamment en Europe centrale et septentrionale, subissent des dépôts acides supérieurs aux charges critiques contre 35 % au cours des années quatre-vingt.

En France, les effets sont davantage ressentis sur le quart nord-est du pays. Les dépôts de sulfates et d'ammonium ont baissé au cours de cette période et les épisodes de dépôts acides importants découlent surtout d'apports de polluants depuis l'Europe centrale.

### L'ozone troposphérique, principal indicateur de la pollution régionale

La pollution photochimique constitue la principale forme de pollution de l'air à l'échelle régionale en raison des zones touchées et de la durée des épisodes.

Le déplacement de certains polluants précurseurs d'origine anthropique ou naturelle – NO<sub>x</sub>, composés organiques volatils (COV), monoxyde de carbone (CO) – peut provoquer de fortes concentrations en ozone dans des régions éloignées.

Lorsque l'intensité du rayonnement solaire est suffisante, l'atmosphère est le siège de nombreuses réactions impliquant, notamment, le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et les COV qui peuvent aboutir à la formation d'ozone.

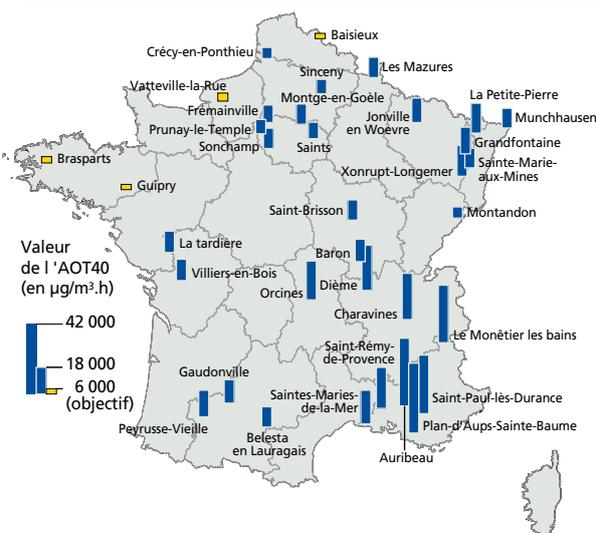
La production d'ozone est donc très dépendante de l'ensoleillement et des conditions météorologiques, de sorte que la production des polluants photochimiques est plus forte au printemps ou en été. Le cycle photochimique de formation et de destruction de l'ozone présente un caractère non linéaire. En effet, l'abondance des émissions de NO<sub>x</sub>, précurseurs d'ozone, peut nuire à l'accumulation d'ozone, et la pollution photochimique peut se manifester

plus amplement loin des émissions de précurseurs. En milieu urbain, où les émissions de NO<sub>x</sub> sont importantes du fait du trafic automobile et des foyers de combustion, l'ozone formé sur place peut être rapidement détruit. Ceci explique que les taux les plus élevés de pollution à l'ozone sont généralement mesurés en zones périurbaines\* ou rurales sous le vent des panaches urbains et peu après les heures de fort ensoleillement (vers 13 h-19 h).

L'ozone est un gaz insoluble qui pénètre en profondeur dans l'organisme humain. C'est un oxydant puissant qui a des effets négatifs sur la fonction respiratoire. Les dépassements des niveaux critiques d'ozone créent également des dommages pour les végétaux : baisse des rendements, dépérissement forestier, apparition de nécroses sur les feuilles... L'ozone peut détériorer de nombreux matériaux (peintures, plastiques, caoutchouc) en renforçant l'action des polluants acides. Il participe également au renforcement de l'effet de serre.

L'extension spatiale des phénomènes de pollution photochimique est par ailleurs à l'origine d'une hausse de la pollution de fond par l'ozone dans la troposphère de l'hémisphère nord. Les niveaux d'ozone au pic du Midi (exemple de site en zone isolée) sont actuellement près de 5 fois supérieurs à ceux mesurés au XIX<sup>e</sup> siècle.

### Répartition de l'AOT40\* dans les stations rurales françaises en mai-juillet 2004



\* AOT 40 : Dose cumulée sur un pas de temps horaire au-dessus d'une concentration d'ozone de 40 ppb (partie par billion).

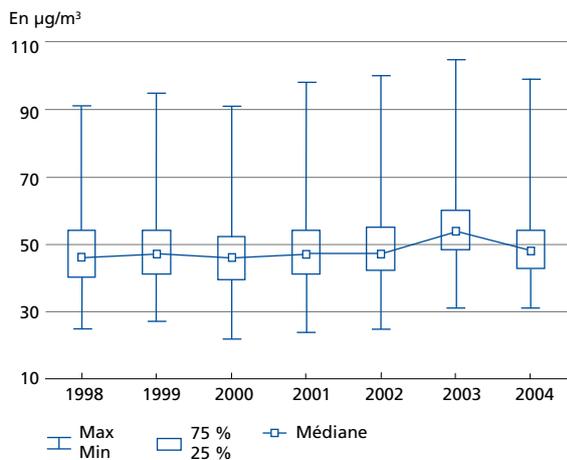
Note : Cette carte montre que l'objectif de protection de la végétation naturelle et des cultures de 6 000 µg/m³ par heure sur 3 mois a été dépassé sur la plupart des sites ruraux en 2004.

Source : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), Banque de données sur la qualité de l'air (BDQA).

Les concentrations moyennes enregistrées en France varient d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques. L'ozone constitue le polluant responsable du plus grand nombre d'alertes à la pollution atmosphérique en zones urbaines et périurbaines à partir du printemps. Les dépassements des seuils de protection de la santé humaine sont fréquents sur toute l'étendue du territoire, plus particulièrement dans la partie sud, sud-est et est, plus ensoleillée.

### Ozone

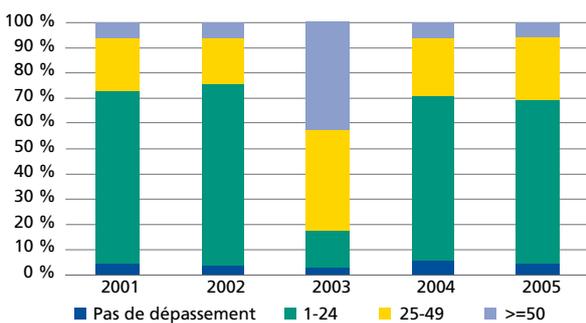
#### Évolution des concentrations moyennes annuelles en Métropole



Source : Ademe, BDQA – Ifen.

### Ozone

#### Répartition en Métropole des stations de mesure selon le nombre de jours de dépassement de la valeur limite de protection de la santé humaine : 120 µg/m³ en moyenne sur 8 heures



Objectifs	Valeur limite	Dépassements autorisés	Échéance
8 heures max glissantes	120 µg/m³	< 25 dépassement par an	2010
AOT40 Mai-juillet	18 000 µg/m³.h		2010

Source : Ademe, BDQA – Ifen.

