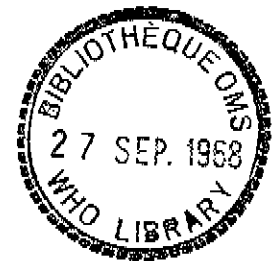




COLLOQUE SUR LES CLIMATS URBAINS ET LA CLIMATOLOGIE  
APPLIQUEE A LA CONSTRUCTION

Bruxelles, 15-25 octobre 1968



LES ASPECTS MEDICAUX DE LA POLLUTION DE L'AIR DANS LES VILLES

par

A. Lafontaine,  
Directeur de l'Institut d'Hygiène  
et d'Epidémiologie (Bruxelles)

DEFINITIONS ET LIMITES DU THEME

Il n'est pas inutile, au début de cet exposé, de définir ce qu'on entend par santé, par pollution, par villes.

La santé doit être comprise dans le sens qu'entend l'OMS, c'est-à-dire "un état de bien-être physique, mental et social". Cette définition positive doit faire considérer la pollution de l'air non seulement comme le rejet dans l'atmosphère de substances nocives mais aussi comme toute altération de la composition de l'air ambiant par une modification qualitative de sa composition moyenne normale ou toute présence de substances gazeuses, liquides ou solides, quelle qu'en soit la source, susceptibles de nuire à la santé ou de créer un inconfort.

Une telle définition introduit dans le débat certaines altérations quantitatives, comme les variations de la teneur en vapeur d'eau. Elle oblige par ailleurs à considérer, à côté des polluants nocifs pour l'homme, les contaminations simplement désagréables comme certaines odeurs ou à évaluer, à côté des menaces directes pour l'organisme, le retentissement sur l'homme et sur son comportement, des conséquences de la pollution sur l'environnement (nuisances aux animaux, dégâts aux plantes, dommages aux biens et aux sites).

Les termes "quelle qu'en soit la source" signifient qu'il faut considérer et les sources naturelles de pollution et celles qui découlent de l'activité humaine. Le fait que ce symposium concerne le contexte urbain nous permet de nous limiter essentiellement à ces dernières.

Toutefois, nous ne voudrions pas que l'on néglige les divers polluants naturels dont l'importance apparaît dès que l'on veut parler de la composition normale moyenne de l'air : nous devons en effet constater qu'à côté de l'azote, de l'oxygène et des gaz rares, l'air normal contient de l'acide carbonique (300 ppm en v/v), de l'hydrogène (0,5 ppm en v/v), du méthane (2,2 ppm en v/v), du protoxyde d'azote (1 ppm en v/v), de l'ozone (de 0 à 5 ppm/m<sup>3</sup> au niveau du sol).

The issue of this document does not constitute formal publication. It should not be reviewed, abstracted or quoted without the agreement of the World Health Organization. Authors alone are responsible for views expressed in signed articles.

Ce document ne constitue pas une publication. Il ne doit faire l'objet d'aucun compte rendu ou résumé ni d'aucune citation sans l'autorisation de l'Organisation Mondiale de la Santé. Les opinions exprimées dans les articles signés n'engagent que leurs auteurs.

L'air normal contient en outre une quantité plus ou moins importante de vapeur d'eau. Celle-ci est fonction de la température et de l'état de saturation; elle peut jouer un rôle important dans certaines manifestations d'inconfort (humidité relative trop basse ou trop élevée) ou intervenir dans l'action de certains toxiques. Enfin l'air normal peut contenir des composants liés à certaines circonstances locales ou momentanées : oxydes d'azote formés par les décharges électriques au cours des orages, acide sulfhydrique provenant de dégagements de gaz naturels ou de la putréfaction de matières organiques, anhydride sulfureux, acide fluorhydrique et acide chlorhydrique émis lors de phénomènes volcaniques, poussières et aérosols d'origine naturelle (particules salines provenant de la mer, particules telluriques, météoriques ou végétales, particules microbiennes et pollens, particules et gaz radioactifs naturels). La présence de ces composants d'origine naturelle dans l'air normal a été une des raisons de la création du réseau Rossby-Egner institué par l'Institut météorologique international. Ce réseau s'est attaché à évaluer la teneur moyenne de divers composants dans un air considéré comme normal : des chiffres ont pu ainsi être obtenus pour le soufre, le sodium, le potassium, l'azote ammoniacal, l'azote nitrique, le magnésium, le calcium.

La connaissance de la concentration moyenne de certains de ces composants dans l'air normal est indispensable à trois points de vue : l'appréciation des pollutions liées à une hausse de ces composants, la fixation de normes de qualité, l'étude des effets à longue distance et à longue échéance de certaines pollutions.

Nous ne voudrions pas terminer ce chapitre introductif sans nous attarder au sens à donner au mot "villes". Si nous nous référons par exemple à la réglementation canadienne, nous constatons qu'il y est fait une distinction entre zone urbaine définie comme couvrant tout territoire ayant une densité de population supérieure à 390 habitants/km<sup>2</sup> ainsi que la zone avoisinante dans un rayon de 8 km à partir des limites de la zone habitée, et zone rurale définie comme comprenant tout territoire non compris dans la définition de la zone urbaine. Une telle distinction ferait que des pays entiers comme la Belgique et les Pays-Bas ou des régions entières comme l'est de l'Allemagne ou le nord de l'Italie devraient être considérés comme des villes.

Nous pensons préférable de ne pas proposer de limites chiffrées et de considérer comme ville l'assemblage d'un grand nombre d'habitations humaines disposées par rues formant un ensemble sur le plan administratif et économique et ayant des conditions de vie communes.

