

3 L'air

C. Couvert - Graphies

Les événements marquants

26 avril 1994 : introduction en Île-de-France d'une nouvelle procédure d'alerte et d'information du public (non contraignante) en cas d'épisodes de pollution de l'air par le NO₂, le SO₂ et l'ozone comportant trois niveaux déterminés en fonction des valeurs de qualité de l'air mesurées :

- niveau 1 : mise en vigilance des services administratifs
- niveau 2 : information nécessaire, permettant notamment aux populations sensibles de se protéger (seuil d'information*)
- niveau 3 : mise en œuvre de mesures d'urgence pour réduire ou limiter les activités polluantes (seuil d'alerte*).

Novembre 1994 : l'étude Erpurs (évaluation des risques de la pollution urbaine pour la santé) publiée par l'observatoire régional de santé d'Île-de-France met en évidence des liens entre dégradation de la qualité de l'air et risques pour la santé.

10 et 11 octobre 1995 : pics de pollution par le NO₂ enregistrés en région parisienne avec dépassement du niveau 3 le 10 octobre à Gennevilliers et à Colombes (Hauts-de-Seine).

30 décembre 1996 : adoption de la loi sur la qualité de l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie.

11-17 janvier 1997 : pics de pollution par le SO₂ et le NO₂ enregistrés dans plusieurs agglomérations françaises.

16 et 17 janvier 1997 : mise en œuvre, pour la première fois, d'une mesure de restriction de la circulation en vertu de la loi sur l'air : interdiction de la circulation de transit des poids lourds dans le centre-ville de Lyon en raison du dépassement du niveau 3 de NO₂.

5 juin 1997 : journée de l'air (dans le cadre de la journée mondiale de l'environnement) dont l'objectif est de sensibiliser le public à la nécessité de réduire la pollution de l'air et de l'informer

des actions réalisées en ce sens. Manifestations dans une vingtaine de villes en France.

Août 1997 : pics de pollution par l'ozone enregistrés dans plusieurs agglomérations françaises.

1^{er} octobre 1997 : mise en œuvre, pour la première fois, de la circulation alternée à Paris en raison d'un dépassement du niveau 3 de pollution par le NO₂ la veille.

Décembre 1997 : 3^e conférence internationale, à Kyoto (Japon), des parties à la convention-cadre sur les changements climatiques.

6 mai 1998 : adoption en Conseil des ministres de trois décrets en application de la loi sur l'air.

11-14 mai 1998 : suite à une vague de chaleur sur la France, le niveau 2 de pollution par l'ozone est atteint dans de nombreuses agglomérations, en particulier en Alsace, dans le Nord et la région Rhône-Alpes.

Les progrès technologiques et l'extension des réseaux de mesure permettent aujourd'hui de mieux évaluer l'ampleur des phénomènes de pollution de l'air. La connaissance des impacts de ces pollutions locales, régionales ou globales, sur la santé humaine et l'environnement progresse également même si des zones d'ombre persistent. La diffusion de ces informations nouvelles, largement répercutées par les médias, contribue à la prise de conscience du grand public. Les pollutions locales sont ressenties comme des menaces sur la santé et le bien-être, en particulier dans les grandes agglomérations. Les pollutions globales, comme l'effet de serre dont la gravité est de moins en moins sujette à caution, inquiètent également.

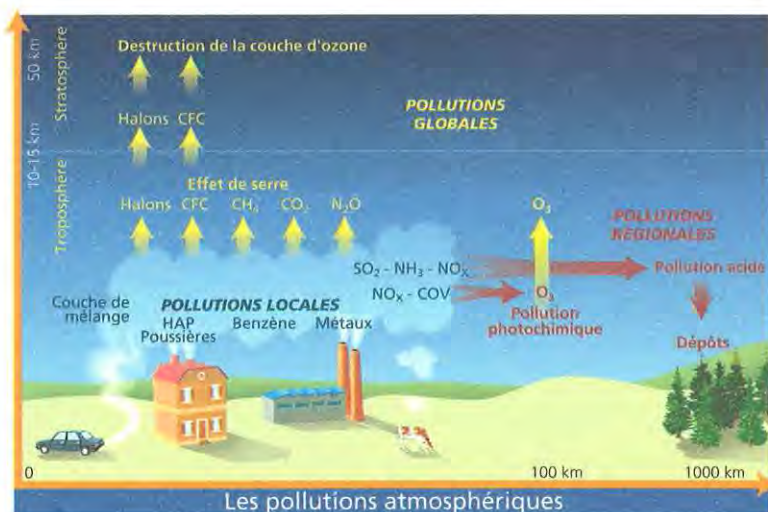
Les pouvoirs publics ont souhaité renforcer le cadre juridique et réglementaire grâce à la loi sur l'air adoptée en 1996. Le « droit à respirer un air qui ne nuise pas à la santé » pourrait remettre en cause certains des aspects du mode de vie contemporain comme l'utilisation de l'automobile.

La pollution de l'air ambiant peut être définie comme tout changement de la composition chimique de l'atmosphère, susceptible d'entraîner une gêne ou un effet nocif pour l'homme et l'environnement. Certaines pollutions sont d'origine naturelle (éruption volcanique, par exemple), mais, dans la plupart des cas, la dégradation de la qualité de l'air est due aux émissions d'origine anthropique.

La partie de l'atmosphère concernée par les problèmes de pollution s'étend jusqu'à 50 km d'altitude. Elle est subdivisée en deux grands domaines : la troposphère (du sol à 8 - 15 km d'altitude environ) et la stratosphère (domaine compris entre 15 et 50 km d'altitude environ). Les émissions dans les basses couches de l'atmosphère de polluants à longue durée de vie (supérieure à 5 ou 7 ans environ) peuvent atteindre la stratosphère.

Parmi les polluants directement émis dans l'air (polluants primaires), on trouve des composés du soufre (oxydes de soufre) et de l'azote (oxydes d'azote), des oxydes de carbone et des

composés organiques volatils, des particules et des métaux lourds (plomb, mercure, cadmium, arsenic, etc.). Ces polluants peuvent évoluer chimiquement dans l'atmosphère pour former des polluants secondaires comme l'ozone troposphérique.



Source : Ifen

Les pollutions globales

La destruction de l'ozone stratosphérique

L'ozone est naturellement présent dans tout l'atmosphère mais les concentrations* les plus élevées se trouvent dans la stratosphère. Cette couche d'ozone stratosphérique agit comme un filtre en absorbant le rayonnement ultraviolet solaire nuisible aux organismes vivants (UV-B). À la fin des années soixante-dix, des scientifiques ont évoqué pour la première fois le problème du « trou » en formation dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique après avoir observé une diminution des concentrations d'ozone (voire, dans certaines zones, une disparition quasi-complète) durant la partie de l'année correspondant au printemps austral (début septembre à mi-novembre). Des recherches ultérieures ont confirmé non seulement l'existence de ce trou mais aussi son extension. De 1993 à 1996, la « saison » du trou a atteint des records en termes de durée, de profondeur et d'extension géographique. Ce phénomène n'est pas circonscrit à l'hémisphère sud. Selon des études américaines, en mars 1997, la couche

d'ozone mesurée au-dessus du pôle Nord était de 40 % inférieure à la normale. Plus généralement, la quantité d'ozone stratosphérique diminue dans la plupart des régions de la planète (hors régions tropicales). Entre 1979 et 1995, la réduction cumulée d'ozone total (en moyennes annuelles et globales) s'élève à environ 5 %. Au-dessus des latitudes moyennes, cette réduction atteint 7 % (AEE).

L'appauvrissement de la couche d'ozone entraîne une augmentation de l'intensité du rayonnement ultraviolet solaire atteignant la surface de la Terre. Les données fournies par les satellites montrent que le niveau moyen de rayonnement ultraviolet solaire entre les latitudes 40° et 50° nord (couvrant une grande partie de l'Europe, de l'Amérique du Nord et de l'Asie) a augmenté de 10 % par décennie entre 1979 à 1992 (Herman, 1996). Ce phénomène peut avoir des conséquences pour la santé humaine. Même modérée, l'exposition au rayonnement ultraviolet peut occasionner des brûlures superficielles et des conjonctivites. Une exposition prolongée peut provoquer un vieillissement de la peau, des cataractes (pouvant entraîner la cécité), l'affaiblissement du système immunitaire ou des cancers de la peau (mélanomes malins). Selon le Groupe d'experts pour l'évaluation des incidences (Pnuce), une diminution régulière de 1 % de la quantité totale

d'ozone entraînerait une augmentation de 2 % environ des cancers bénins de la peau. Cependant, l'accroissement du nombre de ces affections est également lié à l'évolution de nos modes de vie et à nos comportements.

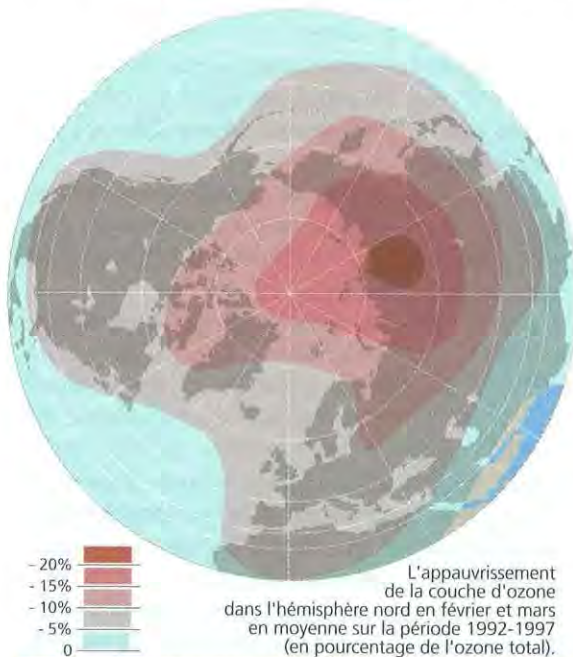
Par ailleurs, une augmentation du rayonnement ultraviolet solaire a une incidence certaine sur les écosystèmes aquatiques. Les plantes terrestres peuvent également être touchées par le phénomène mais la réaction varie en fonction des espèces. Enfin, le rayonnement ultraviolet solaire affecte les réactions chimiques dans les basses couches de l'atmosphère. Il contribue à accroître la pollution photochimique. Il influe sur la durée de résidence dans l'atmosphère et les concentrations d'un grand nombre de composés dont plusieurs gaz à effet de serre.

Les concentrations des principales substances responsables du phénomène - CFC et halons - ont commencé à se stabiliser en raison de la mise en œuvre de protocoles internationaux successifs qui ont fixé des objectifs drastiques de réduction de production et de consommation de ces produits. Il faut environ cinq ans pour que les polluants migrent vers la haute atmosphère. Les scientifiques estiment donc que le phénomène sera maximal vers 1998 pour ensuite progressivement diminuer. Dans l'hypothèse où les engagements du protocole de Montréal seraient pleinement respectés, la restauration entière de la couche d'ozone (c'est-à-dire un retour à la situation du début des années soixante-dix) ne devrait pas intervenir avant 2045.