## Les pollutions locales

Comme dans tous les pays développés, la nature des polluants rencontrés en France a évolué depuis une dizaine d'années. En effet, les sources fixes sont

## La pollution photochimique en Europe

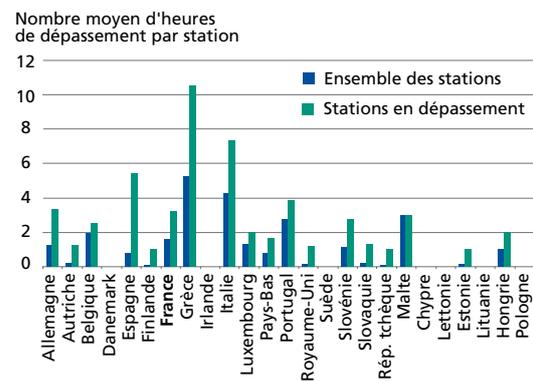
La pollution par l'ozone troposphérique touche la plupart des pays européens, mais surtout ceux du sud. D'avril à août 2004, la pollution à l'ozone a été très semblable aux autres années, sauf 2003 avec sa canicule exceptionnelle. Le seuil d'information de la population (180 µg/m³ en moyenne horaire) a été dépassé dans 18 des 25 pays d'Europe (excepté pour le Danemark, l'Irlande, la Lituanie, la Lettonie, la Pologne, la Suède et Chypre).

Le nombre de jours avec au moins un dépassement enregistré a varié durant l'été 2004 de 1 en Estonie et en Finlande à 58 en France et 76 en Italie. Sur les 1 792 stations de mesure dans l'Union européenne, 35 % ont enregistré au moins un dépassement contre 27 % en 1999. Le seuil d'alerte de 240 µg/m³ en moyenne horaire a été dépassé 99 fois, et ce dans 8 États : France, Allemagne, Grèce, Hongrie, Italie, Portugal, Slovaquie et Espagne.

Le seuil de protection de la santé humaine (120 µg/m³ en moyenne sur 8 heures) a été dépassé dans 19 % des stations, soit 4 % des stations en République tchèque, 28 % en France et 42 % en Italie.

### Ozone

#### Dépassement du seuil pour l'information de la population : 180 µg/m³ en moyenne horaire dans l'Union européenne au cours d'avril-août 2004



Note : Au cours d'avril-août 2004, 1 792 stations de mesure de l'ozone ont fonctionné dans l'Union européenne.

Source : RIVM (Centre thématique européen sur la qualité de l'air).

devenues minoritaires au profit des sources mobiles. Il en résulte une diminution des concentrations de soufre. À l'inverse, les concentrations de dioxyde d'azote, de particules d'origine automobile et de l'ozone sont devenues prépondérantes dans les

agglomérations françaises. L'ozone est présent en particulier dans les périphéries d'agglomération. En France, la spécificité du parc automobile dominé par le diesel renforce la problématique des particules fines dans les agglomérations.

En outre, la question de la pollution à l'intérieur des locaux prend de l'ampleur en raison du temps passé dans les endroits clos (+90 % de notre temps), des substances susceptibles d'être rencontrées et de l'évolution des connaissances scientifiques.

Aujourd'hui, la connaissance de la qualité de l'air s'est considérablement améliorée. Le réseau français (le plus important d'Europe) de surveillance de la qualité de l'air s'est développé dans l'espace national depuis la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (Laure) en 1996 – départements d'outre-mer (Dom) compris – et couvre l'ensemble des polluants réglementés. Des efforts sont également menés pour l'amélioration des connaissances sur les pollutions agricoles (phytosanitaires) et à l'intérieur des locaux. Enfin, un accent particulier est mis sur l'information du public par la diffusion locale des mesures de surveillance de la qualité de l'air et par la mise en place d'une plate-forme de prévision de la qualité de l'air, initiée par le ministère de l'Écologie et du Développement durable (Medd) en 2003<sup>1</sup>.

Les effets de la pollution de l'air ambiant sur la mortalité sont avérés. Le rapport de l'Institut de veille sanitaire (InVS) de juin 2002 « Programme de surveillance air et santé » a montré le lien entre la hausse des quantités de polluants dans l'atmosphère et la surmortalité constatée. Les effets sur la santé sont calculés en prenant en compte, d'une part, la pollution atmosphérique du jour même et de la veille (0-1 jour) et, d'autre part, la pollution atmosphérique du jour même et des cinq jours précédents (0-5 jours). Les relations exposition/risque sont exprimées en pourcentage d'augmentation du risque\* ou excès de risque de mortalité (ou d'admissions hospitalières) à court terme et pour une augmentation de 10 µg/m<sup>3</sup> des niveaux d'indicateurs de pollution. Ainsi, une élévation de 10 µg/m<sup>3</sup> du niveau des indicateurs de pollution est associée à un excès de risque de mortalité d'environ 1 %, pour une exposition de courte durée (celle du jour et de la veille). Pour une exposition plus prolongée, prenant en compte les niveaux de pollution du jour du décès et des 5 jours précédents, les excès de risque sont entre 1,2 et 4,6 fois plus élevés, selon les causes de décès et l'indicateur de pollution considérés.

Concernant les excès de risque d'hospitalisation et plus précisément les admissions pour pathologie cardio-

vasculaire, la seule association statistiquement significative concerne l'indicateur SO<sub>2</sub> (dioxyde de soufre) et les admissions des 15-64 ans : l'excès de risque lors d'une exposition plus prolongée (0-5 jours) est de 1,4 %, soit légèrement supérieur à celui d'une exposition du jour et de la veille (0-1 jour). Pour les pathologies respiratoires, les excès de risque sont plus souvent statistiquement significatifs pour le SO<sub>2</sub> et le NO<sub>2</sub> quelle que soit la tranche d'âge. Quand il est statistiquement significatif, l'excès de risque pour une exposition 0-5 jours est compris entre 1,9 et 3,7 %, soit 1,9 à 3,1 fois plus élevé que celui établi pour une exposition de plus courte durée.

Afin de satisfaire les normes de plus en plus contraignantes de la qualité de l'air ambiant adoptées au niveau européen et transposées en droit français, les efforts portent sur la réduction des pollutions, notamment celles d'origine automobile.

## Des émissions de polluants en baisse

### Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

En 2004, les émissions de SO<sub>2</sub> représentaient 485 000 tonnes, en diminution de 88 % depuis 1960. Elles sont produites par l'utilisation de combustible contenant du soufre et proviennent principalement du raffinage de pétrole et de la production d'électricité. La baisse constatée est due à la diminution de la consommation d'énergie fossile suite à la mise en place du programme électronucléaire, aux actions d'économie d'énergie et aux dispositions réglementaires en œuvre, notamment sur l'usage de combustibles moins soufrés dans les industries et les carburants.

Le SO<sub>2</sub> est le principal indicateur de la pollution acide. Il provoque en outre des irritations oculaires, cutanées et respiratoires. L'exposition prolongée peut augmenter les bronchites et pharyngites. Des expositions à des concentrations exceptionnelles peuvent également entraîner une augmentation du nombre de décès par maladie respiratoire ou cardio-vasculaire.

### L'ammoniac (NH<sub>3</sub>)

753 000 tonnes d'émissions de NH<sub>3</sub> ont été produites en 2004 par la volatilisation des fertilisants azotés sous la forme d'engrais et de lisiers. L'agriculture et la sylviculture ont en effet contribué pour 97 % en 2004. Depuis 1980, les émissions de NH<sub>3</sub> ont baissé de 7 %. Le NH<sub>3</sub> contribue à la pollution acide. Il peut provoquer une irritation des muqueuses des yeux, de la trachée et des bronches.

