

Présentation générale de la pollution de l'air

Par Sophie VASLIN-REIMANN
LNE

Le contexte général de la pollution atmosphérique est présenté en introduction de ce chapitre en lien avec les sources de celle-ci.

Les multiples origines de cette pollution sont ensuite évoquées, ainsi que certaines initiatives nationales et internationales mises en place en vue de la réduire.

Avec près de 48 000 décès prématurés chaque année en France, la pollution atmosphérique est le premier sujet de préoccupation environnementale des Français. Les effets des polluants atmosphériques sur la santé sont avérés et la pollution de l'air extérieur a été reconnue comme cancérigène pour l'homme par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). Bien qu'il soit complexe de calculer le coût social, économique et sanitaire de cette pollution, de tels calculs sont cependant régulièrement réalisés par des économistes, des épidémiologistes et des spécialistes de l'air. Ainsi, en avril 2013, le Commissariat général au développement durable (CGDD) a estimé le coût des impacts sanitaires associés à la pollution de l'air en France à un montant compris entre 20 et 30 milliards d'euros.

L'air est composé à 78 % d'azote, à 21 % d'oxygène et à 1 % d'autres gaz. D'après la loi LAURE sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie de 1996, la pollution atmosphérique est « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels et à provoquer des nuisances olfactives excessives. »

La notion de pollution atmosphérique s'applique donc à l'air que nous respirons. Elle concerne uniquement les plus basses couches de l'atmosphère, jusqu'à une altitude de quelques kilomètres au-dessus de la surface et se concentre dans ce que l'on nomme la couche limite. Cette notion de couche limite correspond à la partie de la troposphère impactée par la surface terrestre et au sein de laquelle les polluants peuvent se disperser et se mélanger.

La biosphère produit aussi naturellement des gaz et des particules qui se retrouvent dans l'atmosphère. C'est le cas de l'érosion éolienne, des hydrocarbures émis par la végétation, des productions de gaz provenant des décompositions bactériennes dans les sols et les eaux, des embruns marins souvent porteurs de détergents, etc. Ces sources de constituants sont appelées biogéniques.

Cependant, les activités humaines modifient ces émissions apportant alors une contribution à la pollution atmosphérique par rejet direct de composés gazeux (représentant plus de 95 % des masses globales de polluants rejetés dans l'air) ou de particules nocifs pour l'homme et la biosphère, qui proviennent des diverses activités humaines, industrielles, domestiques, agricoles, des transports, des combustions diverses, etc. Les polluants ainsi émis sont dits d'origine anthropique. Ainsi, l'agriculture modifie l'érosion éolienne et les émissions de gaz comme les oxydes d'azote avec l'utilisation d'engrais azotés qui perturbent le cycle naturel de l'azote.

Les polluants introduits directement dans l'atmosphère, ou qui proviennent de la modification des émissions naturelles de la biosphère, sont appelés des polluants primaires, tels que le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NO_x)... Un grand nombre d'entre eux vont réagir chimiquement, en particulier sous l'effet du rayonnement solaire, et donner de nouveaux constituants ou polluants secondaires, qui sont souvent plus agressifs pour l'environnement que ceux qui leur ont donné naissance. Il y a parmi ces polluants secondaires des acides forts, comme l'acide sulfurique et l'acide nitrique, ainsi que des oxydants puissants comme l'ozone (O_3). L'atmosphère est ainsi le siège d'une intense activité chimique, entre composés qui sont la plupart du temps à l'état de traces infimes. Les concentrations des constituants actifs, qui s'expriment souvent par le rapport de mélange volumique, peuvent être très faibles, de l'ordre de la ppt, c'est-à-dire un volume de polluant pour 1 000 milliards volumes d'air. Elles sont souvent de l'ordre de la ppb (partie pour milliard) ou de la ppm (partie pour million).