La vieille notion d'enceinte a disparu : malheureusement pour la précision de la définition, heureusement pour les risques de pollution. Il faut inclure dans la ville l'ensemble géométrique couvert par l'habitat et l'industrie; par contre, il nous paraît préférable d'en exclure la zone rurale avoisinante où la pollution d'origine urbaine peut certes jouer un rôle, mais dont la délimitation dépend plus de facteurs topographiques et climatiques que de facteurs géographiques. Enfin, une telle conception de la ville permet de faire plus aisément la somme des effets des diverses nuisances sur l'homme : pollution de l'air, pollution de l'eau, bruit, conditions de logement, etc.

#### NATURE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE DANS LES VILLES

Après ce préambule, nous rappellerons les polluants qui, dans l'état actuel de nos connaissances, doivent surtout retenir l'attention des médecins : nous devons être prudents dans une telle énumération car les progrès scientifiques peuvent diminuer l'importance accordée antérieurement à certains toxiques comme l'oxyde de carbone, mais peuvent aussi faire apparaître des risques méconnus comme l'asbestose.

Nos connaissances sont encore souvent fragmentaires : les divers produits émis dans l'air par les moteurs à combustion ou les installations de chauffage sont loin d'être tous connus. Beaucoup d'études épidémiologiques antérieures pèchent du fait que les témoins ont été

mal choisis ou du fait qu'il y a discordance chronologique entre les dosages effectués et les effets étudiés dont le temps de latence peut parfois se mesurer en décennies. Enfin, pour tenir compte de la définition positive de la santé, précisée dans le préambule, nous devons envisager non seulement les substances nocives mais aussi les substances dont la concentration dans l'air créent un inconfort : c'est ainsi que dans la liste des produits pris actuellement en considération par le Royaume-Uni<sup>1</sup> figurent des substances qui ne gênent que par leur odeur nauséabonde.

Les polluants présents dans l'atmosphère atteignent généralement l'homme par les muqueuses des voies aériennes supérieures et par le système respiratoire. Mais ils peuvent également exercer une action délétère au niveau de la peau ou des muqueuses conjonctivales. Ils peuvent, après inhalation, être rejetés par les bronches et les poumons et pénétrer ainsi dans le système digestif. Par ailleurs, l'atmosphère peut servir de vecteur à des polluants qui parviennent à l'homme par la voie de l'eau ou d'aliments contaminés : c'est le cas des retombées radioactives. La pollution associée à des conditions météorologiques particulières peut retentir sur le climat urbain et favoriser, voire provoquer la formation de brouillards et de smogs : les conséquences de ceux-ci sur la santé résultent en grande partie d'actions directes sur l'organisme mais peuvent aussi provenir d'incidences inattendues comme les accidents de circulation et les perturbations psychiques liées à la modification du milieu. Enfin, on peut observer des réactions chimiques en chaîne qui font que l'agent nocif n'est pas le polluant émis mais un produit résultant d'interactions physico-chimiques comme dans le cas des smogs oxydants de Los Angeles.

Compte tenu des réserves que nous venons d'énumérer et sans considérer certains produits chimiques spécifiques qui peuvent être rejetés localement par certaines industries, nous proposons la classification suivante des polluants des villes selon leur nature chimique :

- les composés sulfurés : H<sub>2</sub>S et sulfures, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sulfates
- les composés carbonés : CO, CO<sub>2</sub>, aldéhydes, cétones, acides organiques
- les halogènes : Cl<sub>2</sub>, HCl et chlorures, HF et fluorures
- les oxydants et composés oxygènes : O<sub>3</sub>, NO, N<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>
- l'ammoniac
- les hydrocarbures : aliphatiques ou aromatiques, saturés ou non saturés
- les éléments toxiques : Se, Be, As, Sb, Mn, Mo, Si, V
- les métaux lourds : Fe, Pb, Zn, Cd
- les substances radioactives.

<sup>1</sup> Sont considérés comme nocifs ou nauséabonds les corps désignés ci-après : acide sulfurique et anhydride sulfurique; acide chlorhydrique; acide sulfureux et anhydride sulfureux; acide nitrique et oxydes d'azote générateurs d'acide; chlore et ses composés acides; brome et ses composés acides; iode et ses composés acides; fluor et ses composés acides; arsenic et ses composés acides; cadmium et ses composés acides; ammoniac et ses composés acides; composés de cyanogène; pyridine; sulfure de carbone; chlorure de soufre; acétylène; hydrogène sulfuré; composés organiques volatils du soufre; vapeurs des usines de benzène; fumées des cimenteries; fumées des usines de goudron; fumées des usines de paraffine; fumées des usines de paraffine contenant des composés soufrés; fumées contenant du cuivre, du plomb, de l'antimoine, de l'arsenic, du zinc, de l'aluminium, du fer, du silicium, du calcium ou leurs composés; vapeurs contenant du chlore ou ses composés; fumées, suies et poussières; vapeurs contenant de l'uranium, du béryllium, du sélénium, du sodium, du potassium ou leurs composés; oxyde de carbone; anhydride acétique et acide acétique; aldéhydes; amines; vapeurs contenant du chrome, du manganèse, du magnésium, du molybdène, du phosphore, du titane, du tungstène, du palladium ou leurs composés; anhydride maléique, acide maléique et acide formique; produit contenant de l'hydrogène résultant de l'oxydation partielle des carbures d'hydrogène; anhydride phtalique et acide phtalique; picolines. S'il y a lieu, d'autres fabrications peuvent être placées sous contrôle et la liste des produits peut être modifiée par arrêté (GB).

Nous y ajouterons :

- les substances organiques à odeur nauséabonde ou désagréable
- les pesticides, substances de composition chimique définie mais diverses, mais constituant un tout quant à leur utilisation
- les substances de composition généralement complexe telles les fumées, les suies, les poussières, les particules végétales, les pollens, les microbes.