1 – <http://www.prevoir.org>

## L'élaboration des inventaires d'émission en France

En France, le ministère de l'Écologie et du Développement durable est responsable de la réalisation des inventaires d'émission nationaux dans le cadre des engagements internationaux. Leur élaboration est confiée au Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa) dans le cadre du système national d'inventaire des émissions de polluants dans l'atmosphère (Sniepa). Le Citepa, centre national de référence pour les inventaires d'émission en France, est chargé du choix des méthodes, de leur mise en œuvre (identification des sources d'information, conditions particulières, etc.), de la collecte, du traitement et de l'archivage des données, de la réalisation des rapports, ainsi que de la gestion du contrôle et de la qualité. Dans le cadre du Sniepa, différents inventaires d'émission sont élaborés pour répondre aux divers besoins de données formulés et définis par plusieurs acteurs, notamment les instances internationales comme la Commission européenne au titre des directives européennes et les Nations unies au titre des conventions ratifiées par la France. Les principaux inventaires sont :

- **Inventaires au format CEE-NU** portant sur les substances liées à l'acidification, à l'eutrophisation et à la pollution photochimique, les métaux lourds, les polluants organiques persistants et les poussières, soit 24 polluants couverts par la convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de 1979. La couverture géographique est la France métropolitaine. Les données sont disponibles sur une série depuis 1980 ;
- **Inventaires au format Gic** (grandes installations de combustion) portant sur le SO<sub>2</sub> et les NOx des grandes

installations de combustion. La couverture géographique comprend la Métropole et les Dom ;

- **Inventaires au format NEC** (*National Emissions Ceilings* – directive européenne sur les plafonds d'émissions nationaux) portant sur les substances visées par la directive 2001/81/CE du 23 octobre 2001 sur les plafonds d'émission nationaux, à savoir : SO<sub>2</sub>, NOx, COVNM et NH<sub>3</sub>. La couverture géographique s'étend à la France métropolitaine, y compris l'aérien ;

- **Inventaire au format Secten** (par secteur d'activité), qui reprend l'ensemble des polluants étudiés et propose des analyses par secteurs et sous-secteurs conventionnels reflétant les différents acteurs économiques. La couverture géographique se limite à la Métropole ;

- **Inventaire au format EMEP** (*European Monitoring and Evaluation Programme*), qui est la composante spatialisée du format CEE-NU. Sa production est quinquennale. Il fournit une cartographie des émissions selon la grille EMEP (50x50 km). La couverture géographique se limite à la Métropole.

D'autres formats sont disponibles en réponse à des demandes spécifiques (format Département qui décline les résultats du format EMEP selon le découpage administratif, Namea, approche économique des émissions).

Le Medd, la Mission interministérielle de l'effet de serre (Mies), l'Ifen et le Citepa sont chargés, chacun pour ce qui les concerne, de la diffusion des inventaires. Le Citepa est également chargé de diffuser des informations techniques relatives aux méthodes d'estimation et est notamment désigné comme correspondant technique des institutions internationales citées ci-dessus.

### Les oxydes d'azote (NOx)

1 176 000 tonnes de NOx ont été émises en 2004, soit une augmentation de 33 % par rapport au niveau de 1960.

Les principaux composés de l'azote présents dans l'air des villes sont le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Les concentrations les plus élevées de NO<sub>2</sub> s'observent à proximité des sites de trafic, notamment en hiver.

46 % des émissions totales proviennent du transport routier qui a vu sa contribution baisser en 2004. Celle du secteur résidentiel a augmenté entre 1960 et 2004, passant de 5 à 8 % du total. À l'inverse, les contributions de l'agriculture (passant de 15 à 14 %) et surtout de l'industrie (de 30 à 12 %) ont régressé pendant la même période.

La baisse observée depuis 1993 dans les transports routiers est due à l'introduction des pots catalyti-

ques sur les véhicules. L'entrée en vigueur des normes Euro III en 2002 sur les poids lourds et Euro IV en 2005 devrait permettre de réduire considérablement les émissions de NOx.

Les NOx participent à l'acidification et à la formation de l'ozone troposphérique.

Le NO<sub>2</sub> est un gaz irritant. Il peut pénétrer dans les voies respiratoires et altérer leur fonctionnement. Les asthmatiques et les enfants sont les plus sensibles aux concentrations élevées.

### Les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)

Les émissions de COVNM proviennent essentiellement des transports, de l'utilisation de solvants et de la distribution de combustibles et de carburants.

Accessoirement, les sources naturelles (végétation) et le résidentiel contribuent aussi à la production de COVNM. Les émissions sont passées de 2 660 000 tonnes en 1988 à 1 360 000 tonnes en 2004. La contribution des transports routiers a fortement baissé (de 41 à 21 %) au profit du résidentiel (de 14 à 29 %) et de l'industrie (de 25 à 31 %).

Les COVNM contribuent à la formation de l'ozone troposphérique. Ils ont des effets variés selon le polluant. Ils peuvent entraîner une gêne olfactive et même une réduction de la capacité respiratoire. Parmi les COVNM, le benzène peut provoquer des leucémies et des atteintes du système nerveux ; le toluène et le xylène peuvent engendrer des troubles du système nerveux central : troubles de la mémoire, insomnies, diminution des performances intellectuelles, troubles de la personnalité.

### ***Le monoxyde de carbone (CO)***

5 633 000 tonnes de CO ont été émises en 2004. Elles proviennent du transport routier (32 % en 2004), du résidentiel (31 %) et de l'industrie (25 %). Depuis 1960, les émissions ont baissé de 42 %, grâce essentiellement au secteur de l'industrie (-64 %).

Malgré l'accroissement du trafic, des normes de plus en plus sévères sur les véhicules routiers et l'équipement des véhicules en pots catalytiques ont permis cette baisse.

Le CO contribue à la production de l'ozone troposphérique. Il se fixe sur l'hémoglobine du sang entraînant un manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur et des vaisseaux sanguins. Les symptômes sont des maux de tête, des vomissements et des vertiges. L'exposition prolongée peut entraîner le coma et la mort.

### ***Les particules (PM)***

Les particules sont très variables en tailles, sources et compositions chimiques. Les émissions de particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10 microns ( $PM_{10}^*$ ) sont estimées à 500 000 tonnes en 2004, soit une baisse de 18 % depuis 1990. Ce sont les secteurs industriel (30 %), agricole (29 %) et résidentiel (22 %) qui en sont les principaux émetteurs.

La baisse des émissions constatée sur la même période est due aux progrès techniques de dépoussiérage en sidérurgie.

Les particules les plus fines ( $PM_1$  : particules de moins de 1 micron de diamètre) sont produites par le résidentiel (54 %) et le transport routier (20 %).

Elles sont émises lors de la combustion du bois, du charbon, du fioul et du gazole.

La tendance depuis 1990 est orientée à la baisse du fait des progrès réalisés par le secteur industriel.

Les particules sont nocives pour la santé. Les plus fines peuvent altérer la fonction respiratoire ; celles émises par les moteurs diesel ont des propriétés mutagènes\* et cancérigènes.