Les polluants atmosphériques

Les principaux polluants atmosphériques sont les suivants :

- Le dioxyde de soufre (SO_2)

La pollution atmosphérique au dioxyde de soufre (SO_2) provient principalement de la consommation de combus-

tibles fossiles (fuel, houille, etc.), qui contiennent souvent du soufre. En effet, les impuretés soufrées contenues dans ces combustibles sont oxydées par l'oxygène de l'air pour donner du dioxyde de soufre. La combustion du charbon représente par ailleurs 50 % des émissions globales annuelles de SO_2 , celle du pétrole de 25 à 30 %. Le dioxyde de soufre contribue à la formation de pluies acides dues à la génération d'acide sulfurique.

- Les oxydes d'azote (dont le NO , le NO_2 et le N_2O)

Les oxydes d'azote sont les formes oxydées de l'azote, telles que l'oxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2) : il s'agit des deux principaux gaz analysés dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air, car ils sont à l'origine de pluies acides et de la présence d'ozone dans la troposphère. S'y ajoutent le protoxyde d'azote (N_2O) et quelques autres encore. Ces gaz contribuent à l'odeur caractéristique de l'air urbain pollué par la circulation. Les oxydes d'azote proviennent, directement ou non, en grande partie de la combustion de combustibles fossiles dans les industries, mais surtout des véhicules automobiles roulant au diesel, dont les émissions d'oxydes d'azote sont diminuées grâce à des pots catalytiques.

- L'ozone (O_3)

Sous l'effet du rayonnement solaire, les oxydes d'azote (et, plus particulièrement, le dioxyde d'azote) réagissent avec des hydrocarbures imbrûlés et l'oxygène de l'air et se transforment alors en ozone (O_3). Ce gaz, qui protège notre planète des UV dans la stratosphère, est un polluant dans la troposphère, c'est-à-dire la couche la plus basse de l'atmosphère. En effet, étant un oxydant, l'ozone peut notamment brûler les végétaux les plus sensibles, voire empêcher la photosynthèse. Il peut également amener à la formation de pluies acides. Certes, les teneurs en ozone sont très faibles dans la troposphère (0,03 ppm en moyenne), mais elles peuvent augmenter avec la pollution : la dégradation de la qualité de l'air par l'ozone est donc problématique autour des grandes villes, et le problème s'aggrave en cas de canicule.

- Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz dangereux, car il est « invisible » : inodore et incolore, il est très toxique pour les mammifères et peut entraîner la mort. Il se forme à la suite de réactions incomplètes, lorsque la température excède les 950°C et que la quantité d'oxygène disponible est faible : le CO se forme alors au détriment du CO_2 . Le monoxyde de carbone est principalement produit dans les chaudières et les moteurs thermiques.

- Les composés organiques volatils (COV) et persistants (POP)

Les composés organiques volatils composés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, sont principalement issus de l'évaporation de solvants lors de l'application de produits en contenant ou encore de la dégradation de la biomasse.

Cependant, une partie de ces émissions est également issue de la consommation d'hydrocarbures ou des rejets de gaz par les raffineries. Les COV regroupent principalement le benzène, le formaldéhyde et l'isoprène, alors que les POP regroupent les HAP (hydrocarbures aromatiques

polycycliques) issus de la combustion de carburants automobiles, des combustions domestiques ou encore de la production d'énergie dans les centrales fonctionnant au pétrole ou au charbon. Les HAP, tels que le benzo[a]pyrène ou le benzo[a]anthracène sont toxiques, car ils peuvent entraîner des dysfonctionnements cellulaires en altérant l'ARN ou l'ADN, provoquant ainsi des mutations génétiques, voire des cancers. Outre le danger qu'ils représentent pour la santé, les COV interviennent également dans la production d'ozone dans la troposphère.

- Les métaux lourds : plomb (Pb), mercure (Hg), arsenic (As), cadmium (Cd), nickel (Ni), cuivre (Cu)...

Ces polluants proviennent essentiellement de la combustion des charbons, des pétroles, des ordures ménagères, mais aussi de la production industrielle (métallurgie...) ; le plomb provenait essentiellement de l'essence, jusqu'à son interdiction en 2000.