Bien que les pesticides, les pollens, les microbes et les particules végétales jouent en principe un rôle plus important dans la pollution en milieu rural, leur présence est souvent loin d'être négligeable dans l'air des villes.

Parallèlement à la nature chimique des polluants, il faut tenir compte dans leur répercussion sur l'organisme de leur état physique, notamment de la dimension et de la charge des particules : certaines de celles-ci, inertes par elles-mêmes, peuvent d'ailleurs servir de noyaux de condensation à d'autres facteurs d'agression.

Enfin, les conditions d'ambiance, toutes choses restant égales d'ailleurs, peuvent jouer un rôle important dans l'action des polluants : en ce qui concerne les villes, la température, les phénomènes de turbulence, l'ensoleillement, les précipitations atmosphériques, en un mot le microclimat, doivent être pris en considération.

#### ORIGINE DES POLLUTIONS EN MILIEU URBAIN

Nous serons très brefs en ce qui concerne ce chapitre qui sera développé par d'autres orateurs et nous nous contenterons d'énumérer les sources qui, dans l'état de nos connaissances, sont considérées comme les plus menaçantes dans les villes et doivent, en conséquence, être l'objet d'une attention particulière.

En ce qui concerne la pollution extérieure, c'est-à-dire celle qui est mesurée dans le milieu en dehors des locaux d'habitation, la part la plus importante revient aux combustions servant à la production d'énergie au niveau industriel ou domestique ou pour les engins de transport. Dans certaines circonstances locales, on retiendra plus particulièrement les produits émis par l'industrie, la vaporisation des liquides ou la pulvérisation de matériaux solides; la vaporisation des liquides provient surtout de la manipulation des carburants ou de l'usage de substances volatiles dans l'industrie. La pulvérisation des matières solides provient de certains travaux de génie civil, de certaines techniques industrielles ou de l'abrasion réalisée par les engins de transport (particules d'asbeste produites lors du freinage, arrachement par abrasion du revêtement routier).

La pollution à l'intérieur des locaux d'habitation ne peut être négligée puisque nous passons plus des deux tiers de notre existence dans des maisons, dans des bureaux, dans des salles de réunion.

La pollution est jusqu'à un certain point fonction du milieu extérieur ambiant quoique l'on constate parfois des différences sensibles (par exemple la teneur en  $SO_2$  est généralement à l'intérieur d'une maison plus de deux fois moindre que dans le milieu extérieur connexe). A cette pollution qu'on pourrait appeler de base s'ajoutent des polluants locaux. Ceux-ci proviennent des appareils de chauffage, des manipulations culinaires, des matériaux de recouvrement et des produits de nettoyage et d'entretien. Il faut y ajouter les fumigants provenant de l'usage du tabac et une série de substances diverses résultant des habitudes modernes de vie : je songe notamment à l'emploi de plus en plus étendu de pulvérisateurs pour des buts très variés (bombes insecticides, bombes à cosmétiques, "space sprays", bombes pour cirer ou peindre).

Nous plaçant sous l'angle des effets sur la santé, nous proposons la classification suivante pour les polluants produits par l'activité humaine :

- pollutions extérieures d'origine industrielle liées aux combustibles utilisés et aux produits spécifiques mis en oeuvre
- pollutions extérieures d'origine domestique liées aux combustibles utilisés pour le chauffage et la cuisine
- pollutions extérieures dues à l'utilisation des moteurs à explosion dans les transports
- pollutions extérieures provenant de l'évaporation des combustibles ou de la pulvérisation de matériaux solides
- pollutions intérieures provenant des conditions de vie domestiques.

#### NATURE DES RISQUES POUR LA SANTE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE URBAINE

Nous envisagerons ce chapitre surtout sous l'angle de la toxicologie et de la pathologie : nous étudierons brièvement dans le chapitre suivant les principales manifestations morbides qui pourraient être provoquées ou considérablement influencées par la pollution.

Nos connaissances proviennent soit de constatations cliniques ou anatomopathologiques chez l'homme, soit d'études épidémiologiques, mais plus souvent elles dérivent d'expériences faites sur l'animal (avec toutes les difficultés qu'entraîne la transposition des résultats de l'animal à l'homme). Nous devons reconnaître que même pour un polluant bien identifié, nombre d'incertitudes persistent : aussi ne faut-il pas s'étonner que bien des progrès restent à réaliser pour les actions globales des polluants, pour les effets de concomitance ou de synergie, pour la détermination du rôle des produits mal définis ou non encore identifiés.

Pour ce chapitre, la classification peut être basée sur des principes fort divers. On peut en effet envisager :

- 1) les risques liés à certains polluants spécifiques comme, par exemple, l'oxyde de carbone, le béryllium ou l'asbeste et les risques liés à une pollution d'ensemble telle que celles produites par les combustions utilisées pour la production d'énergie dans l'industrie, dans les locaux domestiques ou dans les moteurs à explosion;
- 2) les accidents aigus ou subaigus comme ceux observés dans la vallée de la Meuse et les effets à longue échéance comme le cancer du poumon;
- 3) les risques pour le système respiratoire comme l'œdème du poumon ou la bronchite chronique et les effets systémiques comme l'intoxication oxycarbonée ou à distance comme les mésothéliomes de l'asbestose;
- 4) les actions non cancérogènes et les actions cancérogènes;
- 5) les effets toxiques ou irritants classiques en opposition avec certaines réactions plus particulières en raison de la nature de l'agresseur (bactéries et virus, substances radioactives) ou en raison de la nature des manifestations (phénomènes de sensibilisation, répercussions psychosomatiques).