L'effet de serre

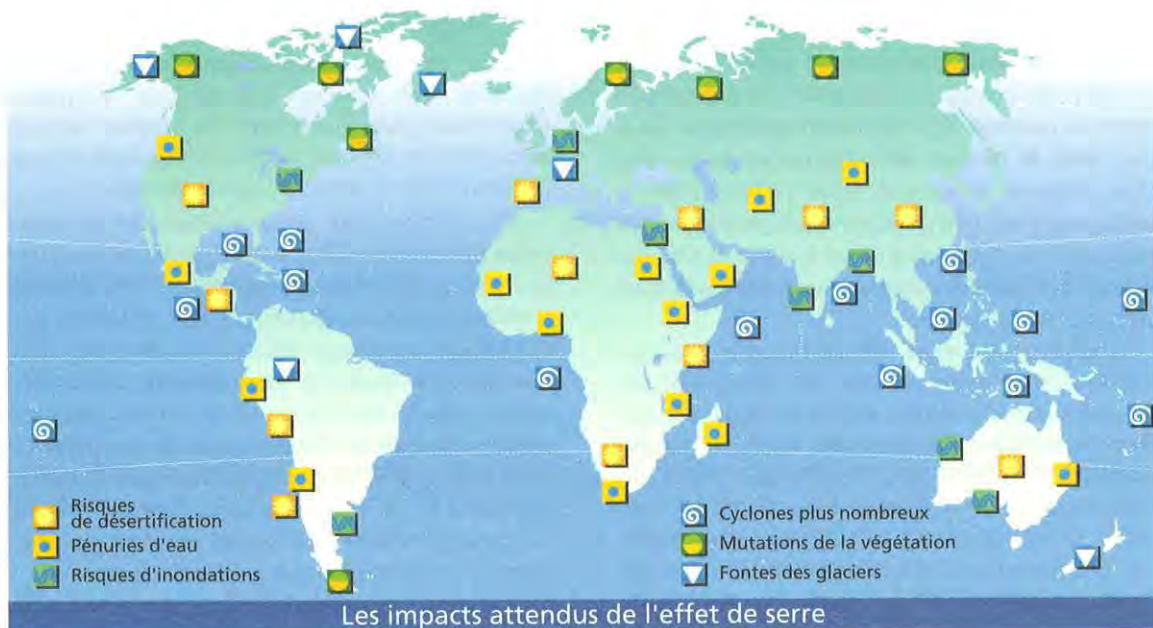
L'effet de serre est un phénomène avant tout naturel de piégeage par l'atmosphère de la fraction du rayonnement solaire retransmis par la surface de la Terre. Sans lui, la température sur Terre ne serait que de - 18°C (contre + 15°C). Les gaz responsables de ce phénomène sont naturellement présents dans l'atmosphère à l'état de traces : vapeur d'eau, gaz carbonique (CO₂), méthane (CH₄) et protoxyde d'azote (N₂O). Les teneurs atmosphériques naturelles de ces gaz étant très faibles, les émissions dues aux activités humaines sont susceptibles d'accroître l'effet de serre, et de provoquer des modifications du climat.

Bien que la vapeur d'eau soit le plus important gaz à effet de serre, les activités humaines



L'appauvrissement de la couche d'ozone

Source : Organisation météorologique mondiale.



Source : journal Le Monde du 27 novembre 1997.

n'influent pas de façon sensible sur sa concentration atmosphérique. En revanche, les concentrations de CO₂, de CH₄ et de N₂O ont crû régulièrement au cours du dernier siècle à cause des émissions provenant des activités humaines. Les concentrations de CO₂ ont ainsi augmenté de 28 %, passant d'environ 280 parties par million en volume (ppmv) avant l'ère industrielle à 358 ppmv en 1994 et progressent au rythme de 1,5 ppmv/an. Les teneurs atmosphériques de CH₄, ont augmenté d'environ 145 %. Quant aux niveaux de N₂O, ils ont progressé d'environ 15 % depuis l'ère préindustrielle (AEE).

Les composés halogénés (CFC, halons, PFC-CF₄, C₂F₆, SF₆, etc.) ont une part de responsabilité dans l'effet de serre. Leur impact est plus faible que celui du groupe CO₂, CH₄, N₂O car ils sont rejetés en moindre quantité, mais leur durée de vie dans l'atmosphère est importante.

Enfin, l'ozone troposphérique joue un rôle important dans l'effet de serre. Selon le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat ou Giec (instance créée en 1990 sous l'égide de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et du Pnue et regroupant des chercheurs scientifiques de plusieurs pays), l'ozone troposphérique renforce de 16 % l'effet de réchauffement de la planète induit par les principaux gaz à effet de serre.

Selon les modèles mis au point par le Giec, les impacts attendus pourraient être les suivants :

- le niveau des mers s'élèverait avec la fonte

des glaces polaires et la dilatation des océans. D'ici 2100, les mers pourraient s'élever de 15 à 95 cm. Cette élévation constituerait une forte menace pour les zones littorales, deltas et terres basses. 17,5 % du Bangladesh serait affecté, le delta du Nil et le territoire de certaines petites îles tropicales pourraient être en partie submergés. En Europe, une élévation du niveau des mers pourrait provoquer l'inondation des deltas (Rhône, Pô, Ebre) et des zones côtières (notamment aux Pays-Bas), l'érosion du littoral, une augmentation de la salinité des estuaires et une intrusion d'eaux salées dans les aquifères d'eau douce. Si cette élévation atteignait un mètre, on estime que 45 % des marais salants d'Europe disparaîtraient ;

- 95 % de la masse des glaciers européens pourraient disparaître au cours du siècle prochain, voire en quelques dizaines d'années pour les plus petits d'entre eux ;

- le régime des précipitations pourrait se modifier et les inondations ou les épisodes de sécheresse (selon les régions du globe) s'aggraver. La partie septentrionale de l'Amérique du Nord, l'Europe du Nord et l'Asie du Nord pourraient connaître une plus grande pluviosité alors que le climat serait plus sec dans les pays méditerranéens, en Afrique, en Asie du Sud, en Australie et en Amérique du Sud ;

- les phénomènes climatiques extrêmes (tempêtes, cyclones, ouragans, tornades,...) seraient plus fréquents et plus intenses, en particulier en

Afrique, Asie du Sud et Amérique centrale. Dans les grands bassins fluviaux d'Europe de l'Ouest, la fréquence et la sévérité des inondations pourraient augmenter ;

- les écosystèmes seraient perturbés. Dans les zones tempérées, on pourrait ainsi assister à un décalage des écosystèmes forestiers de 200 à 300 km vers le nord, susceptible d'entraîner des disparitions brutales de certaines espèces animales et végétales ;
- les phénomènes d'érosion et de désertification s'accroîtraient notamment au Moyen-Orient, en Afrique et en Asie centrale ;
- les maladies infectieuses s'étendraient telles que paludisme, fièvre jaune et choléra.

Le Fonds national suisse de la recherche scientifique a lancé un programme de recherche sur l'impact économique attendu du changement climatique dans les Alpes. Sur la base d'un réchauffement atteignant 2°C au cours des cinquante prochaines années, l'étude conclut que le seul secteur touristique suisse perdrait annuellement 9 milliards de francs environ (2,3 milliards de francs suisses) ; en 2050, l'enneigement hivernal risque de n'être plus assuré qu'à partir de 1 500 mètres d'altitude contre 1 200 actuellement. Au manque à gagner du tourisme s'ajouteraient, selon l'étude, 1,8 milliard de francs de dégâts dus à des crues et à des inondations et plus de 600 millions de francs occasionnés par la grêle et les tempêtes d'hiver.

Le rythme du réchauffement inquiète autant que son ampleur. En 1995, le Giec a estimé que la température moyenne à la surface du globe avait augmenté depuis la fin du XIX^e siècle de 0,3 à 0,6°C. Selon l'OMM, sur les cent cinquante

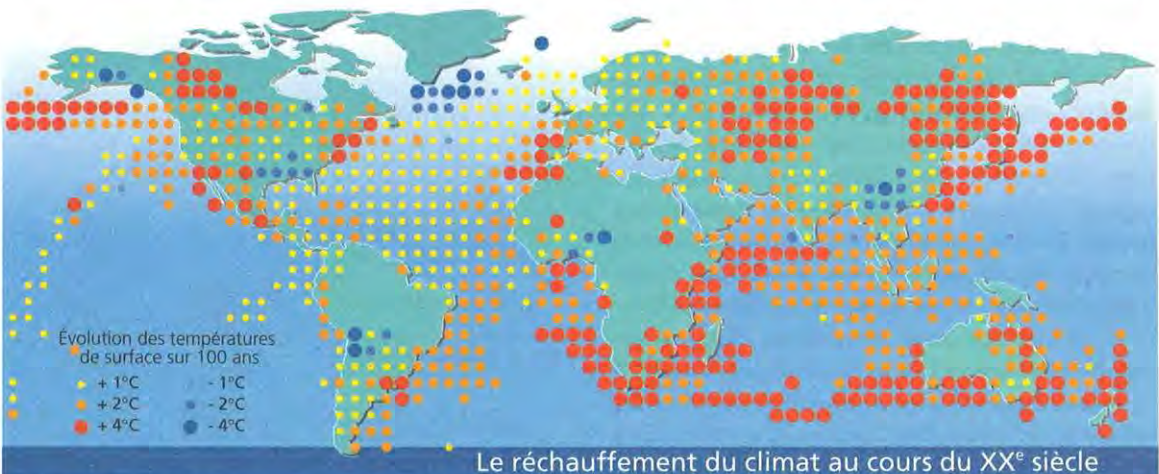
dernières années (période pour laquelle on dispose de données météorologiques fiables), les dix plus fortes moyennes annuelles ont toutes été relevées depuis 1981, les cinq plus fortes depuis 1990. 1997 a été l'année la plus chaude jamais répertoriée, dépassant de peu 1995. Sans réduction des émissions d'origine anthropique des gaz à effet de serre, le Giec prédit que la température moyenne par rapport à celle de 1990 va augmenter de 1 à 3,5°C d'ici 2100 (avec de fortes variations régionales).

Face à ces prévisions, de nombreuses voix s'élèvent pour réclamer une réduction immédiate des émissions de gaz à effet de serre. Des conférences internationales, comme celle de Kyoto en décembre 1997, sont organisées mais les résultats obtenus sont jugés encore trop limités par de nombreux experts.