### ***Les métaux lourds***

Les métaux lourds sont présents à l'état de traces dans les combustibles. Ils sont de natures très diverses. Les émissions de plomb (169 tonnes en 2004) ont fortement diminué du fait de sa disparition dans l'essence depuis 2000. L'industrie manufacturière et la transformation énergétique sont les principaux émetteurs de zinc (529 t en 2004), de mercure (6,9 t), de nickel (162 t) et de sélénium (13,1 t).

L'arsenic provient essentiellement de l'industrie manufacturière (12,9 t), de même que le cadmium (7,8 t). Le chrome (50 t) provient principalement du résidentiel et le cuivre du transport routier.

Les métaux lourds ont des effets différents sur l'organisme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques et respiratoires. Certains métaux lourds sont cancérigènes pulmonaires.

### ***Les polluants organiques persistants (POP)***

Parmi les POP, on distingue les dioxines et furanes provenant des incinérateurs de déchets\* et de la production d'agglomérés pour les hauts fourneaux, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) issus du résidentiel, et les polychlorobiphényles (PCB) produits par la transformation énergétique.

La France est en passe de respecter l'ensemble des objectifs de réduction des émissions anthropiques fixés par les différents engagements. Des efforts sont encore nécessaires pour le  $SO_2$ , les  $NO_x$  et les COVNM.

### ***Des évolutions contrastées***

La qualité de l'air ambiant résulte de la présence dans l'atmosphère de polluants émis par les sources anthropiques et naturelles, de leur dilution sous l'effet des conditions météorologiques ou de leur transformation physico-chimique. Les concentrations de polluants dans l'atmosphère ont fortement évolué ces dernières années sous l'effet conjugué des actions réglementaires et de l'évolution de nos modes de vie.

## Les objectifs en matière de réduction des émissions anthropiques

La France a signé et ratifié plusieurs engagements au niveau européen et international pour réduire les émissions de polluants dans l'air. Trois engagements contraignent la France à des objectifs de réduction d'émissions de polluants, avec des échéances précises.

- **La convention de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance**, dite convention de Genève, signée en 1979, et ses protocoles d'application (notamment Aarhus en 1998 et Göteborg en 1999), porte sur les émissions de SO<sub>2</sub>, de NOx, de COVNM et de NH<sub>3</sub>.
- **La convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique**, dont le protocole de Kyoto fait partie, concerne six gaz à effet de serre.
- **La directive européenne sur les plafonds d'émissions nationaux (NEC)** concerne quatre polluants (SO<sub>2</sub>, NOx, COVNM, NH<sub>3</sub>).

### Les différents objectifs français en matière de réduction des émissions anthropiques

En milliers de tonnes	Directive NEC 2001/81/CE du 23 octobre 2001			
	SO <sub>2</sub>	NOx	NH <sub>3</sub>	COVNM
Objectifs 2010	375	810	780	1 050
Émissions 2004	485	1 176	753	1 360

	Protocole d'Aarhus adopté le 24 juin 1998				
	Dioxines	Mercur	HAP	HCB	Plomb
Objectifs 1990*	1 765	24,3	44	1 650	4 302
Émissions 2004	191	6,9	35	1 716	169

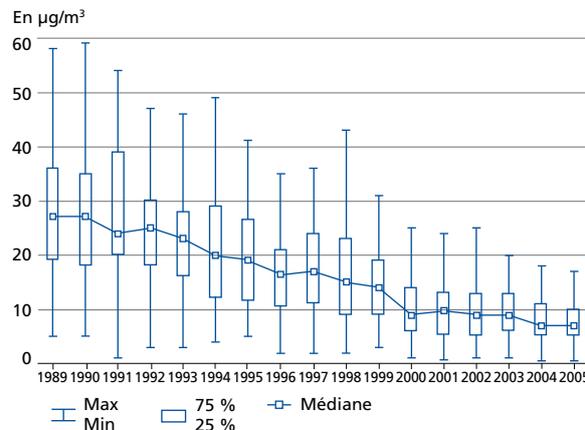
\* Le protocole stipule que les émissions ne doivent plus être supérieures à celles de 1990.

## Le dioxyde de soufre

Depuis 1991, on constate une baisse des concentrations de SO<sub>2</sub>, tant en niveau de fond qu'en niveau de pointe. Les concentrations moyennes annuelles relevées dans les agglomérations ont fortement baissé depuis une vingtaine d'années. Depuis 2000, elles sont comprises entre 2 µg/m<sup>3</sup> et 26 µg/m<sup>3</sup> (sites urbains et périurbains) alors qu'elles atteignaient près de 60 µg/m<sup>3</sup> au début des années quatre-vingt-dix. Dans les stations de proximité des sites industriels, les concentrations sont parfois encore élevées, jusqu'à 35 µg/m<sup>3</sup>.

## Dioxyde de soufre

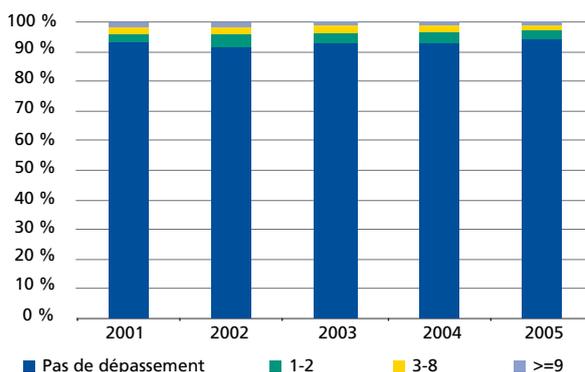
Évolution des concentrations moyennes annuelles en Métropole



Source : Ademe, BDQA - Ifen.

## Dioxyde de soufre

Répartition en Métropole des stations de mesure selon le nombre de jours de dépassement de la valeur limite de protection de la santé humaine : 125 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière



Objectifs	Valeur limite	Dépassements autorisés	Marge de dépassement*	Échéance
Horaire	350 µg/m <sup>3</sup>	< 24 dépassements par an	43 % au début puis 0 % en 2005	1 <sup>er</sup> janvier 2005
Journalier	125 µg/m <sup>3</sup>	< 3 dépassements par an		1 <sup>er</sup> janvier 2005
Annuel	20 µg/m <sup>3</sup>			19 juillet 2001

\* En pourcentage de la valeur limite. La marge de dépassement est une tolérance qui décroît de manière linéaire chaque année à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2001.

Source : Ademe, BDQA - Ifen.

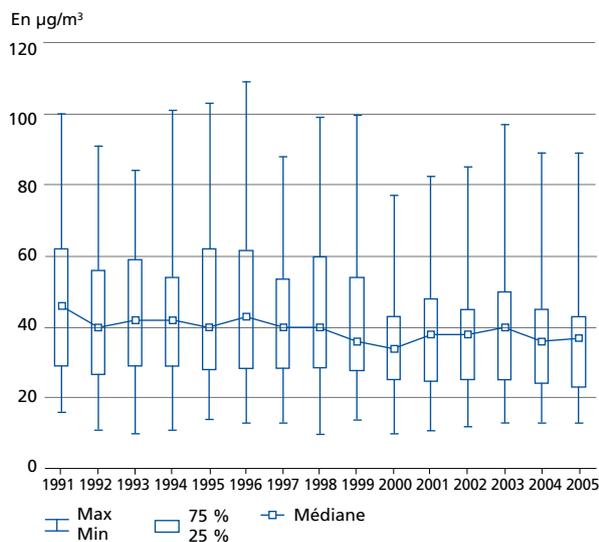
Quelques dépassements de la valeur limite de protection de la santé (125 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière) se produisent en hiver, à proximité des sources industrielles. Ailleurs, le SO<sub>2</sub> constitue rarement un problème de pollution dans l'air ambiant.