Pour la facilité de l'exposé, nous choisirons une classification hybride et nous examinerons successivement :

- a) les polluants irritants gazeux
- b) les polluants irritants non gazeux

- c) les polluants non irritants
- d) les polluants à effets généraux sur l'organisme
- e) les polluants à effets cancérogènes
- f) les polluants à effets allergéniques
- g) les polluants microbiens
- h) les polluants à effets sensoriels.

Nous y ajouterons quelques mots sur les cas où la pollution atmosphérique sert de vecteur à l'agent nocif mais où la pénétration dans l'organisme ne se fait pas par la voie aérienne : il s'agit notamment de la contamination des produits ingérés par des retombées.

Cette classification n'est certes pas absolue : des produits non irritants comme la simple vapeur d'eau peuvent par exemple servir de véhicules des toxiques hydrosolubles.

#### A. Les polluants irritants gazeux

La zone de l'appareil respiratoire sur laquelle agit un gaz irritant dépend en partie de son hydrosolubilité : pour autant que les lésions qu'il provoque n'entraînent pas de spasmes réflexes des bronchioles, un gaz fort hydrosoluble irrite d'abord et surtout les voies aériennes supérieures. Si le gaz est peu hydrosoluble ou si le gaz hydrosoluble est porté par des aérosols, il peut par contre atteindre les parois alvéolaires, y provoquer des lésions ou franchir ces parois et provoquer une action systémique.

Il faut noter que la gravité de la réponse d'un tissu à un gaz ne dépend pas nécessairement de la concentration et de la durée d'exposition : une même dose de gaz étalée dans le temps peut ne causer pratiquement aucun dégât mais, inhalée en un court laps de temps, peut provoquer des lésions importantes parfois irréversibles.

Trois de ces gaz, l'anhydride sulfureux, l'ozone et les oxydes d'azote présents dans l'air pollué des villes ont été plus particulièrement étudiés : beaucoup les considèrent à l'heure actuelle comme les principaux agresseurs sans que l'on puisse affirmer qu'un jour prochain une substance plus rare mais infiniment plus dangereuse retiendra l'attention.

L'anhydride sulfureux provient surtout du soufre contenu dans les combustibles fossiles. Les quantités émises sont énormes : on les évalue pour New York par exemple à environ 1 500 000 tonnes par an (Greenburg et Jacobs). Il irrite les muqueuses de l'oeil et du nez, mais il agit surtout sur les bronchioles en provoquant une sécrétion accrue de mucus, voire une véritable inflammation de la muqueuse avec desquamation et réaction ultérieure d'épaississement (bronchite chronique) : le froid semble aggraver les réactions. Il existe chez l'homme des réactions d'hypersensibilité et des manifestations de tolérance sans que l'on en connaisse bien le mécanisme. Ces différences se manifestent aussi bien au niveau de la conjonctive qu'au niveau du rhino-pharynx et du poumon. Par ailleurs, les réactions cliniques sont aggravées par certains états de fragilité physiologiques ou pathologiques de l'organisme; en général, les porteurs d'une affection pulmonaire d'origine microbienne ou les cardiaques sont nettement plus sensibles que les individus normaux.

En présence de certains catalyseurs, comme certaines particules métalliques, l'anhydride sulfureux peut s'oxyder en anhydride sulfurique (qui peut être émis aussi lors de certains processus de combustion) : celui-ci est beaucoup plus irritant encore et peut provoquer des bronchospasmes à des concentrations relativement faibles.

L'ozone semble surtout provenir de certaines réactions photochimiques où la lumière solaire et les oxydes d'azote jouent un rôle : c'est le cas des smogs oxydants de Los Angeles. L'ozone pénètre rapidement jusqu'aux alvéoles pulmonaires, plus rapidement que l'anhydride sulfureux : même à faibles doses il provoque des irritations des bronchioles dont les parois

s'épaississent. Cette action peut se doubler d'une action mutagène dont les risques ne sont pas encore bien évalués.

Les oxydes d'azote (protoxyde d'azote, oxyde nitrique, anhydride nitreux, anhydride nitrique, peroxyde d'azote), souvent groupés sous le vocable "vapeurs nitreuses", proviennent surtout de la combustion des huiles minérales et de certains processus industriels. A côté d'une action irritante analogue à celle de l'anhydride sulfureux, ils interviendraient au niveau cellulaire en bloquant certains processus d'oxydation. De plus, ils participent avec les ultraviolets solaires à un processus photochimique complexe qui aboutit à la production d'ozone. L'hypothèse d'une action méthémoglobinisante ne doit pas être retenue pour les concentrations que l'on peut rencontrer dans un air même fortement pollué.

L'ammoniac est aussi un gaz doué de propriétés fortement irritantes sur les muqueuses et les voies respiratoires : toutefois, les concentrations rencontrées dans l'air des villes et sa tendance à se combiner aux anhydrides présents ne doivent pas le faire considérer comme préoccupant sauf dans certaines pollutions très localisées d'origine industrielle.

#### B. Polluants irritants non gazeux

On y range les particules solides et liquides qui ne sédimentent pas rapidement en raison de leurs dimensions. Si celles-ci dépassent le micron, elles sont généralement éliminées par les muqueuses des voies aériennes supérieures (rhino-pharynx, trachée et grosses bronches) qu'elles peuvent toutefois irriter sérieusement. Si les dimensions sont inférieures au micron, elles peuvent parvenir jusqu'aux alvéoles. Arrivées à ce niveau, elles peuvent soit s'y maintenir, soit en être éliminées plus ou moins rapidement suivant l'amplitude et le rythme des mouvements respiratoires : ce qui signifie que les individus sains se débarrassent plus facilement des particules inhalées que les individus à fonction respiratoire compromise.