Les pollutions régionales

La pollution acide

La pollution acide désigne l'ensemble des retombées au sol de composés acides sous forme de dépôts humides de polluants incorporés aux précipitations ou de dépôts secs. Ce phénomène est principalement dû aux émissions anthropiques de dioxyde de soufre (SO₂) et d'oxydes d'azote (NO_x). D'autres polluants tels que l'acide chlorhydrique (HCl) et l'ammoniac (NH₃) contribuent également aux pluies acides et à l'acidification des milieux. En raison du transport des polluants par le vent et des délais nécessaires aux processus de transformation chimique et de dépôt, les retombées acides



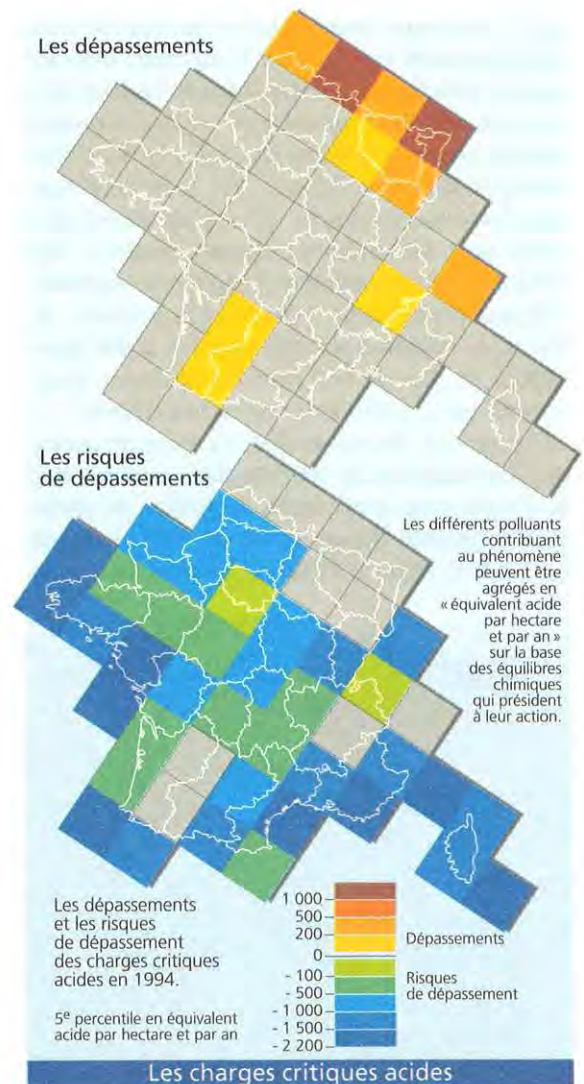
Source : Organisation météorologique mondiale.

peuvent toucher des zones très éloignées des sources d'émission, parfois au-delà de 1 000 km. Cette pollution pose donc un problème transfrontière. Elle concerne encore aujourd'hui de vastes régions d'Europe, d'Amérique et d'Asie. Les retombées ont des effets néfastes sur les milieux aquatiques, les forêts (défoliation, jaunissement) et les sols. Le phénomène a été observé pour la première fois au début des années soixante-dix en Scandinavie où les rivières et lacs, ainsi que la flore et la faune, ont montré des signes de dégradation.

Entre 1977 et 1995, les stations de surveillance de la qualité des précipitations et de la pollution de fond (réseaux Bapmon et Mera) ont permis de constater une diminution des dépôts soufrés (bien que leur contribution reste marquée en hiver) et une hausse des dépôts azotés (nitrates et ammonium) sur certains sites. Des épisodes de dépôts acides sont en outre relevés dans les stations du nord de la France (Abbeville, Phalsbourg) lors d'événements courts de pollution et/ou par flux du nord est (influence des pays d'Europe centrale). La diminution de la pollution soufrée peut être expliquée par les nombreux efforts réalisés notamment par l'industrie au cours des années quatre-vingts. La pollution azotée est, pour une grande part, d'origine automobile. Elle a beaucoup moins diminué durant la même décennie. Les efforts de réduction de la pollution dans la plupart des pays européens ont été réalisés, en particulier, dans le cadre de la convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (1979).

Grâce aux travaux de recherche et aux réseaux de surveillance mis en place à partir des années quatre-vingts tant au niveau européen (Emep établi dans le cadre de la convention de Genève) que national (réseau Renecofor), des données sur les impacts des retombées acides sont désormais disponibles. Le concept de **charge critique** a été défini pour mesurer cet impact. La charge critique est la quantité d'acide qui peut être déposée en une année sans risque d'effet nuisible à long terme pour l'écosystème. Dans le cas des eaux douces, les charges critiques sont basées sur la dégradation causée à certains organismes et à certaines populations (poissons et invertébrés) qui sont sensibles à la modification des équilibres chimiques des eaux.

Une carte européenne des charges critiques a été dressée sur la base d'un maillage de 150 km de côté. À chaque maille est associée la valeur de la charge critique correspondant à une protection de 95 % des écosystèmes présents. La modélisation spatiale des émissions et dépôts a permis de déterminer les zones où il y a eu dépassement. Un extrait de la carte montrant la situation en France est reproduit ici. Une zone à laquelle est associée une valeur positive (carte des dépassements) est une zone où les 5 % les plus fragiles des écosystèmes identifiés subissent un stress lié aux dépôts acides. La légende permet d'apprécier l'ampleur du dépassement de la charge critique : lorsqu'il est important, il est probable qu'une proportion plus grande des écosystèmes de la zone est en fait touchée. Une



Source : Emep, RVM

zone à laquelle est associée une valeur négative (carte des risques de dépassements) est une zone où moins de 5 % des écosystèmes sont affectés par les dépôts acides. Plus on s'éloigne de la valeur 0, plus le risque de stress est faible.

Selon ces travaux, notre pays est l'un des moins affectés en Europe par le problème des retombées acides essentiellement à cause des vents dominants orientés d'ouest en est. L'analyse de la carte européenne globale indique que les dépassements les plus importants se situent en Europe de l'Est et en Scandinavie.

La pollution photochimique

Sous l'effet du rayonnement solaire, la pollution photochimique est générée dans les basses couches de l'atmosphère par des réactions chimiques complexes impliquant divers polluants primaires appelés « précurseurs » : oxydes d'azote (NOx), monoxyde de carbone (CO) et composés organiques volatils non méthaniques (COVNM). Le principal oxydant photochimique ainsi formé est l'ozone (O₃). Sa production s'accompagne de celle d'autres espèces acides et oxydantes (aldéhydes, nitrates organiques, acide nitrique, peroxydes, etc.). Les conditions météorologiques (ensoleillement, températures élevées, vents faibles) jouant un rôle capital dans le processus de formation d'ozone, c'est surtout en été, dans les périodes de stabilité de l'atmosphère, que se produisent les épisodes de pollution. Les pointes de concentration en ozone sont en général constatées en fin d'après-midi (ensoleillement maximal et forte émission de précurseurs).

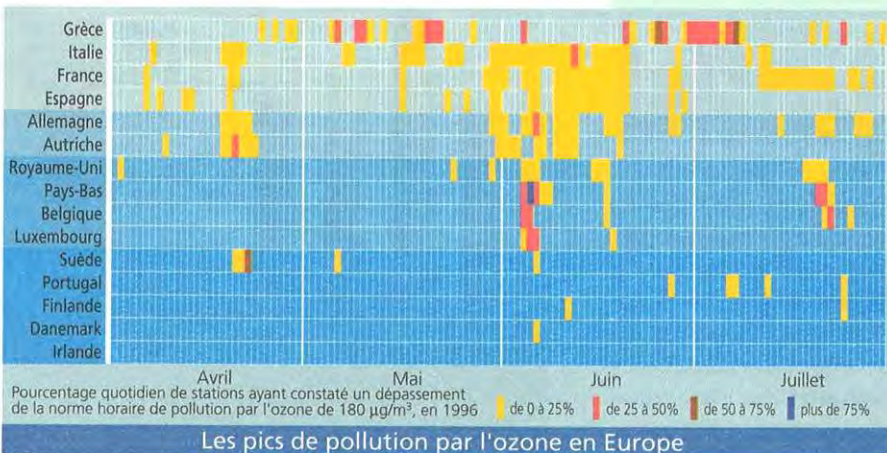


La pollution par l'ozone troposphérique en Europe (étés 1996 et 1997)

Toute l'Europe est concernée par la pollution par l'ozone. Entre avril et juillet 1996, le seuil d'alerte (360 µg/m³) a été atteint deux fois : à Athènes le 21 mai et à Florence le 13 juillet. En revanche, le seuil pour l'information de la population (180 µg/m³) a été dépassé dans tous les États membres de l'Union européenne sauf l'Irlande. Le nombre de jours où un dépassement au moins a été relevé variait de 1 au Danemark à 40 en France. 48% des stations ont enregistré un dépassement ou plus (contre 59% en 1995). L'été 1996 a été marqué par une forte influence des masses d'air atlantique sur l'Europe du Nord et de l'Ouest, conditions a priori peu favorables à la formation d'ozone. Les dépassements ont donc été rares dans les pays du Nord (Suède, Danemark, Finlande). Dans le Sud (Grèce, Italie, France, Espagne), en revanche, on a pu observer des épisodes de pollution durant tout l'été.

Durant l'été 1997, un épisode de pollution a touché la plupart des pays d'Europe du Nord entre le 10 et 14 août. Début août, une cellule de haute pression s'est formée au-dessus de l'Écosse et de la Scandinavie. Des dépassements ont été d'abord enregistrés au Royaume-Uni et en Belgique, puis en France, aux Pays-Bas et dans la partie occidentale de l'Allemagne. Cette situation a duré jusqu'au 12 août. Le 13 août, un front d'air froid entraînant des masses d'air propre est apparu à l'ouest, mettant fin à l'épisode au Royaume-Uni. Sous un ciel ensoleillé et des températures élevées, de nombreux dépassements ont été encore observés au Benelux et en Allemagne. Le 14 août, le front froid a gagné la partie centrale de l'Allemagne, mettant fin à l'épisode au Benelux, en

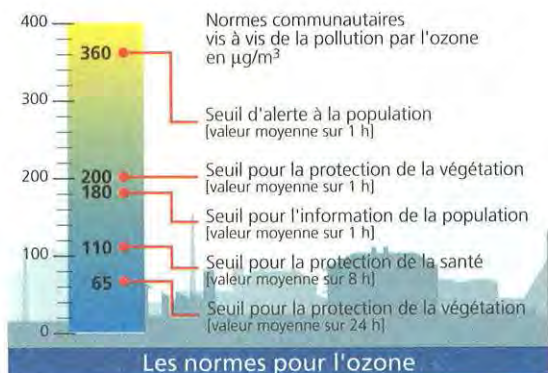
France, et dans la partie occidentale de l'Allemagne. Le 15 août, les masses d'air atlantique ont atteint la partie orientale de l'Allemagne.



Source : Agence européenne de l'environnement (Centre thématique européen de la qualité de l'air).

Ce n'est pas toujours à l'aplomb des zones urbaines que les plus fortes teneurs sont rencontrées mais également dans les zones périurbaines et rurales. Une combinaison des émissions naturelles de NO_x et de COVNM (forêts, zones humides) et des émissions anthropiques transportées par le vent depuis les agglomérations, peut en effet entraîner de fortes concentrations en O₃, dépassant parfois les normes établies pour la protection de la santé humaine et de la végétation. La pollution photochimique est donc à la fois locale (occurrence de pics d'ozone dans les agglomérations) et régionale.

La pollution par l'ozone, lorsqu'elle est intense, entraîne une irritation des yeux et des voies respiratoires. Elle provoque toux, maux de tête et perturbations de la fonction respiratoire en particulier chez les sujets fragiles. Les fortes concentrations provoquent une perturbation de l'activité de photosynthèse et une altération de la résistance des plantes, allant jusqu'au dépérissement chez certaines espèces particulièrement sensibles comme le tabac, la luzerne ou le mélèze. Enfin, c'est un puissant gaz à effet de serre. L'augmentation de la concentration d'ozone dans la troposphère pourrait jouer un rôle significatif dans les modifications du climat à l'échelle globale. Des normes communautaires ont été établies en 1992 pour contrôler la pollution par l'ozone.



Source : directive 92/72/CBE.

L'ozone troposphérique est surveillé depuis quelques années seulement. Sa forte sensibilité aux conditions météorologiques, le manque de recul induit par les courtes séries chronologiques de données et l'extension continue du réseau de mesure ne permettent pas de dégager une tendance claire d'évolution des concentrations. Les concentrations enregistrées en France

durant l'été 1997 ont été supérieures à celles relevées en 1996, mais restent inférieures à celles mesurées au cours des étés 1995 et 1994. Entre 1994 et 1996, les dépassements du seuil d'information de la population relevés pour l'ensemble du territoire français ont été les suivants :

- 1994 : 1 316 dépassements pour 90 analyseurs en fonctionnement ;
- 1995 : 1 413 dépassements pour 120 analyseurs en fonctionnement ;
- 1996 : 610 dépassements pour 164 analyseurs en fonctionnement [ministère de l'Environnement].