## Les oxydes d'azote

Depuis 1991, les concentrations moyennes annuelles sont stabilisées avec une tendance à la

## Dioxyde d'azote

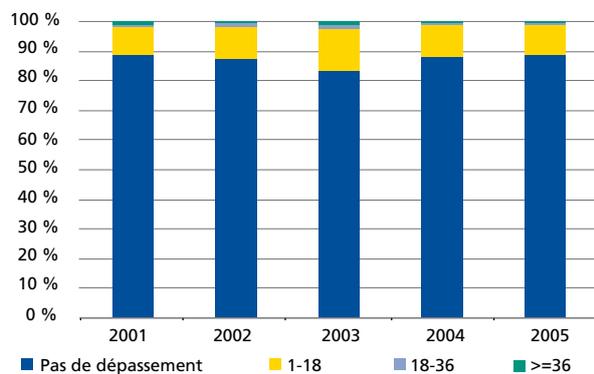
### Évolution des concentrations moyennes annuelles en Métropole



Source : Ademe, BDQA - Ifen.

## Dioxyde d'azote

### Répartition en Métropole des stations de mesure selon le nombre d'heures de dépassement de la valeur de protection de la santé humaine : 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire



Objectifs	Valeur limite	Dépassements autorisés	Marge de dépassement*	Échéance
Horaire	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 18 dépassements par an	50 % au début puis 0 % en 2010	1 <sup>er</sup> janvier 2010
Annuel	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		50 % au début puis 0 % en 2010	1 <sup>er</sup> janvier 2010
Annuel	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO + NO <sub>2</sub> )			19 juillet 2001

\*En pourcentage de la valeur limite. La marge de dépassement est une tolérance qui décroît de manière linéaire chaque année à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2001.

Source : Ademe, BDQA - Ifen.

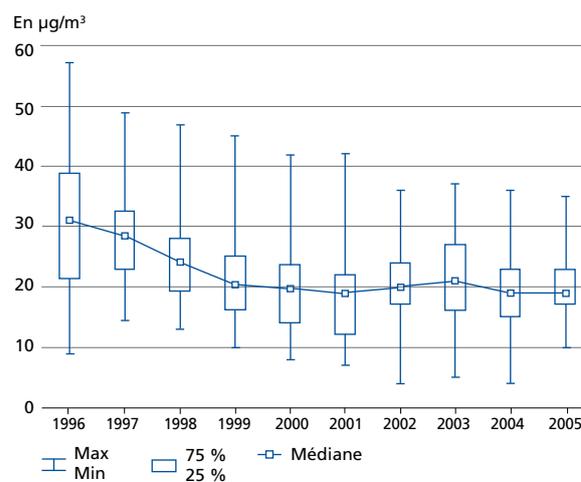
baisse en sites urbains et périurbains. Le phénomène est moins évident à proximité des sites de trafic. Le NO<sub>2</sub> peut conduire au déclenchement des seuils d'information et d'alerte et à des dépassements de valeur de protection de la santé humaine. Des efforts sont encore nécessaires pour le respect des normes fixées pour 2010 par les directives européennes.

## Les particules en suspension

Les concentrations moyennes annuelles de PM<sub>10</sub> varient entre 9 et 38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur la période 1998-2005. Aucune évolution nette n'est décelée dans les concentrations. La plupart des agglomérations ont enregistré cependant des concentrations annuelles en baisse sur la période. Les concentrations les plus élevées se

## Particules

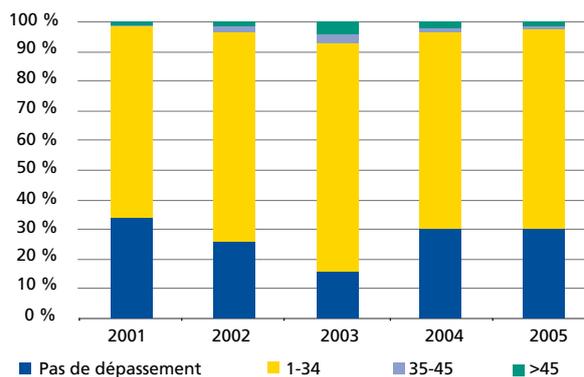
### Évolution des concentrations moyennes annuelles en Métropole



Source : Ademe, BDQA - Ifen.

## Particules fines

### Répartition en Métropole des stations de mesure selon le nombre de jours de dépassement de la valeur limite de protection de la santé humaine : 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière



Objectifs	Valeur limite	Dépassements autorisés	Marge de dépassement*	Échéance
Journalier	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 dépassements par an	50 % au début puis 0 % en 2005	1 <sup>er</sup> janvier 2005
Annuel	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		20 % au début puis 0 % en 2005	1 <sup>er</sup> janvier 2005
Journalier	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7 dépassements par an		1 <sup>er</sup> janvier 2010
Annuel	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		50 % au début puis 0 % en 2010	1 <sup>er</sup> janvier 2010

\*En pourcentage de la valeur limite. La marge de dépassement est une tolérance qui décroît de manière linéaire chaque année à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2001.

Source : Ademe, BDQA - Ifen.

rencontrent en hiver près des grands axes de circulation. Des dépassements de la valeur limite de protection de la santé humaine sont constatés dans les agglomérations en hiver.

## De « nouveaux » polluants sous surveillance

### Le benzène

Ce polluant se rencontre dans l'air ambiant à l'état de gaz ou piégé dans les aérosols. Il provient principalement des essences pour automobile (émissions par

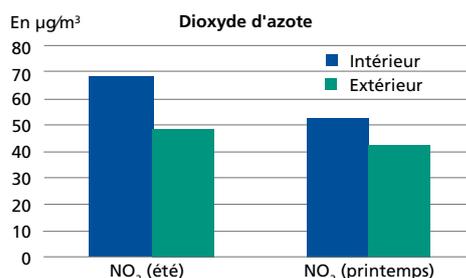
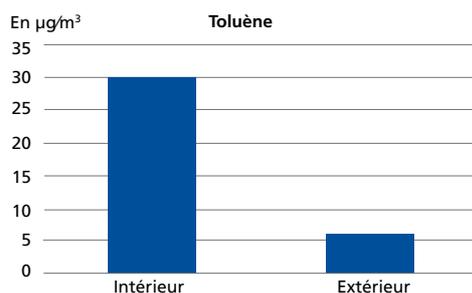
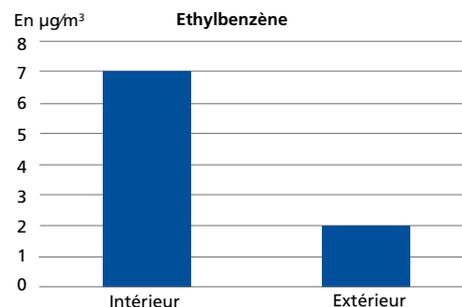
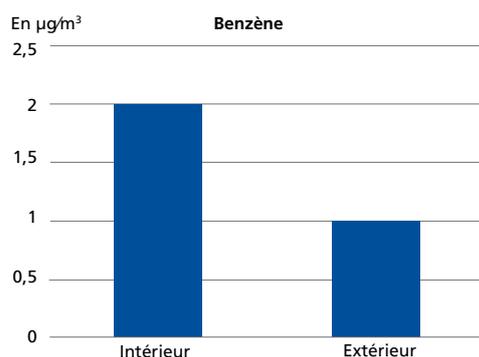
évaporation et par les gaz d'échappement). Le pourcentage de benzène autorisé dans les carburants est inférieur à 1 % en raison de sa nocivité. Le benzène est en effet particulièrement toxique et il est classé parmi les polluants cancérigènes chez l'homme. Depuis 2000, la surveillance du benzène dans l'atmosphère a été notablement renforcée en France par la mise en place de campagnes de mesures en complément des mesures en sites fixes. Les concentrations relevées dans les agglomérations sont comprises entre 3 et 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en dessous de la norme fixée par la directive européenne 2000/69/CE du 16 novembre 2000 : 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en tenant compte de la marge de tolérance.