Certaines particules retenues peuvent être solubilisées dans les liquides alvéolaires et de là être rejetées ou passer dans les liquides interstitiels du parenchyme et finalement gagner les vaisseaux lymphatiques et sanguins. Si elles sont insolubles, les particules peuvent traverser la paroi alvéolaire et gagner les interstices pulmonaires et les voies lymphatiques provoquant une réaction nocive : la fibrose.

C'est le cas notamment de certaines particules solides de silice, d'asbeste, de fer ou de certaines formes de carbone. En ce qui concerne l'asbeste, un phénomène de migration important peut être observé avec irritation à distance allant jusqu'à la transformation maligne (mésothéliome pleural ou péritonéal).

Notons encore que les substances irritantes gazeuses ou non gazeuses peuvent jouer un rôle nocif indirect : l'irritation qu'elles provoquent peut accroître la vitesse d'absorption par le sang d'autres agents nocifs potentiels (Taplin et col.) ou favoriser l'action locale de certains cancérigènes (Kotin et col.).

#### C. Polluants non irritants

Certains polluants de l'air ne causent pratiquement aucune irritation des muqueuses ou des voies aériennes. Ils pénètrent dans l'organisme par les poumons et à partir de là ils subissent un véritable métabolisme pouvant aboutir à l'excrétion par les reins, le foie ou le tractus intestinal ou à l'accumulation spécifique dans certains organes.

Nous réétudierons certains de ces produits dans la classe des polluants à action générale sur l'organisme, mais il faut considérer surtout ici les substances qui, bien que présentes dans l'air, ne paraissent entraîner aucun effet toxique décelable même après exposition très prolongée. Cette notion sera reprise au chapitre des seuils de toxicité : elle

est surtout liée au facteur de concentration et aux possibilités de la défense de l'organisme. Il est même vraisemblable que beaucoup de polluants de l'air rentrent dans cette catégorie : Heimann a osé écrire que sauf certaines conditions particulières aucun effet toxique général sur l'organisme humain n'a été signalé à la suite de l'exposition prolongée à de faibles taux de pollution urbaine. Il est par ailleurs indiscutable que certaines substances éminemment toxiques par elles-mêmes et présentes dans l'atmosphère des villes jouent un rôle peu important dans la pollution urbaine moyenne : c'est le cas de l'oxyde de carbone. Celui-ci, en raison de son pouvoir de diffusion, atteint rarement des concentrations préoccupantes et de plus l'existence d'un oxycarbonisme chronique est fortement contestée. C'est aussi le cas du plomb, du moins en ce qui concerne l'inhalation : provenant essentiellement du plomb tétraéthyl utilisé dans les carburants automobiles, il se trouve sous forme de particules qui ont tendance à sédimenter rapidement. Je tiens toutefois à préciser que la constatation de l'absence d'effets délétères de certains polluants, du moins aux concentrations auxquelles ils peuvent être rencontrés dans l'air des villes, sera peut-être un jour controuvée lorsque certaines méthodes d'investigation, comme les cultures de tissus et les techniques cytochimiques fines, seront plus largement utilisées.

#### D. Polluants à effets généraux sur l'organisme

Nous envisageons ici une série de substances dont l'action est prouvée ou du moins très probable, mais nous reprendrons dans un chapitre indépendant les produits à action cancérogène.

Nous avons signalé plus haut que l'oxyde de carbone ne joue pas un rôle préoccupant dans la pollution moyenne d'une ville. Toutefois, dans certaines zones à trafic automobile intense, son apparition en quantité considérable dans les gaz de combustion des moteurs tournant au ralenti peut entraîner des concentrations localement gênantes : on a atteint 100 ppm dans certaines villes américaines. A de telles concentrations, la formation de carboxyhémoglobine peut être suffisante pour gêner le transfert de l'oxygène et favoriser, chez des personnes dont le système circulatoire est compromis, des phénomènes d'anoxémie du côté cérébral ou du côté myocardique.

Nous avons également parlé du plomb. Bien qu'en moyenne la quantité émise par un véhicule automobile atteigne un kilogramme par an, la charge individuelle en plomb n'a guère augmenté chez les citadins, sauf chez des individus vivant aux abords immédiats des axes très fréquentés, encore que les taux relevés sont loin en-dessous du niveau toxique probable. Des études devront toutefois être faites pour savoir si ces énormes quantités de plomb ne peuvent pas intervenir dans un cycle biologique qui pourrait aboutir à l'homme.

Le béryllium et le manganèse ont été mis en avant par certains auteurs. Toutefois, les observations de lésions éventuellement dues à ces métaux se rapportent à des individus vivant à proximité immédiate d'usines manipulant ces substances. En tout cas, il n'apparaît pas que ces deux produits, aux concentrations où on les retrouve dans l'air urbain, y jouent un rôle préoccupant.

En ce qui concerne le fluor, nous considérerons d'abord l'action irritante de l'acide fluorhydrique dont le mécanisme d'action se rapproche de celui de l'anhydride sulfureux : il ne se rencontre toutefois qu'accidentellement dans l'air des villes à un taux qui pourrait être préoccupant. Les fluorures ont retenu plus activement l'attention en raison des cas de fluorose constatés chez des ruminants paissant aux abords d'aciéries, fabriques d'aluminium, usines d'engrais artificiels : il s'agit dans ces cas d'une pollution par dépôt superficiel sur les pâtures et de contamination éventuelle de l'eau et non d'une intoxication par inhalation. Aussi devons-nous considérer le risque provenant des fluorures présents dans l'air des villes comme nul d'autant plus que l'action des faibles doses de fluor serait plutôt bénéfique.