	1994		1995		1996	
	Sites urbains	Sites suburbains	Sites urbains	Sites suburbains	Sites urbains	Sites suburbains
Béthune	0 (1)	-	12 (1)	-	0 (1)	-
Caen	0 (1)	-	9 (1)	-	4 (1)	16 (2)
Fos - Berre	92 (4)	-	55 (5)	-	45 (5)	-
Grenoble	10 (2)	15 (1)	2 (2)	16 (1)	0 (2)	5 (1)
Le Havre	5 (1)	-	9 (1)	-	4 (2)	-
Lille	17 (2)	-	30 (2)	22 (1)	0 (2)	1 (1)
Lyon	33 (2)	-	42 (2)	-	8 (2)	13 (1)
Marseille	-	-	-	-	51 (3)	32 (2)
Paris	21 (8)	0 (1)	19 (9)	0 (1)	3 (9)	2 (1)
Rouen	6 (1)	7 (1)	0 (1)	10 (1)	0 (1)	4 (2)
Strasbourg	8 (1)	-	5 (1)	18 (1)	3 (1)	4 (1)

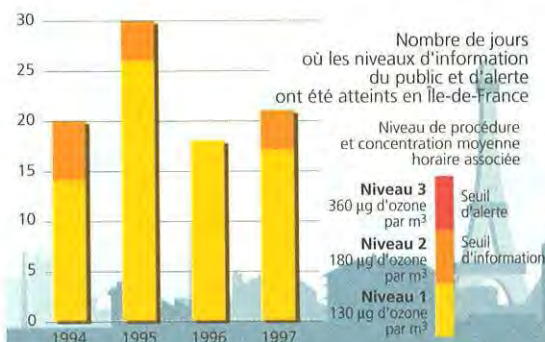
Nombre de jours (nombre de capteurs concernés dans l'agglomération)

Nombre de jours où un dépassement au moins du seuil horaire de 180 µg d'ozone par m³ a été enregistré, pour une sélection d'agglomérations.

Les pics de pollution par l'ozone en France

Source : ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement (DPPR).

En 1994, les conditions climatiques ont été très favorables à la formation d'ozone (ensoleillement général et températures élevées). L'été a été moins beau en 1996. Entre 1994 et 1996, les agglomérations les plus touchées par les pointes de pollution ont été Fos-Berre, Lille, Lyon, Marseille et Strasbourg. 1997 a vu une



Fin janvier 1998, on comptait 13 capteurs pour l'ozone en Île-de-France. Le chiffre a légèrement évolué au cours des quatre dernières années. Les niveaux 1, 2 ou 3 sont atteints lorsque deux capteurs distants de plus d'un kilomètre indiquent tous deux, dans un délai de moins de trois heures, un dépassement de la valeur fixée par la préfecture.

Les pics de pollution par l'ozone en Île-de-France

Source : Airparif.

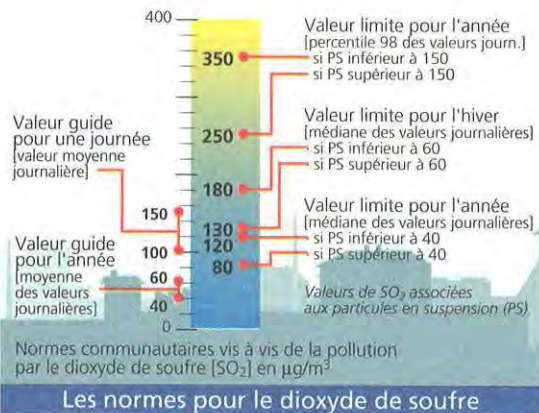
situation assez similaire. Strasbourg est la ville où le plus grand nombre de dépassements a été enregistré.

La procédure d'alerte et d'information du public mise en place en Île-de-France prévoit trois niveaux pour juger de l'importance de la pollution par l'ozone (voir éclairage méthodologique). Sur les quatre dernières années, le niveau 3 n'a jamais été atteint. Une telle procédure a également été mise en place dans une quinzaine de départements (notamment Gironde, Haut-Rhin, Moselle, etc.).

Les pollutions locales

Le dioxyde de soufre

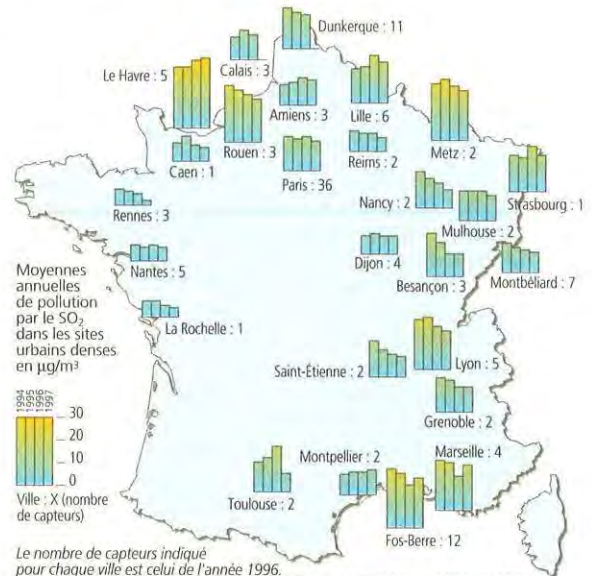
Comme pour l'ozone, la météorologie influe sur les niveaux de pollution par le dioxyde de soufre, mais c'est en hiver que les plus fortes concentrations sont susceptibles d'être atteintes. Une pointe de froid se traduit par une augmentation du chauffage (surémission) et par une mauvaise dispersion atmosphérique des polluants. Irritant respiratoire, le SO₂ agit en synergie avec d'autres substances (notamment les particules en suspension). Ces deux polluants ont donc été considérés de manière conjointe lors de l'établissement de normes européennes de qualité.



Source : directive 80/779/CEE.

Les teneurs les plus élevées en SO₂ se rencontrent dans les grandes zones industrielles. Depuis 1988, on constate une décroissance de ces concentrations, tant en moyennes annuelles qu'en niveaux de pointe (percentiles 98*). Pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants, entre 1991 et 1996, les concentrations

moyennes annuelles relevées en site urbain dense sont comprises entre 3 et 38 µg/m³ (ministère de l'Environnement). Depuis l'année tropique 1992-1993 (du 1^{er} avril au 31 mars de l'année suivante), toutes les stations ont respecté les valeurs limites communautaires.

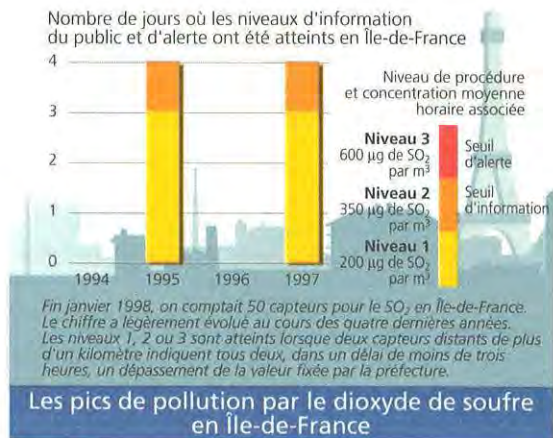


Le nombre de capteurs indiqué pour chaque ville est celui de l'année 1996. Pour certaines agglomérations, ce chiffre a légèrement évolué entre 1994 et 1997. La moyenne annuelle est la moyenne des valeurs moyennes observées pendant l'année pour l'ensemble des capteurs urbains denses de l'agglomération (à l'exception de la zone de Fos Berre pour laquelle il s'agit de la moyenne sur l'ensemble des capteurs).

La pollution par le dioxyde de soufre

Source : ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement (DPPR).

La procédure d'alerte et d'information du public en Île-de-France prévoit trois niveaux pour juger de l'importance de la pollution par le SO₂ (voir éclairage méthodologique). Cette procédure a également été mise en place dans une quinzaine de départements, notamment ceux de la région Nord-Pas-de-Calais et Haute-Normandie.



Source : Airparif.

Les particules en suspension

La composition de la phase particulaire de la pollution atmosphérique est complexe. Elle est constituée d'un mélange de substances dont l'origine, la granulométrie et la composition chimique peuvent varier dans le temps et l'espace.



Le système de mesure de la qualité de l'air et l'évolution de la couverture du territoire

Le dispositif français de surveillance de la qualité de l'air s'est progressivement mis en place depuis les années soixante-dix. Les associations de gestion de réseaux de mesure, organismes agréés par le ministère de l'Environnement, constituent la cheville ouvrière de ce dispositif. Elles regroupent l'ensemble des partenaires locaux impliqués dans la gestion de la qualité de l'air : collectivités locales, industriels, administrations déconcentrées, Ademe et associations de protection de l'environnement. Fin 1997, il existait 35 associations de surveillance agréées (contre 18 en 1984). Les trois plus récentes, créées à la fin de 1996, couvrent les zones de Limoges, d'Orléans et de Valenciennes.

Les associations ont en charge la gestion du dispositif technique de mesure, la collecte, la validation et le traitement des données, la diffusion des informations recueillies (rapports, bulletins, serveur Minitel, répondeurs téléphoniques et autres supports médiatiques) et la transmission aux autorités compétentes (préfet, Drire) d'informations sur la prévision et la détection des dépassements des seuils d'information ou d'alerte. Fin 1997, le dispositif national de mesure comptait environ 1 930 instruments (contre 1 150 en 1994 et moins de 400 en 1975) :

- 1 735 analyseurs automatiques :
 - dioxyde de soufre (499 analyseurs),
 - oxydes d'azote (457),
 - particules en suspension (261),
 - ozone troposphérique (332),
 - monoxyde de carbone (120),
 - hydrocarbures totaux (dont le méthane) (60),
 - benzène, toluène et xylène (6) ;
- 195 préleveurs de fumées noires et de plomb.

(Ademe, Airparif).

Les analyseurs automatiques sont mis en place dans 600 stations (contre 500 en 1994). 38 % d'entre eux fonctionnent en environnement industriel ou sous l'influence de sources ponctuelles. 62 % sont placés en sites urbains (dont dix-sept villes de plus de 250 000 habitants). Quelques stations urbaines mesurent la pollution directement issue du trafic routier : à ce jour, quatorze stations sont placées à proximité ou directement en

En fonction de leur diamètre, ces substances sont connues sous le nom de particules en suspension, de particules fines, de poussières ou de fumées noires. Leur dimension varie entre 10^{-3} μm environ (agrégats moléculaires) et 100 μm (poussières).

bordure de voies de circulation, trente-quatre sont en cours d'implantation (Ademe).

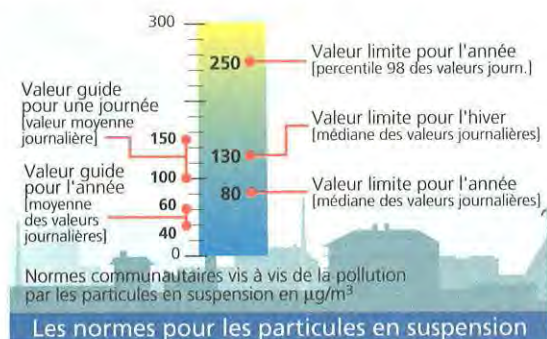
En 1992, un groupe de travail a élaboré un indice de qualité de l'air (indice « Atmo ») allant de un (qualité excellente) à dix (qualité exécutable). Cet indice utilisé par Airparif, le réseau de surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France, mais aussi par d'autres réseaux, prend en compte la pollution par le SO_2 , le NO_2 , l' O_3 et les poussières. Quatre sous-indices (basés sur la concentration atmosphérique de chaque polluant) sont calculés et l'indice retenu pour la journée est le plus mauvais des quatre. Les effets synergiques éventuels des différents polluants ne sont donc pas pris en compte. L'indice « Atmo » est communiqué au public par le biais du Minitel, des médias nationaux et locaux, des panneaux municipaux et de l'Internet.