## La connaissance de la pollution à l'intérieur des locaux

Depuis quelques années, la pollution à l'intérieur des locaux a pris une importance grandissante en raison de l'évolution des modes de vie, de l'équipement des bureaux en air conditionné, de l'utilisation croissante de produits synthétiques et chimiques à usage domestique et des politiques visant à améliorer l'étanchéité des locaux. Actuellement, la qualité de l'air intérieur est considérée comme un facteur déterminant dans l'apparition et l'évolution de pathologies diverses. Elle semble présenter plus de danger\* pour la santé que l'air extérieur.

Une campagne de mesures est menée actuellement en France par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI). L'objectif est d'améliorer la connaissance des lieux de vie en France et de dessiner un profil de logements. Plusieurs polluants se rencontrent dans l'air intérieur parmi lesquels figurent le formaldéhyde, l'amiante et le radon. D'autres polluants tels que le monoxyde de carbone et les oxydes d'azote, les composés organiques volatils ainsi qu'un grand nombre de biocontaminants (acariens et allergènes d'animaux, moisissures et bactéries...) se rencontrent également dans les lieux clos.

### Concentrations de polluants relevés dans des environnements intérieurs en Métropole



Source : OQAI.

## Les phytosanitaires dans l'atmosphère

La présence des phytosanitaires dans l'air peut avoir plusieurs origines : traitements agricoles, de voiries, de voies ferrées et de jardins. La contamination de l'air s'effectue par la dérive lors des applications, par la volatilisation après les traitements et par l'érosion éolienne sur les sols traités.

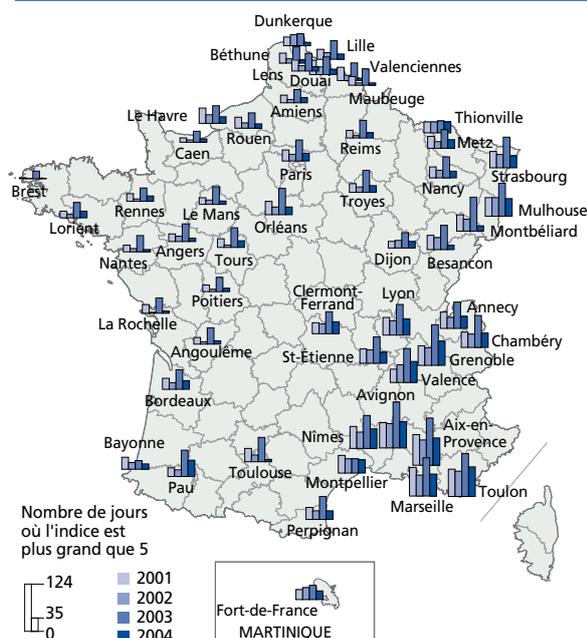
Les mesures des phytosanitaires dans l'air sont menées par quelques associations de surveillance de la qualité de l'air, dans les régions agricoles (Centre notamment).

Les premiers résultats montrent que la contamination est plus forte en périphérie des agglomérations et que les molécules retrouvées sont majoritairement d'origine agricole avec une forte corrélation avec les périodes de traitements. La gamme des produits détectée est importante, même si les herbicides sont responsables des pics de contamination.

## La qualité de l'air s'améliore

Pour informer le public sur la qualité de l'air, la France a créé l'indice Atmo. C'est un indice quotidien qui, sur une échelle de 1 (excellent) à 10 (très mauvais), qualifie la qualité de l'air ambiant dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants. On calcule quatre sous-indices notant la présence de dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, particules fines et d'ozone. L'indice est celui du polluant global le plus élevé.

### Évolution de l'indice Atmo médiocre en France



Source : Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA), 2004 - Ifen.

De 2001 à 2004, les statistiques montrent que l'indice a été bon plus de 200 jours par an. À l'inverse, il a été médiocre (>5) en moyenne près de 60 jours en 2003 contre 24 jours en 2004 et 33 jours en 2001. Cette moyenne varie dans l'espace avec 72 jours médiocres à Aix-en-Provence, 63 à Grenoble en 2004, contre 1 jour à Bordeaux et 5 à La Rochelle. Elle varie aussi dans le temps. En effet, c'est en été (38 %) et au printemps (26 %) que la qualité de l'air des agglomérations est médiocre, en raison de la présence fréquente d'ozone. En hiver, c'est le dioxyde d'azote et les particules qui sont responsables de la mauvaise qualité de l'air.

En 2004, l'ozone a été le polluant le plus présent, avec l'indice le plus élevé, dans 80 % des cas, les particules (14 %) et les oxydes d'azote (4 %) contribuant dans une moindre mesure. La construction de l'indice Atmo ne permet pas de se prononcer sur l'évolution de la qualité de l'air. C'est pourquoi l'Ifen a développé un indice d'évolution de la qualité de l'air. Il se limite aux agglomérations de plus de 100 000 habitants, subdivisées en trois types : grandes agglomérations de plus de 1 000 000 habitants, agglomérations moyennes comprises entre 250 000 et 1 000 000 habitants et petites agglomérations comprises entre 100 000 et 250 000 habitants. Les premiers résultats montrent une amélioration de la qualité de l'air de l'ordre de 10 % sur la période 2000-2005. Le rythme est variable selon les tailles d'agglomérations. En effet, l'amélioration est la plus sensible dans les grandes (-12 %) et les moyennes agglomérations (-23 %).

## La radioactivité artificielle

Dans le cadre de leur fonctionnement normal, les installations nucléaires sont autorisées à rejeter certains radionucléides\* produits lors des réactions de fission ou d'activation, comme par exemple le tritium ou le césium 137. Six catégories de radionucléides sont visées par les arrêtés ministériels : le tritium, les iodes radioactifs, les gaz rares radioactifs, le carbone 14, les autres émetteurs bêta et gamma et les émetteurs alpha.