Parmi les métaux lourds, le cadmium a retenu l'attention au cours de ces dernières années en raison de son pouvoir d'accumulation dans l'organisme (un rein humain augmente sa teneur en cadmium de 100 à 1000 fois au cours de l'existence) et en raison de sa toxicité élevée. Certains auteurs ont avancé l'hypothèse que le cadmium serait responsable de certaines affections rénales ou cardio-circulatoires mais, s'il en est ainsi, il est vraisemblable que d'autres voies que l'inhalation sont en cause.

Les isotopes radioactifs présents dans l'air des villes, en dehors des substances radioactives naturelles, proviennent essentiellement des explosions nucléaires expérimentales. Le contrôle de leur présence dans l'air est précieux pour prévoir l'évolution de la contamination ambiante, mais la quantité de radio-isotopes qui pénètrent dans l'organisme par inhalation reste très faible par rapport à celle qui provient de l'ingestion d'aliments contaminés directement ou indirectement par les retombées. Toutefois, le risque d'introduction d'une grosse particule d'émetteurs  $\alpha$  (mais submicroscopique à l'échelle dimensionnelle) peut poser un grave problème d'irradiation locale : heureusement la probabilité en est rare et les poussières de plutonium retombent à une distance généralement courte par rapport à l'endroit de l'explosion.

Les pollutions radioactives d'origine industrielle sont peu à prendre en considération dans les villes parce que la planologie a écarté de celles-ci les grandes installations nucléaires.

L'emploi sans cesse croissant des pesticides peut poser des problèmes. Si les risques provenant de leur présence dans l'atmosphère intérieure des locaux sont évidents, il semble que la présence de puissants agents organo-chlorés ou organo-phosphorés dans l'air ambiant ne soit pas toujours négligeable même dans les villes : les organo-chlorés, en raison de leur stabilité chimique et de leur tendance à l'accumulation dans certains tissus, devraient être surtout étudiés.

#### E. Polluants cancérogènes

L'existence de cancers d'origine professionnelle explique que l'on ait cherché à retrouver les agents étiologiques à l'extérieur des lieux de travail. Toutefois, à côté des cancérogènes spécifiques d'origine industrielle, on a découvert dans l'air des composés organiques polycycliques provenant des combustions tels le 3,4-benzopyrène et certains hydrocarbures aliphatiques provenant notamment des vaporisations.

Lorsqu'on parle de cancer provoqué par la pollution de l'air, on évoque immédiatement le cancer du poumon. Le rôle des polluants atmosphériques n'est pourtant pas aussi important ni même aussi évident qu'on ne l'a prétendu. Le nombre de cancers du poumon a suivi dans les dernières décennies une courbe de fréquence croissante aussi bien dans les villes qu'en dehors des villes : toutefois l'augmentation de la fréquence a été plus rapide dans les villes et le taux atteint est également plus élevé.

Il n'est pas illogique d'admettre, parmi les multiples causes possibles, la pollution atmosphérique sans que l'on connaisse encore la nature exacte des composants chimiques responsables ou favorisants.

Par ailleurs, des extraits de l'air urbain administrés à l'animal ont indiscutablement provoqué des cancers. De plus, on a pu caractériser la présence dans les poumons et dans les ganglions bronchiques et médiastinaux de citadins parisiens morts accidentellement une substance répondant aux caractéristiques analytiques du 3,4-benzopyrène. Enfin, il existe une corrélation entre le cancer du poumon et la bronchite chronique, la fréquence de celle-ci étant indiscutablement accrue par la pollution de l'air. Les observations épidémiologiques

ont en outre montré qu'une certaine corrélation existerait également entre la pollution de l'air et le cancer de l'estomac. D'ailleurs, la substance que nous venons de citer et qui répond aux caractéristiques analytiques du 3,4-benzopyrène se retrouve également dans les ganglions lombaires et iliaques ainsi que dans le foie et la rate : elle est plus abondante chez les sujets âgés que chez les sujets jeunes.

Parmi les substances douées ou suspectes d'action cancérogène présentes dans l'atmosphère, une importance croissante est accordée aux différents nitro-aminés, produits notamment par certaines combustions.

Les traces de béryllium, de molybdène et d'arsenic pourraient également jouer un rôle favorisant dans l'éclosion du cancer du poumon (Burn & Pemberton).

En terminant ce chapitre, il est bon de rappeler qu'en ce qui concerne les agents cancérogènes, il faut tenir compte de la somme totale des doses absorbées quels que soient leur fractionnement dans le temps et le jeu des éliminations et des destructions métaboliques.

#### F. Polluants à action allergénique

Les manifestations cliniques sont essentiellement de l'asthme ou des rhinites et des conjonctivites allergiques.

Les allergènes aéroportés responsables sont essentiellement d'origine naturelle, ce qui ne veut pas dire qu'ils ne soient pas parfois engendrés par l'activité humaine : minoteries, boulangeries, filatures, pelleteries et peausseries, usines de traitement des poils, soies et crins ou du jute, usines de préparation de l'huile de ricin peuvent, entre autres industries, être responsables de leur production.

Les pollens et les champignons microscopiques constituent les éléments les plus importants dans le groupe des polluants à action allergénique. La preuve la plus évidente en est constituée par les poussées de rhinite allergique accompagnée ou non d'asthme qui touchent de manière saisonnière les citadins presque autant que les ruraux. Les pollens de graminées et d'armoïse sont ceux qui sont le plus souvent en cause.

Peut-être a-t-on accordé trop peu d'attention jusqu'à présent à ces polluants allergéniques qui touchent dans certains cas 5 à 10 % de la population et qui peuvent entraîner une diminution de la résistance aux autres facteurs d'agression.