Il ne faut pas confondre cette échelle avec les niveaux 1, 2 et 3 de pollution établis dans le cadre de la procédure d'alerte et d'information du public : niveau 1, mise en vigilance des services administratifs, niveau 2, diffusion d'informations permettant aux populations sensibles de se protéger et de recommandations destinées aux sources de pollutions (seuil d'information), et niveau 3, mise en œuvre de mesures d'urgence pour réduire ou limiter les activités polluantes (seuil d'alerte). Cette procédure, mise en place dans certains départements, (notamment ceux de l'Île-de-France, du Nord-Pas-de-Calais et du Rhône) est déclenchée en cas de pics de pollution par le SO_2 , le NO_2 ou l' O_3 . Le décret du 6 mai 1998 et ses arrêtés d'application (à paraître) harmonisent à l'échelle nationale les niveaux de déclenchement des alertes.

Hormis quelques stations ou lors de campagnes de mesure ponctuelles, de nombreux constituants atmosphériques ne sont pas mesurés en routine par les réseaux de mesure (sauf cas très particuliers) :

- les composés organiques volatils* (COV) toxiques (aromatiques, halogénés) ;
- les composés organiques semi-volatils et persistants - COP - (hydrocarbures aromatiques polycycliques ou HAP, polychlorobiphényles ou PCB, dioxines et furanes) ;
- les composés organiques oxygénés (aldéhydes*) ;
- les métaux lourds hors plomb (cadmium, nickel, etc.) ;
- les composés tels que l'hydrogène sulfuré ou l'ammoniac.

Les émissions de particules en suspension proviennent surtout des procédés industriels et des transports routiers. Même à faibles concentrations, elles peuvent être dangereuses pour la santé. Les particules fines, surtout, sont susceptibles de se déposer dans les alvéoles pulmonaires. Associées au dioxyde de soufre, elles peuvent altérer les fonctions respiratoires. Par ailleurs, les particules noircissent les murs des bâtiments, dont le coût de nettoyage est considérable. Elles influent sur la formation des brouillards, nuages et précipitations.



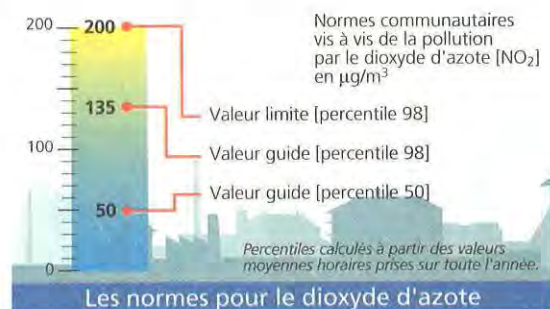
Source : directive 80/779/CEE.

Les concentrations les plus élevées se rencontrent généralement près des grands axes de circulation et les pointes de pollution se produisent souvent en hiver. Depuis 1988, les concentrations en moyennes annuelles des particules en suspension ne présentent pas d'évolution notable. Pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants, entre 1991 et 1996, les concentrations moyennes annuelles relevées dans les sites sous influence automobile sont comprises entre 13 et $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alors que celles relevées dans les sites urbains denses sont comprises entre 7 et $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (méthode des fumées noires) (ministère de l'Environnement). La valeur limite* pour la pollution de pointe (percentile 98) n'a pas été dépassée entre 1991 et 1996. Chaque année, depuis 1993, environ un tiers des stations dépasse au moins une fois la valeur guide* journalière de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durant l'année 1991, la moitié des stations l'avait dépassée.

Les oxydes d'azote

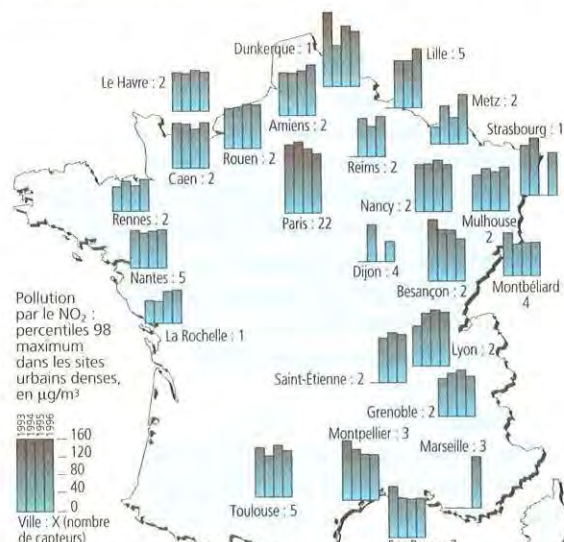
Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2) sont généralement regroupés sous la dénomination d'oxydes d'azote (NO_x). Les transports routiers ont une part de respon-

sabilité importante dans les émissions anthropiques de ces polluants. Avec le SO_2 , les NO_x sont à l'origine des dépôts acides. Ils sont également précurseurs de la pollution photochimique. Le NO_2 peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine. Des concentrations élevées induisent des risques de maladies respiratoires chroniques pour les sujets sensibles.



Source : directive 85/203/CEE.

L'évolution des concentrations de NO_2 est difficile à dégager. Entre 1991 et 1996, dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants, les concentrations moyennes annuelles relevées dans les sites les plus proches des axes de circulation automobile sont comprises entre 21 et $93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alors que celles relevées dans les sites urbains denses, représentatifs d'une pollution de fond, sont comprises entre 15 et $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ministère de l'Environnement).



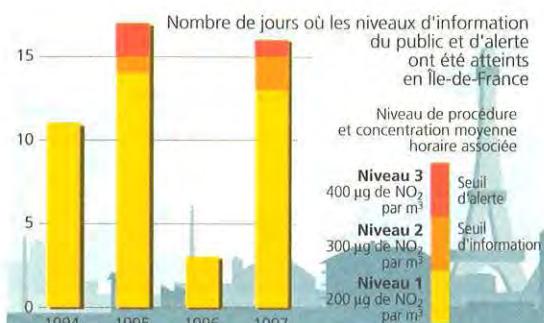
Le nombre de capteurs indiqué pour chaque ville est celui de l'année 1996. Pour certaines agglomérations, ce chiffre a légèrement évolué entre 1993 et 1996. Le percentile 98 est la valeur dépassée par 2% des moyennes horaires de l'année. Le percentile 98 maximum est le percentile 98 le plus élevé pour les différents sites de mesure de l'agglomération considérée.

La pollution par le dioxyde d'azote

Source : ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement (DIPPR).

Depuis 1994, toutes les stations ont respecté la valeur limite communautaire. Chaque année, cependant, les valeurs guides sont dépassées au moins une fois par 15 à 20 % des stations.

La procédure d'alerte et d'information du public (voir éclairage méthodologique) a été mise en place en Île-de-France et dans une quinzaine d'autres départements, notamment le Rhône, le Puy-de-Dôme et la Meuse.



Fin janvier 1998, on comptait 26 capteurs pour le NO₂ en Île-de-France. Le chiffre a légèrement évolué au cours des quatre dernières années. Les niveaux 1, 2 ou 3 sont atteints lorsque deux capteurs distants de plus d'un kilomètre indiquent tous deux, dans un délai de moins de trois heures, un dépassement de la valeur fixée par la préfecture.

Les pics de pollution par le dioxyde d'azote en Île-de-France

Source : Airparif.

Le monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) résulte de la combustion incomplète des hydrocarbures. Les émissions anthropiques proviennent principalement des transports routiers, de la combustion et des procédés industriels. À de fortes concentrations, le CO agit sur l'hémoglobine et peut engendrer lésions du système nerveux et troubles cardio-vasculaires. Ce gaz ne fait l'objet d'aucun texte législatif spécifique. Ceci explique que le nombre de stations de mesure du CO soit relativement faible, quoique en augmentation constante (120 en 1997 contre 35 en 1994). Sur les sites de mesure, on observe une décroissance des concentrations depuis 1991.

Le plomb

Le plomb appartient à la famille chimique des métaux lourds (terme désignant, par extension, l'ensemble des métaux toxiques). Il est principalement émis par l'extraction minière et la métallurgie des métaux non ferreux, ainsi que par les transports routiers, du fait de l'utilisation d'essence plombée. Cette utilisation est

cependant en décroissance rapide depuis le début des années quatre-vingt-dix. L'exposition à des concentrations élevées du plomb est nocive à cause de son accumulation dans les tissus



Les pics de pollution en 1997

Le 14 janvier 1997, à Lyon-Vénissieux, une station de mesure proche de la raffinerie de Feyzin, a enregistré la valeur de 1 100 µg/m³ (moyenne horaire) pour le SO₂, dépassant largement le niveau 3 de la procédure d'alerte (fixé à 600 µg/m³ dans le Rhône). Le lendemain, au Havre, des moyennes horaires de 600 µg/m³ de SO₂ ont été enregistrées en périphérie de la ville. La même semaine, des pointes de pollution par le SO₂ ont été relevées autour de l'étang de Berre, près de Marseille. Cette pollution a été provoquée par des émissions provenant des unités de chauffage urbain, de l'industrie et des centrales thermiques. Pendant la même période anticyclonique, Paris, Lyon, Metz et Thionville ont connu des pics de pollution par le NO₂. A Lyon, le niveau 3 de la procédure d'alerte et d'information du public (400 µg/m³) a été dépassé le 15 janvier et en région parisienne, le niveau 2 (300 µg/m³) a été atteint à Argenteuil (Val-d'Oise).

Lors de ces épisodes de pollution, les préfets concernés ont déclenché la procédure d'alerte de la population prévue par la loi sur l'air. Pour réduire les émissions polluantes, un certain nombre de mesures ponctuelles ont été adoptées et notamment l'interdiction de transit des poids lourds dans le centre-ville de Lyon les 16 et 17 janvier. De même, le 20 janvier 1997, en raison des taux élevés de NO₂ dans l'agglomération de Thionville, le préfet a pris des mesures restrictives concernant la circulation automobile dont une réduction de la vitesse à 60 km/h sur l'autoroute A31 entre Yutz et Thionville.

L'été 1997 a été chaud et fortement ensoleillé. En août, des concentrations élevées d'ozone ont été atteintes dans plusieurs agglomérations notamment Paris, Lyon, Lille, Marseille, Strasbourg, Rouen, Colmar et la zone de Fos - Berre avec dépassements du niveau 2 de la procédure d'alerte et d'information du public dans ces agglomérations à plusieurs reprises au cours du mois. Le dépassement du niveau 3 pour le NO₂, le 30 septembre 1997 en Île-de-France a entraîné la mise en place du dispositif de restriction de la circulation, prévue par la loi sur l'air. Cette mesure a été largement suivie. Le 1^{er} octobre, le trafic s'était sensiblement réduit.

corporels et des lésions possibles du système nerveux central humain. Parallèlement à ces effets directs par inhalation, les dépôts atmosphériques sont susceptibles d'accroître les concentrations en plomb dans les milieux (sol et eau), et dans les cultures. Présents dans la chaîne alimentaire par ce biais, les métaux peuvent présenter des dangers pour la santé humaine et animale.