- Les particules en suspension

Communément appelées poussières, elles sont issues de la combustion d'énergies fossiles dans les véhicules, les centrales thermiques ou les industries, mais aussi de la combustion du bois. Elles sont classées en quatre catégories :

- Les PM_{10} ayant un diamètre inférieur à 10 micromètres : elles sont considérées comme dangereuses puisqu'elles peuvent s'infiltrer dans le corps. Cependant, elles se limitent pour la plupart au nez ou aux bronches.

- Les $\text{PM}_{2,5}$, dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres : appelées « particules fines », elles sont issues de la combustion de diesel, notamment dans les véhicules. Ce sont également les plus dangereuses pour la santé, car du fait de leur taille plus faible, elles peuvent pénétrer jusqu'aux alvéoles pulmonaires.

- Les $\text{PM}_{1,0}$, appelées les « particules très fines », dont le diamètre est inférieur à 1,0 micromètre.

- Les $\text{PM}_{0,1}$, appelées « particules ultra-fines » ou « nanoparticules », dont le diamètre est inférieur à 0,1 micromètre.

Les particules peuvent être des polluants primaires, lorsqu'elles sont directement émises dans l'atmosphère, ou secondaires lorsqu'elles sont générées à partir d'autres polluant dits « précurseurs ».

- L'ammoniac (NH_3)

L'ammoniac (NH_3) est un composé chimique émis par les déjections des animaux et les engrais azotés utilisés pour la fertilisation des cultures. Son dépôt excessif en milieu naturel peut conduire à l'acidification et à l'eutrophisation des milieux. De plus, il peut se recombinaer dans l'atmosphère avec des oxydes d'azote et de soufre pour former des particules fines ($\text{PM}_{2,5}$).

- Les polluants biologiques

Outre ces polluants classiques, les polluants biologiques, tels que les légionnelles, pollens, moisissures... contribuent également à la mauvaise qualité de l'air ambiant, en particulier lorsqu'ils sont associés à des particules sur lesquelles ils s'adsorbent, augmentant ainsi leur nocivité.

Les principales sources des polluants précités sont les suivantes (source : ADEME, septembre 2018) :

- Transports : 63 % des émissions de NO_x ;
- Résidentiel : 46 % des émissions de COV ;
- Industrie : 80 % des émissions de SO₂ ;
- Culture (élevage) : 97 % des émissions de NH₃.

Ces quatre sources sont également responsables des émissions de particules.