A côté des allergies végétales, certains produits chimiques ont été incriminés (béryllium, cobalt, anhydride sulfureux, paraphénylènediamine) : même si leur action est réelle, leur rôle dans l'air des villes est en tout cas négligeable.

#### G. Polluants microbiens

La présence de bactéries et de virus dans l'air est ubiquitaire, mais l'air des villes peut en contenir des quantités considérables : à Paris, par exemple, on a dénombré 600 à 800 colonies/m<sup>3</sup> dans les lignes de métro courtes et de 1500 à 2500 colonies/m<sup>3</sup> dans les lignes très fréquentées et entièrement souterraines. Parmi ces germes, il y a un certain nombre d'agents pathogènes : leur fréquence augmente forcément là où la densité humaine est plus élevée. Sans en revenir à la théorie des miasmes, la transmission aérogène de certaines infections ou de germes susceptibles de contaminer les denrées doit être envisagée de plus près dans le contexte urbain. Il faut non seulement considérer les maladies pour lesquelles des particules infectantes sont rejetées par le malade et peuvent toucher les voisins, comme c'est le cas dans la tuberculose pulmonaire, mais aussi les affections que pourrait causer la présence diffuse dans l'air de germes pathogènes comme les staphylocoques par exemple.

## H. Polluants à effets sensoriels

L'air ambiant est parfois imprégné d'odeurs qui ne sont nullement dues à la présence de gaz toxiques mais qui peuvent paraître répugnantes ou simplement désagréables, ne fut-ce qu'au point de vue esthétique : elles sont insalubres parce qu'elles nuisent au bien-être de l'homme et peuvent même provoquer des nausées et des vomissements.

Quand la suppression de la source est possible, il faut y recourir. Nous sommes par contre opposés aux substances qui, pulvérisées dans l'air, suppriment la perception de l'odeur désagréable : ces dernières substances peuvent en effet ne pas être inoffensives et peuvent aussi bloquer le signal d'alarme que constitue la sensation olfactive à l'égard de certains polluants dangereux.

L'odorat n'est pas le seul sens à pouvoir être incommodé par la pollution; la vue peut être considérablement gênée par les poussières, les fumées, les brouillards et les smogs, même en dehors de tout problème de toxicité.

Les conséquences peuvent en être multiples et toucher la vie sociale et économique et même le comportement psychique des individus : les tendances dépressives paraissent nettement plus fréquentes dans les contrées fort polluées à brouillards fréquents, encore qu'il faille tenir compte de l'existence d'autres facteurs étiologiques.

On peut rapprocher des effets sensoriels les répercussions sur l'homme des dégâts aux plantes, aux habitations et aux monuments.

On peut, par ailleurs, rapprocher des effets des polluants sur la visibilité leur action sur la transmission de la lumière solaire. Les ultraviolets peuvent être absorbés et ne plus jouer leur rôle bactériostatique et bactéricide. Si cette absorption est prolongée, on pourrait admettre également qu'ils ne peuvent plus jouer leur rôle physiologique sur la transformation de l'ergostérol en vitamine D au niveau de la peau et à la limite favoriser le rachitisme.

## I. Polluants vecteurs de la contamination des produits ingérés

Les particules émises dans l'atmosphère ont tendance à sédimenter plus ou moins rapidement en créant des dépôts superficiels au moins désagréables au point de vue de l'esthétique. Cette sédimentation ou le rabattement des particules par les précipitations atmosphériques peut entraîner des substances toxiques dans les eaux qui serviront aux captages ou provoquer après un cycle plus ou moins complexe une contamination des denrées alimentaires consommées par l'homme.

Nous avons évoqué plus haut l'intoxication fluorée qui peut survenir chez un bovidé qui paît de larges surfaces de prairies contaminées par des poussières de fluorures. Un phénomène analogue se produit pour certaines substances radioactives comme le strontium ou l'iode, mais dans ce cas le radio-isotope est éliminé dans le lait avec un facteur de concentration qui dépasse 1000 : ce lait est consommé par l'homme.

Cet exemple de cycle biologique parcouru par un polluant est encore relativement simple. Il en existe de bien plus complexes. Il importe donc de savoir si des phénomènes analogues n'existent pas pour d'autres substances dangereuses, notamment pour celles qui ont une tendance à l'accumulation dans les tissus : nous songeons entre autres au plomb, au cadmium, au vanadium.

### Principales affections provoquées ou défavorablement influencées par la pollution de l'air des villes

L'ampleur que nous avons donnée au chapitre précédent nous permet de réduire considérablement celui-ci où nous citons les principaux syndromes cliniques qui pourraient être causés ou influencés par la pollution de l'air. La bronchite chronique tient certainement la première place avec ses corollaires, l'asthme et l'emphysème :

- la bronchite chronique se définit cliniquement par la toux et l'expectoration d'origine bronchitique, au moins 3 mois par an, pendant au moins deux années consécutives,
- l'asthme est une dyspnée paraxystique liée à un rétrécissement diffus et réversible de l'arbre bronchique,
- l'emphysème est défini anatomiquement par une augmentation de la taille des espaces aériens distaux avec destruction des parois.

Il est naturellement difficile de fixer la part exacte qui revient à la pollution dans leur genèse : si l'on ne considère que les facteurs toxiques ou d'irritation présents dans l'air, il faut par exemple tenir compte des effets de l'exposition à une atmosphère polluée sur les lieux de travail et les habitudes tabagiques.

La pollution de l'air peut jouer un certain rôle dans l'étiologie du cancer du poumon (il s'agit en fait de cancers bronchiques) mais d'autres facteurs interviennent : on peut entre autres affirmer que, dans de nombreux pays, l'importance de la pollution atmosphérique est moindre que celle de la consommation de cigarettes.