La valeur limite communautaire établie pour le plomb est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en valeur moyenne annuelle. Les teneurs les plus élevées sont relevées à ce jour par les stations susceptibles d'être sous l'influence de sources industrielles (installations de première ou de seconde fusion de plomb en particulier). Une forte décroissance des concentrations a été observée entre 1991 et 1996. Dans les agglomérations de plus de

100 000 habitants, la moyenne annuelle maximale est passée de $0,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1991 à $0,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1996 (*ministère de l'Environnement*). Depuis 1991, toutes les stations de mesure respectent la valeur limite communautaire. En 1994, cependant, 21 % des stations sous l'influence de sources industrielles ont dépassé au moins une fois la valeur guide de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ recommandée par l'OMS (contre 46 % en 1993) (*Ademe*).

La pollution à l'intérieur des locaux

Le grand public s'inquiète à juste titre de la mauvaise qualité de l'air à laquelle il est exposé en agglomération. Cependant la majorité des citoyens passe 80 à 90 % de leur temps à l'intérieur de locaux où la qualité de l'air est, pour de nombreux polluants, moins satisfaisante qu'à l'extérieur des bâtiments. Ce phénomène a été



Les effets de la pollution de l'air sur la santé et le coût sanitaire de la pollution de l'air

Le Réseau national de santé publique a mené des études épidémiologiques portant sur les agglomérations de Paris (période 1987-1990) et de Lyon (période 1985-1990). Les résultats, publiés en 1996, ont mis en évidence, en particulier, que la mortalité cardio-vasculaire prématurée attribuable à la pollution atmosphérique de type acido-particulaire (SO_2 et particules en suspension) varie de 30 à 50 décès par an à Lyon et de 260 à 350 décès par an à Paris.

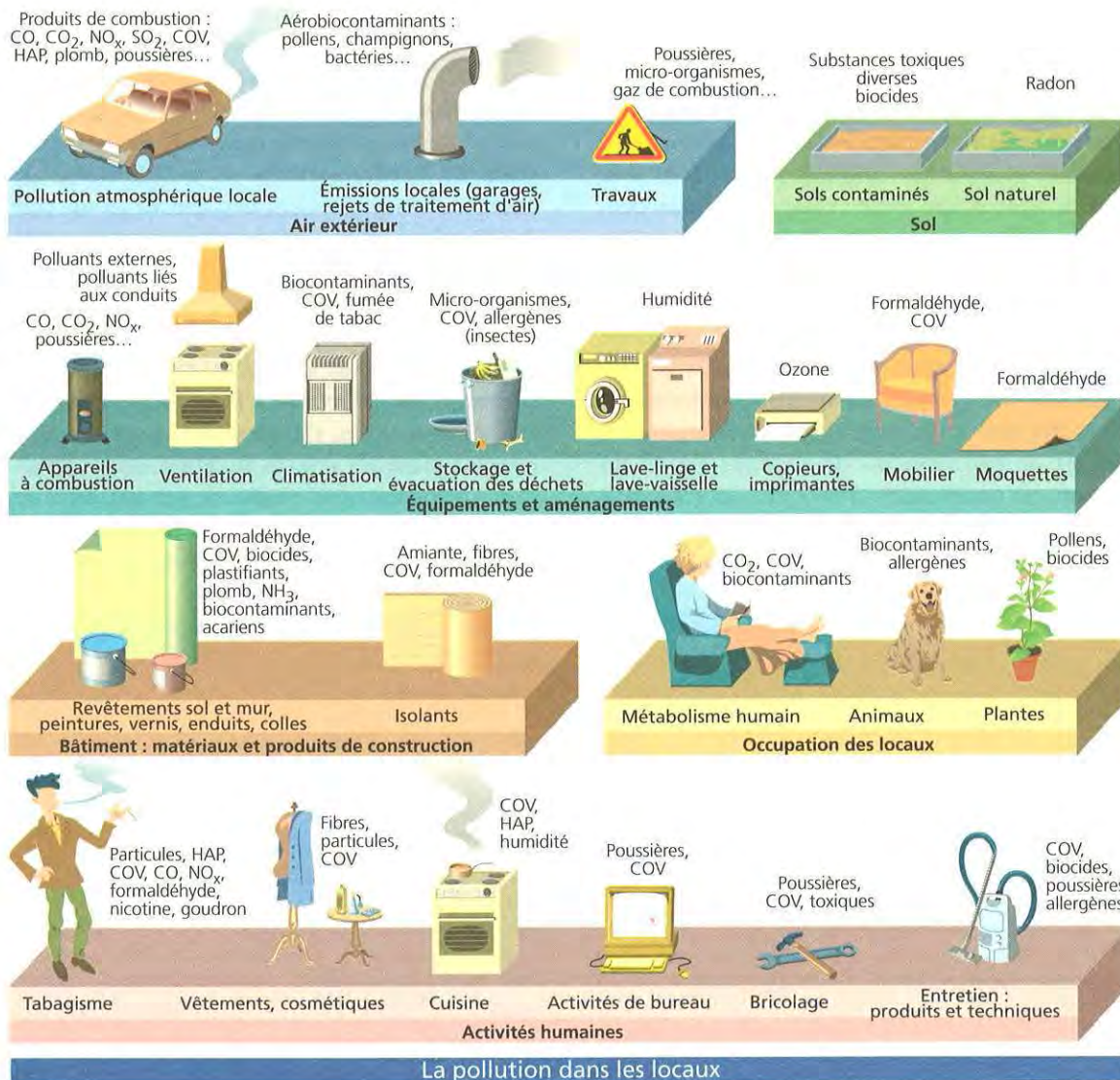
Dans le cadre du programme Erpurs (évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé), l'observatoire régional sur la santé a réalisé une étude sur les risques pour la santé liés à la pollution atmosphérique en Île-de-France (période 1991-1995). Elle fait suite à un premier travail qui portait sur la période 1987-1992. Les résultats traduisent un accroissement du risque pour la santé, en termes de mortalité* et de morbidité*, lié à l'augmentation des niveaux de pollution de l'air (SO_2 , fumées noires, particules en suspension, NO_2 et O_3). Les liens les plus étroits apparaissent entre la pollution par les particules fines et le NO_2 et l'asthme (hospitalisations ou visites médicales à domicile). En hiver, le passage d'un niveau de base* à un niveau moyen* de pollution par le NO_2 entraîne une augmentation des hospitalisations pour asthme des enfants pouvant atteindre 11%. En été, passer d'un niveau de base à un niveau moyen de pollution par les particules entraîne une

augmentation des hospitalisations encore plus importante (jusqu'à 25 %).

Parallèlement, des recherches ont été menées sur les coûts sanitaires directs de la pollution atmosphérique. Une étude a été réalisée par le Bureau d'économie théorique appliquée (Beta) de l'université de Strasbourg sur la base des données recueillies lors du premier projet Erpurs. Selon cette étude, le coût médico-social total journalier (mortalité, consultations aux urgences, hospitalisations et arrêts de travail) de la pollution de l'air à Paris et en petite couronne se chiffre entre 1,1 et 12,3 millions de francs suivant le polluant (particules en suspension, SO_2 , NO_2 et O_3) et le niveau de pollution atteint* (moyen, élevé ou très élevé). Un niveau moyen de pollution entraîne ainsi des coûts journaliers allant de 1,1 millions (NO_2) à 4,8 millions de francs (particules en suspension).

Ces coûts passent à 8,9 millions (O_3) et à 12,3 millions de francs (SO_2) lorsque le niveau très élevé est atteint (ce niveau est défini comme la concentration atteinte ou dépassée entre 5 et 8 jours par an). L'étude montre en outre que le passage du niveau moyen au niveau minimal (atteint ou dépassé 95% des jours de l'année) ferait économiser de 213 millions (NO_2) à 871 millions de francs (particules en suspension) par an.

Selon l'étude « coût Pollair » menée durant l'hiver 1994-1995 par l'Institut universitaire de santé publique de Grenoble, le coût médico-social annuel de la pollution de l'air par les particules en suspension peut être estimé à 36,5 millions de francs en moyenne à Grenoble et à 52 millions de francs en moyenne à Lyon.



Source: Ademe.

amplifié ces dernières décennies par l'utilisation croissante de matériaux synthétiques et de produits chimiques à usage domestique, ainsi que par des systèmes d'isolation prenant mal en compte la question de la ventilation.

Les polluants concernés sont nombreux et les risques associés ne sont pas tous bien cernés. Au premier rang des substances incriminées, il faut citer l'amiante dont l'utilisation dans les bâtiments et les impacts potentiels sur la santé sont traités dans d'autres chapitres de ce rapport.

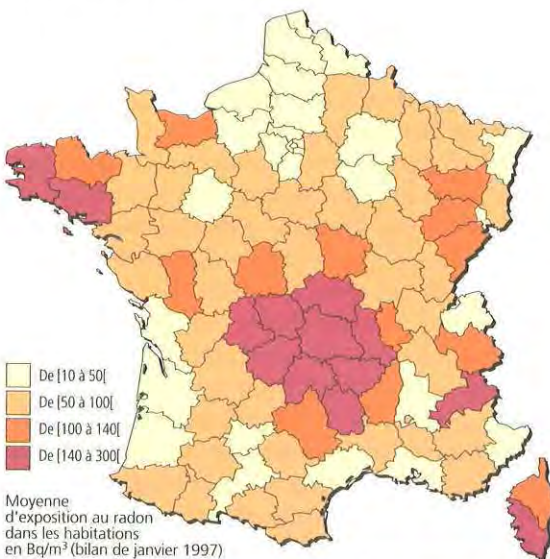
La radioactivité

La radioactivité d'origine naturelle

Les rayonnements naturels sont la principale cause de l'irradiation* de l'homme. Ils y contribuent pour 58 % contre 41 % pour les expositions médicales et 1 % lié aux activités nucléaires, industrielles et militaires (UNSCEAR et IPSN). Les sources naturelles sont les rayonnements cosmiques (7 % de l'irradiation totale), telluriques (11 %), le radon (34 %) et les éléments radioactifs trouvés dans l'eau et l'alimentation (6 %). La radioactivité naturelle varie selon les régions. Les rayonnements des sols et le radon, en

particulier, sont plus importants sur les terrains granitiques, riches en uranium et en thorium.

Le radon est un gaz radioactif qui provient de la désintégration de l'uranium de la croûte terrestre. Le Centre international de recherche sur le cancer l'a classé parmi les cancérigènes pulmonaires en 1987. Le radon pénètre dans les maisons par les fissures ou passages de canalisations et tend à se concentrer dans les endroits clos (cave, vide sanitaire), faiblement ventilés. En France, les plus fortes concentrations à l'intérieur des maisons s'observent dans les régions granitiques (Massif central, Bretagne, Corse, etc.). La concentration moyenne en radon dans l'air des habitations, calculée sur la base des 11 000 mesures réalisées en France par l'IPSN, s'élève à 66 Bq/m³. Elle est supérieure à celle de la Grande-Bretagne (20 Bq/m³ calculée à partir de 300 000 mesures).



Le radon dans l'habitat

Source : IPSN.