### Le tritium

Le tritium (ou hydrogène lourd,  $^3\text{H}$ ) est un isotope émetteur bêta de l'hydrogène, dont la période radioactive est de 12,3 ans. Il est rejeté dans l'atmosphère

sous forme de tritium gazeux ou encore de vapeur d'eau tritiée. Le tritium est également produit naturellement. Ses rayonnements sont peu pénétrants et sa toxicité\* est faible.

Dans le cas des centrales nucléaires de production d'électricité, le tritium est le radionucléide prépondérant des autorisations de rejets des installations nucléaires. Les activités en tritium rejetées, bien qu'inférieures aux autorisations de rejets, restent proches des limites d'autorisation alors que pour les autres radionucléides, elles dépassent rarement quelques pour cent de ces limites.

Actuellement, les niveaux d'activité rencontrés dans les eaux de pluie en France sont de l'ordre de quelques becquerels\* (Bq) par litre.

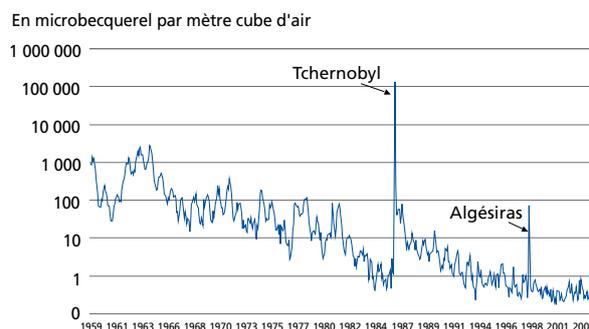
### Le césium 137 ( $^{137}\text{Cs}$ )

Le  $^{137}\text{Cs}$  est un radionucléide dont la période radioactive est de 30,2 ans. Sa présence constatée dans l'environnement est principalement due aux explosions d'armes atomiques dans l'atmosphère et aux retombées de l'accident de Tchernobyl. L'activité du césium produite et dispersée globalement par les essais atmosphériques d'armes nucléaires est estimée à  $92 \cdot 10^{16}$  Bq. Celle apportée par l'accident de Tchernobyl est estimée à  $8 \cdot 10^{16}$  Bq. La contribution des installations nucléaires en fonctionnement normal reste minime en regard.

Le graphique suivant montre l'évolution depuis 1959 de la concentration moyenne mensuelle en  $^{137}\text{Cs}$  dans les aérosols collectés sur l'ensemble des stations de prélèvement métropolitaines de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) – réseau Opera –. En France, pendant la période des essais nucléaires aériens dans l'hémisphère nord, la moyenne mensuelle maximale avait été mesurée pendant l'été 1963 avec une valeur de  $2\,600 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  (microbecquerels par mètre cube) d'air<sup>2</sup>. Après le dernier essai aérien chinois du 16 octobre 1980, le niveau avait rapidement diminué jusqu'à atteindre  $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  d'air en 1985, quelques mois avant l'accident de Tchernobyl. En France, la concentration en éléments radioactifs dans l'air a augmenté à partir du 30 avril 1986 pour atteindre le maximum le 1<sup>er</sup> mai. L'activité moyenne en  $^{137}\text{Cs}$  dans les aérosols a été multipliée par au moins 100 000 en France les jours suivant l'accident de Tchernobyl.

Le milieu atmosphérique constituait, jusqu'au début des années quatre-vingt-dix, le réservoir prin-

### Évolution du césium 137 dans les aérosols en France métropolitaine



Source : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

cipal du  $^{137}\text{Cs}$ , libéré à l'occasion des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl. Au fur et à mesure des dépôts, le milieu terrestre est devenu un réservoir secondaire, pour devenir aujourd'hui la source principale. Une fraction du  $^{137}\text{Cs}$  déposé réintègre régulièrement les basses couches de l'atmosphère sous l'effet de l'érosion éolienne et de la remise en suspension de particules. La répartition des dépôts issus des tirs atmosphériques varie globalement en fonction de la latitude et de l'hémisphère considéré ; celle des retombées de l'accident de Tchernobyl est fonction de la trajectoire du panache radioactif et des pluies qui se sont produites dans les jours suivant l'accident. Par conséquent, le bruit de fond atmosphérique en  $^{137}\text{Cs}$  varie sensiblement d'un endroit à un autre, mais aussi dans le temps en fonction des conditions de lessivage de l'atmosphère par les précipitations.

Ces processus sont responsables du maintien d'un bruit de fond en  $^{137}\text{Cs}$ . Ce bruit de fond, en France métropolitaine, est en 2004-2005 à son niveau le plus bas observé depuis 1959 ( $0,3$  à  $0,4 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  d'air dans les aérosols atmosphériques). Dans les DOM-TOM, le niveau d'activité dans les aérosols prélevés est 4 à 5 fois plus faible. Cette différence avec les niveaux d'activité dans l'hémisphère nord s'explique par des rejets moins importants dans l'hémisphère sud, et traduit un échange limité des masses d'air entre les deux hémisphères.

Les événements météo-climatiques violents, dont le changement climatique pourrait augmenter la fréquence, provoquent des épisodes de remise en suspension, capables de produire des flux de dépôts de radionucléides comme le  $^{137}\text{Cs}$ , équivalents aux flux cumulés sur plusieurs mois voire plusieurs années.

2 – Un microbecquerel par mètre cube ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ) représente une désintégration d'atome par seconde dans 1 million de  $\text{m}^3$  d'air.

## Les réponses : la protection de la qualité de l'air

La qualité de l'air fait l'objet de réglementations aux niveaux international, communautaire et national.

La période 2001-2004 a été marquée en France par une montée en puissance de la loi du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie et de ses décrets d'application. Les directives européennes prennent en compte de « nouveaux polluants » aux effets sanitaires plus marqués que ceux suivis jusqu'à présent : benzène et autres hydrocarbures, particules fines, etc.

### À l'échelle internationale

Dans le cadre de la convention de Genève (CEE-NU) sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, signée en 1979 et entrée en vigueur en 1983, un nouveau protocole dit « multi-polluants/multi-effets » a été adopté à Göteborg (Suède) le 1<sup>er</sup> décembre 1999. La décision 2003/507/CE du Conseil, du 13 juin 2003, a approuvé l'adhésion de la Communauté européenne à ce protocole. Ayant pour objet la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique, il vise à diminuer les émissions de soufre, d'oxydes d'azote, d'ammoniac et de composés organiques volatils d'origine anthropique.

### À l'échelle communautaire

Dans le cadre de la directive-cadre 96/62/CE du 27 septembre 1996 sur l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant, deux directives sont venues compléter cet ensemble réglementaire : les directives 1999/30/CE et 2000/69/CE et la directive-cadre est

en cours de révision avec des objectifs plus contraignants, notamment pour les particules et l'ozone qui représentent les problèmes majeurs de l'air ambiant.

C'est dans ce cadre que l'Europe a mis en place en mars 2001 une stratégie globale au travers de son programme « Air pur pour l'Europe » (CAFE). Ce programme a pour principaux objectifs d'améliorer les informations relatives aux effets de la pollution de l'air ambiant, de contribuer à l'application et au contrôle de l'efficacité de la législation actuelle et de mettre en place à intervalles réguliers une stratégie globale intégrée.