Le cœur pulmonaire chronique peut résulter de la surcharge imposée au ventricule droit par les modifications de la circulation pulmonaire, celles-ci résultant notamment de la bronchite chronique, de l'asthme, de l'emphysème. La pollution peut intervenir comme facteur étiologique de ces affections pulmonaires ou comme facteur aggravant d'une atteinte pulmonaire préexistante : ce dernier fait explique nombre des accidents aigus ou subaigus observés lors des grandes pollutions classiquement signalées (vallée de la Meuse, Donora, Londres).

En nous limitant à une courte description de ces trois syndromes cliniques, nous ne voulons nullement écarter d'autres affections qui peuvent être causées par la pollution : par exemple, nous avons cité les conjonctivites et les rhinites irritatives ou allergiques. Par exemple, encore, nous avons évoqué les mésothéliomes que pourraient causer les particules d'asbeste arrachées aux freins de voitures ou des poussières d'asbeste dispersées par l'industrie. Nous ne voulons pas non plus négliger les relations possibles entre la pollution de l'air et l'augmentation globale de la mortalité et de la morbidité : toutefois, ces relations n'ont pourtant pas été démontrées jusqu'à présent.

### Niveaux d'action toxique, seuil de nocivité et limitations tolérables

L'étude des divers polluants atmosphériques a poussé les chercheurs à leur appliquer les niveaux de toxicité définis par l'OMS.

Niveau 1. La concentration ou l'intensité et la fréquence et la durée d'exposition sont égales ou inférieures aux valeurs pour lesquelles, dans l'état actuel de nos connaissances, aucun effet direct ou indirect, y compris une modification des réflexes ou des réactions d'adaptation ou de protection, ne peut être observé.

Niveau 2. La concentration ou l'intensité et la fréquence et la durée d'exposition sont égales ou supérieures aux valeurs pour lesquelles il y aura probablement une irritation des organes des sens et des effets défavorables sur le milieu.

Niveau 3. La concentration ou l'intensité et la fréquence et la durée d'exposition sont égales ou supérieures aux valeurs pour lesquelles il y aura probablement maladie aiguë ou mort prématurée dans les groupes vulnérables de population.

Toutefois, la fixation de tels niveaux reste difficile

- parce que la nature des polluants est très variée et que nombre d'entre eux sont inconnus, mal définis, difficilement dosables ou mal connus en ce qui concerne leur action toxique à long terme,
- parce que des facteurs différents de la concentration, de l'intensité, de la fréquence ou de la durée d'exposition jouent un rôle important, tels l'état physique des particules et les conditions climatiques ou météorologiques,
- parce que la limitation des groupes vulnérables de la population n'est pas chose aisée.

On comprendra qu'il est, par conséquent, beaucoup plus difficile de fixer des seuils de nocivité et d'admettre des limites tolérables pour les divers polluants de l'atmosphère ambiante que pour les polluants des lieux de travail.

De plus, il faut tenir compte des cycles biologiques parcourus par le toxique lorsque le polluant n'est que le vecteur transitoire : c'est le cas, par exemple, pour certaines substances radioactives.

Ces réserves ne veulent pas dire qu'il ne faut pas tendre à l'établissement de niveaux guides que les autorités pourraient utiliser pour baser des réglementations ou décider certaines mesures. Nous disons bien niveaux guides et non limites tolérables, parce que les chiffres devront pouvoir être adaptés à certaines circonstances de temps et de lieu et à certaines données démographiques, sociales, météorologiques et climatiques : souhaitons qu'en ce qui concerne ces deux dernières, le présent symposium apporte aux médecins et aux hygiénistes la réponse à certaines de leurs difficultés.

#### CONCLUSIONS

Cet exposé montre que nous avons un certain nombre de connaissances concernant les effets de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé humaine : il reste beaucoup de lacunes à combler et il faudra encore de nombreuses années avant qu'il ne soit répondu à toutes les questions.

Toutefois, nous pouvons affirmer que la pollution peut être dangereuse : les incidences de la vallée de la Meuse en 1930, de Donora en 1948, de Londres en 1952 et les smogs de Los Angeles suffisent à le démontrer. De plus, elle entraîne une série de désagréments pour la santé et de nuisances à l'environnement qui finissent par retentir sur l'homme. Rien que du point de vue sanitaire, il est donc logique de la prévenir ou d'en pallier les inconvénients, en particulier dans les villes : une telle entreprise sera d'autant plus facilement réalisée qu'aux inconvénients sanitaires s'ajoutent des conséquences économiques et esthétiques parfois désastreuses. Il importe toutefois que les mesures entreprises contre la pollution de l'air ne fassent pas oublier la lutte contre d'autres nuisances provenant du milieu ambiant (pollution de l'eau, bruit, contamination des denrées, etc.) et qu'elles restent sages, tenant compte de certaines exigences inéluctables, telles que la nécessité de se chauffer ou de préparer la nourriture. Les actions doivent porter essentiellement sur la source des pollutions en réduisant autant que possible la quantité de polluants dangereux émis, sur les conditions d'émission dans l'air des déchets polluants et sur l'aménagement du territoire. Ces actions doivent être complétées par des enquêtes épidémiologiques, par des recherches cliniques, toxicologiques et analytiques, par des études technologiques sur les moyens de réduire les polluants à la source ou à l'émission et par une meilleure éducation sanitaire des professionnels et de la population : l'aide que météorologistes et climatologistes peuvent nous apporter, à nous hygiénistes, est essentielle à la fois pour mieux reconnaître les phénomènes, pour mieux les comprendre et pour décider de certaines mesures palliatives ou préventives.