Il n'existe pas en France de réglementation sur la concentration en radon dans les habitations. Cependant, la Commission européenne recommande de prendre les dispositions nécessaires pour réduire cette concentration lorsqu'elle dépasse 400 Bq/m³ dans les habitations existantes (révision des dispositifs de chauffage-ventilation) et de s'assurer que la valeur de 200 Bq/m³ ne sera pas dépassée dans les logements neufs. Selon l'IPSN, 300 000 habitations individuelles présentent aujourd'hui des concentrations moyennes annuelles supé-

rieures à 400 Bq/m³ et on compte environ 60 000 maisons au-dessus du seuil de 1 000 Bq/m³. Suite à la publication de ces résultats, les secrétaires d'État au Logement et à la Santé ont annoncé, début 1998, que des mesures systématiques seraient prescrites dans les bâtiments accueillant du public dans les départements les

Les unités de mesure de la radioactivité

■ L'activité d'un échantillon s'évalue par le nombre de désintégrations par seconde qui s'y produisent. On l'exprime en becquerel (1 Bq = 1 désintégration par seconde). Quelques exemples de radioactivité naturelle (ordres de grandeur) :

- eau de mer : 12 Bq/l,
- eau minérale naturelle : 0,03 à 3 Bq/l,
- lait : 40 Bq/l,
- sable : 50 à 1 000 Bq/kg,
- poisson : 30 à 400 Bq/kg.

■ Les rayonnements ionisants cèdent de l'énergie à la matière qu'ils traversent. Ce transfert d'énergie ou dose absorbée s'exprime en gray (1 Gy = 1 joule/kg de matière). On utilise également le débit de dose absorbée, qui correspond à la quantité d'énergie reçue par la matière irradiée par unité de masse et par unité de temps (1 Gy/h = 1 joule par kg de matière et par heure).

■ Lorsque la matière traversée est un organisme vivant, on évalue la nocivité potentielle de la dose absorbée ou équivalent de dose en sievert (Sv). Le dégât biologique subi par un tissu vivant irradié par unité de temps, ou débit d'équivalent de dose, est exprimé en sievert par heure (Sv/h).

La réglementation sanitaire française en vigueur (décret 66-450 modifié par le décret 88-521) fixe la dose maximale pour le public à 5 mSv/an pour la radioactivité d'origine artificielle. Elle doit s'aligner avant mai 2000 sur la nouvelle directive Euratom de 1996, qui impose une limite de dose pour le public de 1 mSv/an. La directive Euratom a pour base scientifique les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique formulées par un collège international d'experts en protection radiologique.

Sur la base de cette réglementation, des valeurs guides de concentration des radioéléments dans l'eau de consommation, le lait, les légumes à feuilles, les aérosols de l'air ont été calculées à partir des limites maximales admissibles d'incorporation dans l'organisme des radioéléments.

plus exposés et qu'une information des populations serait organisée. Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) estime pour sa part qu'en dessous d'une concentration de 1 000 Bq/m³, des actions correctrices importantes ne sont pas justifiées, et qu'au-delà, une meilleure ventilation ou la mise en place de dalles étanches peuvent suffire à réduire notablement les concentrations.

Les rejets radioactifs gazeux

L'Opri fixe la nature, la fréquence, la localisation et les modalités de surveillance de l'impact des rejets radioactifs gazeux dont l'explo-

tant de chaque installation nucléaire de base (INB) doit s'acquitter. Outre ces programmes réglementaires spécifiques, l'Opri dispose de son propre réseau de mesure indépendant. Pour la surveillance de l'impact des rejets atmosphériques, les contrôles effectués portent sur l'air au niveau du sol, la pluie et l'exposition aux alentours du site. La production agricole à proximité des sites, la flore et la faune, qui pourraient être affectées par les rejets atmosphériques, sont également surveillées.

Autour du **site de retraitement de la Hague** (Cogema) sont implantées cinq stations (dont une de l'Opri) de prélèvements en continu des poussières atmosphériques. Trois stations de prélèvements (dont une de l'Opri) contrôlent l'eau de pluie. Dix dosimètres intégrateurs* sont répartis à la limite du site et 31 dosimètres de l'Opri, situés aux alentours, mesurent le rayonnement γ ambiant*. Les résultats montrent que l'impact de l'usine sur la qualité de l'air n'est pas détectable (activités α et β) et que la dose d'exposition mesurée à la limite du site n'est pas significative.

Au minimum trois à quatre stations atmosphériques de surveillance sont implantées en périphérie des **centres d'études nucléaires du CEA**, l'une d'elles étant située sous les vents dominants. Les eaux de pluie sont également contrôlées. L'exposition au rayonnement ambiant est comprise entre 60 et 90 nGy/h. Ces niveaux sont très en deçà de la valeur limite fixée par le décret du 18 avril 1988 (570 nGy/h). La radioactivité ambiante autour des sites du CEA ne se distingue pas de celle enregistrée par l'Opri dans des sites éloignés de toute installation nucléaire.

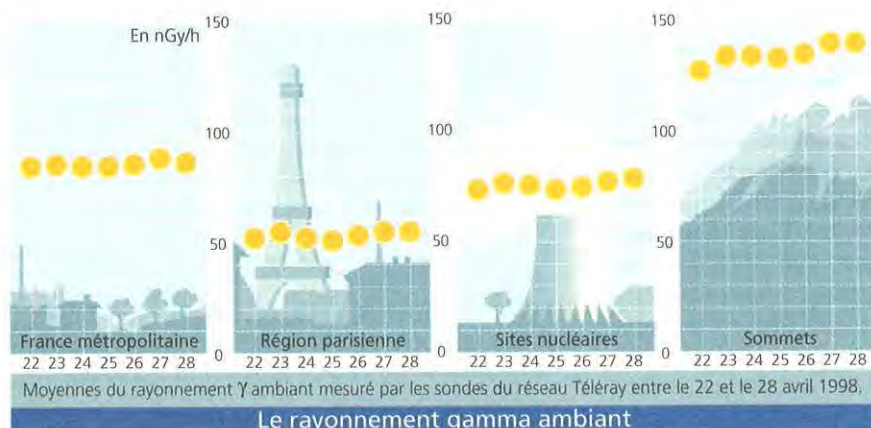
Dans les **centres de production d'électricité nucléaire**, aucune activité n'a été relevée dans l'eau de pluie. L'irradiation externe n'est pas significative.

Les paramètres principaux de qualité de l'air mesurés autour des deux **sites miniers d'uranium** en activité gérés par



L'Office de protection contre les rayonnements ionisants (Opri)

Spécialement chargé des questions de radioprotection, l'Opri est un établissement public placé sous la double tutelle du secrétariat d'État à la Santé et du ministère de l'Emploi et de la Solidarité. L'Opri intervient lors de la création de nouvelles installations nucléaires et contrôle par la suite que l'exploitant respecte les valeurs limites autorisées et les modalités de rejets radioactifs fixées par les pouvoirs publics. Il procède à des contrôles fréquents et réguliers dans de nombreux points du territoire et surveille de manière permanente le rayonnement γ ambiant (en nGy/h) grâce au réseau national de mesure Téléray, dont les informations sont accessibles au public par Minitel (3614 TELERAY). Début 1998, le réseau Téléray est constitué de 172 sondes réparties sur l'ensemble du territoire. De plus, le réseau Hydrotéléray, constitué de cinq sondes, mesure en continu l'activité volumique de cinq grands fleuves.



Source : Opri (Téléray).

la Cogema (division minière de l'Hérault et complexe minier de Jouac) sont la teneur en radon 222 et ses descendants, qui permet de calculer l'exposition interne due à l'inhalation, et le rayonnement ambiant qui permet le calcul de l'exposition externe. Tant dans le cas de l'inhalation que de l'irradiation, les valeurs mesurées restent dans les limites de fluctuation de celles du milieu naturel.

Les réponses

La qualité de l'air fait l'objet de réglementations au niveau communautaire et national.

À l'échelle européenne

Quatre directives européennes ont été adoptées entre 1980 et 1992. Chacune vise un polluant spécifique (SO₂ et particules en suspension, plomb, NO₂, ozone troposphérique). La dernière en date (directive 92/72/CEE sur l'ozone) établit une procédure de surveillance et d'échange de données harmonisée à l'échelle européenne. C'est la première directive qui fixe un seuil au-delà duquel le public doit être informé par les médias et la presse écrite. Cette directive n'impose pas cependant aux États membres de prendre des mesures de limitation des émissions en cas de dépassement des seuils.

La directive-cadre 96/62/CE définit les principes de base d'une stratégie commune pour fixer des objectifs de qualité de l'air dans l'Union européenne. Elle prévoit une évaluation de la qualité de l'air et la mise en place de systèmes d'information du public. Elle envisage également la définition, par le biais de directives-filles de valeurs limites et de seuils d'alerte pour treize polluants dont sept non encore visés par la législation communautaire (benzène, monoxyde de carbone, hydrocarbures aromatiques polycycliques, cadmium, arsenic, nickel et mercure). Le 8 octobre 1997, la Commission européenne a présenté la première proposition de directive-fille fixant de nouvelles valeurs limites pour le SO₂, les NO_x, les particules et le plomb. Ce texte devrait être suivi en 1998 par une deuxième proposition de directive-fille sur l'ozone et une troisième visant le benzène et le monoxyde de carbone. Enfin, une quatrième proposition portant sur les quatre métaux lourds et les HAP est prévue pour 1999.

À l'échelle nationale

La loi sur l'air et sur l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 est le principal instrument juridique réglementant la qualité de l'air. Cette loi transpose en droit national français les dispositions de la directive-cadre 96/62/CE et prévoit plusieurs mesures pour améliorer la qualité de l'air, dont :

- l'extension de la couverture géographique du dispositif de surveillance. Des réseaux doivent avoir été mis en place au plus tard :
 - au 1^{er} janvier 1997, dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants,
 - au 1^{er} janvier 1998, dans les agglomérations de 100 000 à 250 000 habitants,
 - au 1^{er} janvier 2000, dans l'ensemble du territoire national ;



C. Weiss - Ademe

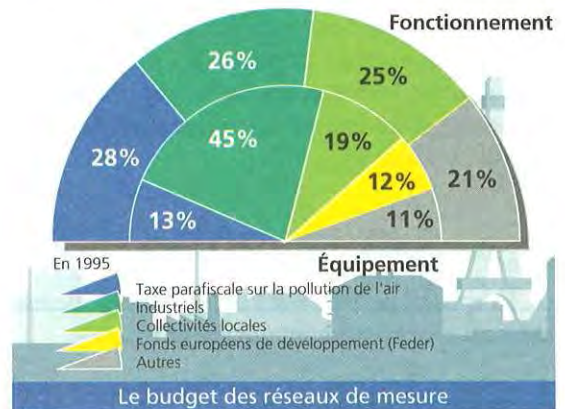
Contrôle de l'air à Rouen.

- l'affirmation du droit à l'information sur la qualité de l'air et les effets de la pollution sur la santé et l'environnement ;
- l'adoption de plans régionaux pour la qualité de l'air fixant des orientations permettant de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique ;
- l'adoption de plans de protection de l'atmosphère pour toutes les agglomérations de plus de 250 000 habitants ainsi que pour les zones où les valeurs limites établies sont dépassées ou risquent de l'être ;
- l'adoption de plans de déplacements urbains définissant les principes d'organisation des transports et de la circulation. Ces plans doivent être orientés, entre autres, vers la diminution du trafic automobile et le développement des transports collectifs et des moyens de déplacement économes en énergie ;
- la mise en œuvre de mesures d'urgence : lorsque les seuils d'alerte sont atteints ou

risquent de l'être, le préfet doit prendre des mesures visant à limiter la pollution. La gratuité des transports en commun est assurée en cas de restriction ou de suspension de la circulation des véhicules décidée par le préfet dans le cadre d'une procédure d'alerte.