La pollution atmosphérique : des origines multiples

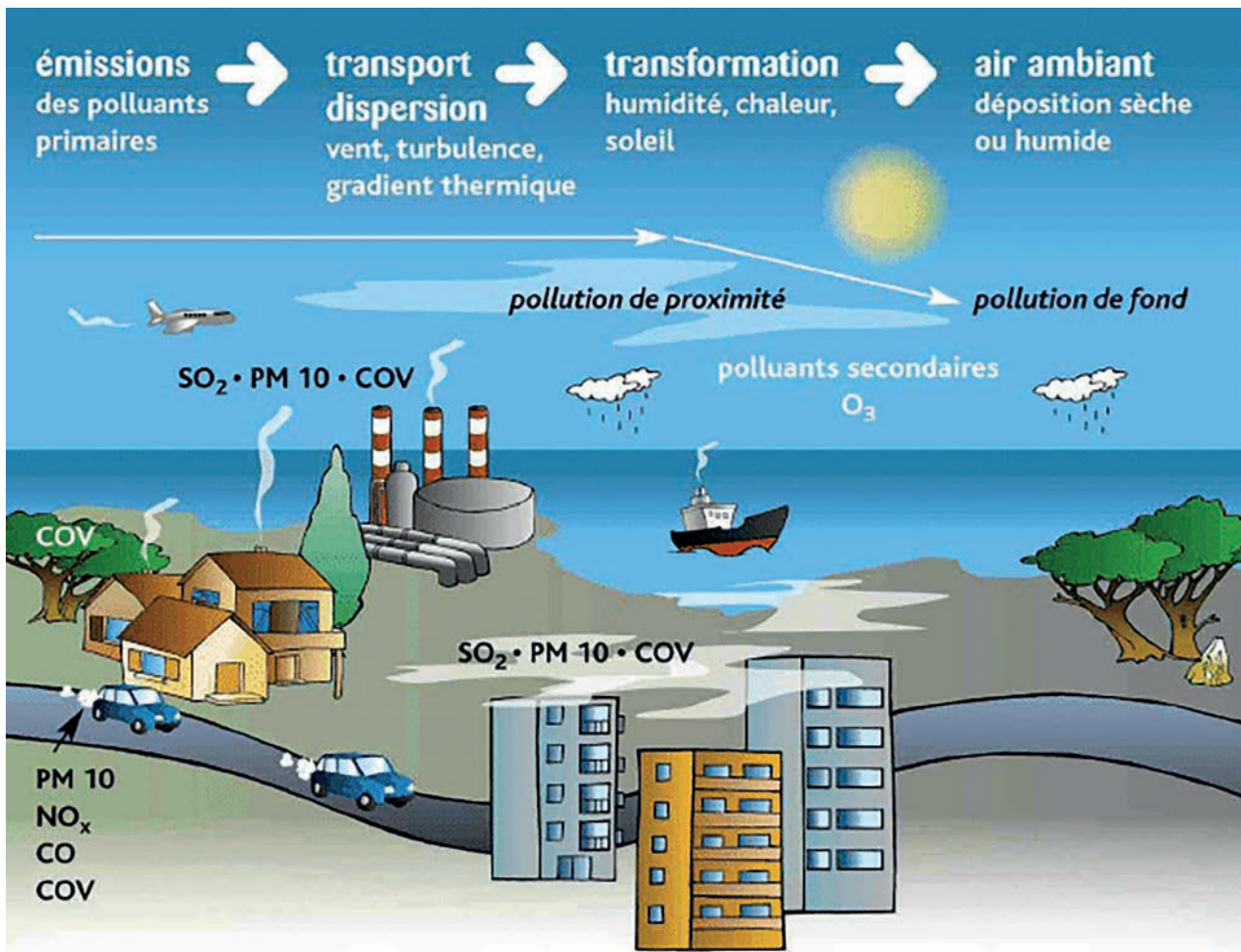
Comme nous venons de le voir, la pollution de l'air est la résultante de multiples facteurs contemporains : croissance de la consommation d'énergie ; développement des industries extractives, métallurgiques et chimiques, de la circulation routière et aérienne, de l'incinération des ordures ménagères, des déchets industriels, des épandages de pesticides en agriculture, etc. Elle sévit certes à son maximum d'intensité en zone urbanisée, non seulement en raison de la concentration des industries et des foyers domestiques, mais aussi à cause de la circulation des véhicules à moteur. Néanmoins, certains polluants sont sujets à une pollution diffuse et contaminent l'ensemble de l'atmosphère, et cela à une échelle globale. Ce sont, en particulier, les rejets de certains gaz à effet de serre, tels que le dioxyde de carbone, le méthane ou le protoxyde d'azote.

Ainsi, il n'existe pas une unique source de pollution atmosphérique, mais plusieurs : en effet, une activité industrielle ne dégagera pas les mêmes gaz polluants que les transports automobiles.

Cependant, une grande partie de ces polluants est issue de l'activité industrielle de l'homme et de la combustion d'énergies fossiles comme le montre l'image ci-après.