En 2005, la Commission a présenté une stratégie thématique avec des objectifs à long terme (2020). Ainsi, par rapport à la situation de 2000, l'objectif est de réduire notamment de 47 % la perte d'espérance de vie du fait de l'exposition aux particules, de 10 % les cas de mortalité aiguë dus à l'ozone et de 43 % les zones où les écosystèmes sont soumis à l'eutrophisation. La réalisation de ces objectifs implique la réduction des émissions de SO<sub>2</sub> de 82 %, de NO<sub>x</sub> de 60 %, de COV de 51 %, de NH<sub>3</sub> de 27 % et de PM<sub>2,5</sub> primaires de 59 % par rapport aux niveaux de 2000.

### À l'échelle nationale

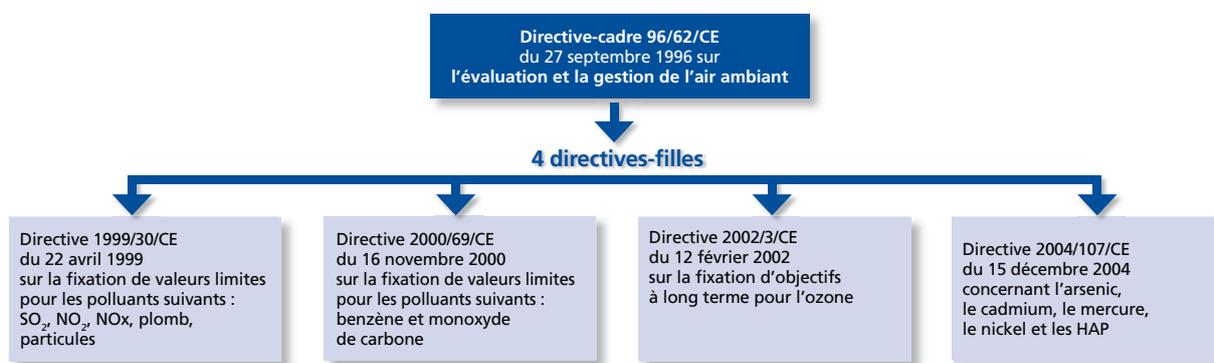
Plusieurs textes ont été publiés en application de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, ou en transposition des directives européennes.

L'ensemble des directives européennes fait l'objet d'une transposition en droit français.

Ainsi, le décret n° 2002-213 du 15 février 2002 modifié a transposé les directives 1999/30/CE du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du 16 novembre 2000<sup>3</sup>.

Enfin, le décret n° 2003-1085 du 12 novembre 2003 a transposé la directive 2002/3/CE du 12 février 2002<sup>4</sup>.

## Directives européennes sur la qualité de l'air



Source : Ifen.

3 – Modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air et aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.

4 – Modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 et les objectifs de qualité de l'air relatifs à l'ozone troposphérique.

Pour lutter contre les émissions de polluants, la France a mis en place un programme de réduction des émissions de polluants atmosphériques (arrêté du 8 juillet 2003) en application de la directive 2001/81/CE du 23 octobre 2001 qui fixe les plafonds nationaux d'émission à l'horizon 2010.

Depuis 1997, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 est le principal instrument juridique national réglementant la qualité de l'air. Elle reconnaît à chacun le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé, ainsi que le droit à l'information sur la qualité de l'air et ses effets. Cette loi transpose et renforce en droit français les dispositions de la directive-cadre 96/62/CE. Elle a permis d'étendre à l'ensemble du territoire national la surveillance de la qualité de l'air.

Dans le cadre de la loi sur l'air de 1996, les décrets concernant la mise en place de plans régionaux pour la qualité de l'air (PRQA), de plans de déplacements urbains (PDU) et de plans de protection de l'atmosphère (PPA) ont été publiés. Ces décrets fixent les orientations pour prévenir et réduire la pollution de l'air ou en atténuer les effets.

Les PRQA, qui sont du ressort des régions, ont été adoptés à l'exception de ceux de la Corse et des Dom. Il est prévu une évaluation tous les cinq ans.

En complément des PRQA, des PPA sont en cours d'élaboration au moins pour les agglomérations de plus de 250 000 habitants. L'objectif de ces plans est de ramener, à l'intérieur de la zone couverte par le PPA, la concentration en polluants dans l'atmosphère à un niveau inférieur à des valeurs limites fixées par les directives. Pour y parvenir, les autorités peuvent prononcer la restriction ou la suspension d'activités polluantes et prescrire des limitations à la circulation des véhicules. Au 1<sup>er</sup> décembre 2005, seules Nantes et Dunkerque avaient élaboré leur PPA.

Le plan national santé environnement (PNSE), publié le 21 juin 2004 par quatre ministères (Santé, Écologie, Emploi, Recherche), a notamment fixé quatre actions prioritaires concernant la pollution atmosphérique :

- réduire les émissions de particules diesel par les sources mobiles ;
- réduire les émissions aériennes de substances toxiques d'origine industrielle ;
- mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur et renforcer la réglementation ;
- mettre en place un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des matériaux de construction.

Suite à la canicule de 2003, le Medd a axé sa politique de qualité de l'air sur l'ozone autour de trois axes : réduction continue des émissions de précurseurs (COV, NO<sub>x</sub>), information du public lors des pics de pollution avec le développement d'outils de prévision des concentrations de polluants, et réduction des émissions lors des pics de pollution (réduction de vitesse et circulation alternée, réduction des émissions des installations industrielles).

L'ensemble de ces actions réglementaires et techniques vise à améliorer la connaissance de la qualité de l'air ambiant, de ses effets sur les populations les plus sensibles et à réduire les concentrations de polluants à des niveaux sans risque pour la population.

#### Pour en savoir plus

- Académie des sciences, 1998. « L'ozone stratosphérique » (*rapport de l'Académie des sciences, n° 41*). Paris, Tec & Doc. 270 p.
- Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique, 2005. « Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France : séries sectorielles et analyses étendues » (*rapport d'inventaire national Secten*). Paris, Citepa. 248 p.
- European Environment Agency, 2005. « Air pollution by ozone in Europe in summer 2004: Overview of exceedances of EC ozone threshold values during April-September 2004 » (*rapport technique n° 3/2005*). Luxembourg, Official Publications of the European Communities. 34 p.
- Fontan J., 2004. *Les pollutions de l'air : les connaître pour les combattre*. Paris, Vuibert, 2<sup>e</sup> édition. 224 p.
- Renaud P., 2005. « Interprétation phénoménologique et analytique de la relation pluie-dépôt utilisée pour la reconstitution des dépôts de <sup>137</sup>Cs en France consécutifs à l'accident de Tchernobyl » (*rapport DEI 2005-03*). Fontenay-aux-Roses, IRSN. 108 p.

#### Sites Internet

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) : <http://www.ademe.fr>
- Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa) : <http://www.citepa.org>
- European Topic Centre on Air and Climate Change of European Environment Agency : <http://air-climate.eionet.eu.int>
- Fédération des associations agréées de surveillance de la qualité de l'air : <http://www.atmofrance.org>
- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) : <http://www.irsn.org>
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable : <http://www.ecologie.gouv.fr> (rubriques « changements climatiques » et « risques et pollutions »)
- Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) : <http://www.air-interieur.org>
- Prévisions et observations de la qualité de l'air en France et en Europe : <http://www.prevoir.org>