En 1995, le budget total des réseaux s'est élevé à 103 millions de francs, dont 68 millions de francs pour le fonctionnement et 35 millions de francs pour l'investissement en équipements. Les collectivités territoriales y contribuent à hauteur de 25 % pour le fonctionnement et de 19 % pour l'équipement. La taxe parafiscale sur la pollution atmosphérique versée à l'Ademe par les industries et autres établissements rejetant des polluants dans l'atmosphère a permis de financer les réseaux, entre

1991 et 1995, à hauteur de 306 millions de francs dont plus de la moitié (161 millions de francs environ) représente les sommes déduc-



Source : Ademe.



Qualité de l'air ambiant

■ Directive du Conseil n° 96/62/CE du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant. Il s'agit d'une directive cadre qui poursuit plusieurs finalités : établir des objectifs de qualité de l'air dans l'Union européenne afin de protéger la santé humaine et l'environnement ; évaluer sur la base de méthodes et de critères communs la qualité de l'air ambiant dans les États membres ; fournir des informations au grand public ; améliorer la qualité de l'air dans les zones où elle est dégradée et empêcher sa détérioration dans les zones où elle est acceptable (JOCE n° L 296 du 21 novembre 1996).

■ Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (loi « Lepage ») : ce texte énonce le principe selon lequel « chacun a droit à respirer un air qui ne nuise pas à la santé » (JO du 1^{er} janvier 1997).

■ Décret n° 96-335 du 18 avril 1996 relatif à la qualité de l'air : il procède à la transposition de la directive 92/72/CEE, concernant la pollution de l'air par l'ozone, en modifiant plusieurs articles du décret n° 74-415 du 13 mai 1974 relatif au contrôle des émissions polluantes dans l'atmosphère et à certaines utilisations de l'énergie thermique ; il précise notamment les conditions d'information de la population et les procédures d'alerte dont l'organisation est confiée au préfet (JO du 20 avril 1996).

■ Arrêté du 22 janvier 1997 créant une zone de protection spéciale (ZPS) en Île-de-France : ce texte institue une ZPS contre les pollutions atmosphériques, dans tous les départements de la région d'Île-de-France ; cette ZPS est divisée en deux zones

géographiques : Z1 (75, 92, 93 et 94) et Z2 (77, 78, 91 et 95) (JO du 30 janvier 1997).

■ Arrêté interpréfectoral n° 97-10628 du 11 avril 1997 : il s'agit du premier arrêté interpréfectoral de ce type pris en application de la loi sur l'air du 30 décembre 1996, qui précise les mesures applicables en cas de pic de pollution atmosphérique pour la mise en place de la circulation alternée, dans la région Île-de-France (BMO de Paris du 22 avril 1997).

■ Circulaire DGS-VS3/DPPR-SEI n° 96-470 du 13 juillet 1996 relative à la stratégie de communication et d'information concernant la pollution de l'air par l'ozone : elle précise la procédure d'information de la population en cas d'apparition de niveaux élevés d'ozone dans l'air (non publiée au JO).

Réseaux de mesure de la qualité de l'air

■ Décision du Conseil n° 97/101/CE du 27 janvier 1997 : elle établit un échange d'informations et de données provenant des réseaux et des stations individuelles mesurant la pollution de l'air ambiant dans les États membres ; elle précise notamment les polluants concernés et les informations à fournir par les États membres à la Commission ; les données communiquées sont retransmises aux États membres sous forme d'un rapport annuel établi par la Commission et rendu accessible au public (JOCE n° L 35 du 5 février 1997).

■ Arrêté du 22 décembre 1997 fixant la liste des trente-cinq associations de gestion de réseaux de mesure de la pollution atmosphérique agréées au titre de l'article 2 du décret n° 74-415 du 13 mai 1974 modifié pour la période du 1^{er} janvier au 31 décembre 1997 (JO du 7 mars 1998).

tibles de la taxe, versées directement aux réseaux par les industriels. L'autre moitié (145 millions de francs) correspond au montant des aides à la surveillance générées par le produit de la taxe. Depuis 1996, dans le cadre de la loi sur l'air, environ 200 millions de francs par an de crédits complémentaires ont été dégagés pour le financement des réseaux.

Perspectives

Des sondages d'opinion récents confirment l'attente des Français pour une reconquête de la qualité de l'air, en particulier dans les zones urbaines. La Communauté européenne et le Gouvernement français ont déjà mis en œuvre un certain nombre de mesures réglementaires, scientifiques et techniques, mais beaucoup de chemin reste à faire, en particulier pour renforcer les actions de prévention et progresser dans la connaissance des effets des pollutions atmosphériques sur l'environnement et la santé.

L'extension du dispositif national de surveillance devrait se poursuivre dans les années qui viennent. La création de quatre nouvelles associations de gestion de réseaux est prévue pour 1998 : Valence (couvrant la Drôme et l'Ardèche), la Martinique, la Guadeloupe et la Réunion. Au 31 décembre 1997, une agglomération de plus de 250 000 habitants (Tours) et huit agglomérations de plus de 100 000 habitants (Angers, Avignon, Le Mans, Lorient, Maubeuge, Nîmes, Perpignan et Troyes) restaient à couvrir. Les réseaux de mesure devront également développer leurs dispositifs de mesure dans les zones rurales, notamment dans le cadre de la surveillance de la pollution par l'ozone.

Avec l'adoption au niveau communautaire, de valeurs limites et de seuils d'alerte pour certains polluants non encore visés par la législation (benzène, CO, HAP, certains métaux lourds), il sera nécessaire d'étendre le champ des polluants mesurés par les réseaux. Anticipant sur la législation, plusieurs d'entre eux ont d'ores et déjà commencé à mesurer le CO ou le benzène, le toluène et le xylène (BTX). La mise en place de trente-deux points de mesure BTX supplémentaires à travers le territoire national est, en outre, prévue pour 1998. Peut-être sera-t-il nécessaire d'aller encore plus loin : le corps médical réclame la surveillance des

aldéhydes, par exemple, classés cancérigènes probables par le Centre international de recherche sur le cancer.

Enfin, à l'échelle internationale, les scientifiques poursuivent leurs recherches sur l'appauvrissement de la couche d'ozone et les changements climatiques afin d'améliorer la connaissance des phénomènes et de répondre aux défis qui se poseront dans le troisième millénaire. Ces travaux devraient permettre aux pouvoirs publics de mieux orienter et cibler leurs politiques. ■

Pour en savoir plus...

- Andra, 1997, *Inventaire national des déchets radioactifs*, édition 1997.
- Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF), juin 1996, *L'ozone, indicateur majeur de la pollution photochimique en France : évaluation et gestion du risque sur la santé*, Tec & Doc Lavoisier.
- CSHPF, juillet 1996, *Pollution atmosphérique à l'intérieur des bâtiments : sources, expositions et risques sanitaires*, Tec & Doc Lavoisier.
- Mandil C. (sous la direction de), 1996, *L'énergie nucléaire en 110 questions*, ministère de l'Industrie, de la Poste et des Télécommunications, Le Cherche Midi.
- Ministère de l'Environnement (DPPR), 1998, *La qualité de l'air en France : bilan 1991-1996*.
Ministère de l'Environnement - Ademe, 1995, *La France et l'effet de serre*.
- Ministère du Travail et des Affaires sociales, DGS, mai 1996, *L'ozone, indicateur majeur de la pollution photochimique en France : un dossier questions-réponses*.
- Mouvier G., 1994, *La pollution atmosphérique*, collection Dominos, Flammarion.
- Observatoire régional de santé d'Île-de-France, décembre 1997, *Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique et santé : résultats 1991-1995*, programme Erpurs (évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé).

Aldéhydes : composés organiques comprenant un groupement —CHO , obtenu par oxydation d'un alcool primaire.

Composés organiques volatils (COV) : composés organiques gazeux présents dans l'atmosphère (hydrocarbures, aldéhydes, solvants, composés nitrés et sulfurés, etc.).

Concentration de l'air : la concentration d'un composé dans l'air peut s'exprimer :

- en concentration relative :
 - 1 ppmv de CO_2 = 1 partie par million en volume (sur un million de litres d'air, on trouve un litre de CO_2) ;
 - 1 ppbv = 1 partie par milliard en volume.
- en masse par unité de volume :
 - 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ = 1 μg (10^{-6} g) par m^3 d'air.

Dosimétrie : détermination de la dose de rayonnement absorbée par une substance ou un individu.

Irradiation : niveau d'exposition partielle ou globale d'un organisme ou d'un matériel à des rayonnements ionisants. L'irradiation externe résulte de l'exposition à un champ de rayonnement extérieur ; l'irradiation interne est due à des radioéléments se trouvant naturellement dans l'organisme (^{14}C , ^{40}K) ou y ayant pénétré accidentellement. On parle de contamination lorsqu'il y a contact avec un ou plusieurs radioéléments.

Morbidité : nombre de malades dans une population durant une période de temps déterminée.

Mortalité : nombre de décès dans une population durant une période de temps déterminée.

Niveau de pollution (selon les définitions utilisées dans le cadre de l'étude Erpurs) :

- le **niveau élevé** est le niveau de pollution atteint ou dépassé durant les 5 % de jours les plus pollués de la période de temps considérée (18 jours si c'est une année).
- le **niveau moyen** est le niveau atteint ou dépassé 50 % des jours de la période.
- le **niveau de base** est le niveau de pollution non dépassé durant les 5 % de jours les moins pollués de la période.

Percentile 98 annuel des moyennes journalières : valeur dépassée par 2 % des moyennes journalières de l'année (soit pendant sept jours de l'année dans le cas d'un fonctionnement sans interruption pendant 365 jours).

Rayonnement α , β , γ : la désintégration de certains noyaux atomiques instables entraîne l'émission de différents types de rayonnements dits ionisants, représentant une énergie capable d'arracher des électrons à la matière et donc de détruire les molécules. Les rayonnements n'ont pas tous la même force de pénétration. Les particules composant le rayonnement α sont des noyaux d'hélium 4. Très peu pénétrants, une simple feuille de papier arrête leur propagation. Les particules composant le rayonnement β sont des électrons. Un écran de quelques mètres d'air ou une feuille d'aluminium permettent de les arrêter. Le rayonnement γ est constitué de photons (rayonnement électromagnétique). Il est très pénétrant et des écrans de béton ou de plomb sont nécessaires pour s'en protéger. Des rayonnements de même énergie mais de types différents n'ont pas nécessairement des effets biologiques identiques. À énergie égale, un rayon α aura un effet plus important qu'un rayon γ .

Seuil d'alerte (à la population) : concentration d'un polluant au-delà de laquelle il existe un risque pour la santé humaine en cas d'exposition de courte durée et à l'apparition de laquelle des dispositions doivent être prises par les autorités.

Seuil pour l'information (de la population) : concentration d'un polluant au-delà de laquelle il existe des effets limités ou transitoires pour la santé humaine en cas d'exposition de courte durée pour des catégories de la population particulièrement sensibles (notamment enfants, asthmatiques et personnes âgées) et à l'apparition de laquelle des dispositions doivent être prises par les autorités.

Valeur guide : niveau utilisée comme référence, destiné à améliorer la protection de la santé et à contribuer à la protection à long terme de l'environnement.

Valeur limite : niveau impératif à ne pas dépasser sur l'ensemble du territoire en vue de protéger la santé humaine contre les effets d'un polluant.