La pollution atmosphérique est surtout observable dans les grandes villes, mais elle varie dans le temps, dans l'espace et dans sa forme, du fait des déplacements de masses d'air au gré des vents et des réactions chimiques qui font apparaître de nouveaux éléments. Ainsi, un rejet de gaz ou de particules provenant d'une usine peut, après déplacement, se retrouver à plusieurs centaines, voire milliers de kilomètres. La dispersion des polluants et leurs concentrations dans l'atmosphère peuvent fluctuer en fonction de différents paramètres, tels que la variation dans le temps de l'intensité des émissions des différentes activités (en hiver, le chauffage est important), la topographie locale (vallée, bord de mer...), les conditions météorologiques (une atmosphère stable limite la dispersion des polluants et favorise les pics de pollution), ...

Les initiatives locales (incitations financières pour remplacer les vieux appareils de chauffage au bois...) ainsi que les réglementations nationales (vignette Crit'air ; « zéro pesticide »...), européennes (instauration d'une norme Euro sur les rejets gazeux pour les véhicules) et



internationales (Convention de Minamata ; Convention de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (1979)), se multiplient pour combattre cette pollution atmosphérique, les enjeux étant économiques, politiques et sanitaires. Par ailleurs, les citoyens étant de plus en plus sensibilisés aux effets néfastes de cette pollution sur leur santé (asthme, maladies cardiovasculaires, neurologiques, cancers, troubles de la fertilité...) et sur l'environnement (trou dans la couche d'ozone, pluies acides, eutrophisation des milieux aquatiques...), ils réclament des plans d'action efficaces.

Ces plans d'action ont permis la réduction de certains polluants, puisqu'en vingt ans, les émissions et les concentrations dans l'air extérieur du dioxyde de soufre, du monoxyde de carbone, de certains composés organiques volatils et du plomb ont ainsi fortement diminué, et qu'au cours des quinze dernières années, une diminution des concentrations de dioxyde d'azote et de PM_{10} a pu être constatée en France. Néanmoins, dans plusieurs zones urbaines françaises, les valeurs limites fixées par les directives européennes ne sont pas respectées pour ces polluants. Ce dépassement est d'autant plus préoccupant que l'Organisation mondiale de la santé préconise des valeurs encore inférieures à ces valeurs réglementaires.

Il reste encore beaucoup à faire. En effet, ce problème de la pollution atmosphérique est si complexe et multifactoriel, qu'il ne suffit pas toujours d'identifier les sources des émissions et de mesurer les polluants pour améliorer la qualité de l'air.

Par ailleurs, il ne faut pas oublier la pollution de l'air intérieur, car nous passons environ 80 % de notre temps dans des lieux fermés, en particulier dans nos logements où la qualité de l'air que l'on respire influe sur notre san-

té et notre confort. Elle peut parfois y être moins bonne qu'à l'extérieur : lorsque l'air intérieur est pollué, il l'est généralement de façon diffuse et continue. Les sources de polluants sont différentes ainsi que les polluants à rechercher, mais les plans d'action à mettre en place sont sans doute plus faciles à construire (renouvellement de l'air, confinement...).

Références

Loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (Loi Laure), <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/1996/12/30/96-1236/jo/texte>

ADEME (2018), Guide « Comment respirer un air de meilleure qualité ? ».

AL BARAKEH Z. (2012), « Suivi de pollution atmosphérique par système multi-capteurs – Méthode mixte de classification et de détermination d'un indice de pollution », École nationale supérieure des Mines de Saint-Étienne, 17 décembre.

DUCHÉ S. (2014), thèse « La pollution de l'air en région parisienne : exposition et perception sur les sites touristiques », Université Paris Diderot – Paris 7 École doctorale : ED-38224, mars.

<https://atmo-france.org/>

<https://www.citepa.org/fr/>

<http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=2169>

http://www.aria.fr/pollutant_dispersal.php

<https://www.encyclopedie-environnement.org/air/les-pollutions-de-lair/>

<https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/pollution-sont-differents-types-pollutions-atmospheriques-344/>

<https://www.universalis.fr/encyclopedie/pollution/5-la-pollution-atmospherique/>

http://www.piaf-archives.org/sites/default/files/bulk_media/m08s3/co/m8section3_12.html