

Ce rapport exprime les vues collectives d'un groupe international d'experts et ne représente pas nécessairement les décisions ou la politique officiellement adoptées par l'Organisation mondiale de la Santé.

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ
SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES

N° 271

LES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Rapport d'un Comité d'experts de l'OMS

	Pages
1. Introduction	3
2. Bilan des progrès accomplis dans la lutte contre la pollution de l'air	3
3. Problèmes d'intérêt international concernant la pollution de l'air	8
4. Normalisation internationale en matière de pollution de l'air: nomenclature, unités et méthodes de mesure	10
5. Critères et indices de la pureté de l'air	14
6. Enquêtes et recherches récentes sur la pollution de l'air	16
7. Recommandations	18

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ

GENÈVE

1964

COMITÉ OMS D'EXPERTS DES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

Genève, 15-21 octobre 1963

Membres :

- M. W. Dümmer, Jefe, Sección de Terapia Ocupacional, Servicio Nacional de Salud, Santiago, Chili
- Dr K. Horiuchi, Professeur de Médecine préventive et de Santé publique, Ecole de Médecine de l'Université municipale d'Osaka, Osaka, Japon
- Dr P. J. Lawther, Director, Medical Research Council, Air Pollution Research Unit; Consultant Physician in Environmental Medicine, St Bartholomew's Hospital, Londres, Angleterre (*Rapporteur*)
- M. V. G. MacKenzie, Chief, Division of Air Pollution, United States Public Health Service, Washington, D.C., Etats-Unis d'Amérique (*Président*)
- Professeur V. A. Rjazanov, Directeur de l'Institut d'Hygiène générale et municipale, Moscou, URSS (*Vice-Président*)
- Professeur R. Truhaut, Directeur du Laboratoire de Toxicologie et d'Hygiène industrielle de la Faculté de Pharmacie de l'Université de Paris, France

Secrétariat :

- Dr E. C. Halliday, Head, General Physics Division, National Physical Research Laboratory, Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria, Afrique du Sud (*Consultant*)
- M. R. Pavanello, Chef du Service de la Pollution de l'Air et de l'Eau, Division de l'Hygiène du Milieu, OMS (*Secrétaire*)
- Dr R. A. Prindle, Director, Division of Public Health Methods, United States Public Health Service, Washington, D.C., Etats-Unis d'Amérique (*Consultant*)

LES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Rapport d'un Comité d'experts de l'OMS

1. INTRODUCTION

Le Comité OMS d'experts des Polluants atmosphériques s'est réuni à Genève du 15 au 21 octobre 1963. Au nom du Directeur général, le Dr P. Dorolle, Directeur général adjoint, a ouvert la réunion. Le Comité a élu M. V. G. Mackenzie Président, le Professeur V. A. Rjazanov Vice-Président et le Dr. P. J. Lawther Rapporteur.

Plusieurs groupes d'experts réunis sous le patronage de l'OMS se sont déjà occupés de la pollution de l'air et la question a fait l'objet d'un certain nombre de publications de l'Organisation.^{1, 2, 3, 4} Le Comité a pris note en particulier du rapport du récent Symposium interrégional de l'OMS sur les critères et les méthodes de mesure de la pureté de l'air et y a largement puisé. Voulant éviter autant que possible de faire ici une simple récapitulation de documents déjà publiés, le Comité rappelle qu'un aperçu général des questions relatives à la pollution de l'air est donné dans le cinquième rapport du Comité OMS d'experts de l'Assainissement.¹

Aux termes de son mandat, le Comité n'avait pas à étudier la pollution de l'air par les matières radioactives, mais il n'en a pas moins noté avec intérêt et satisfaction les progrès actuellement accomplis dans la lutte contre ces polluants.

2. BILAN DES PROGRÈS ACCOMPLIS DANS LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION DE L'AIR

La lutte contre la pollution de l'air exige à la fois des instruments juridiques imposant une réglementation, des moyens techniques permettant de lutter efficacement contre les polluants et les émissions de polluants,

¹ Comité d'experts de l'Assainissement (1958) *La pollution de l'air*, Genève (Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn., N° 157).

² *La pollution de l'air*, par divers auteurs, Genève, 1963 (Organisation mondiale de la Santé: Série de Monographies, N° 46).

³ Lawther, P. J., Martin, A. E. & Wilkins, E. T. (1963) *L'épidémiologie de la pollution de l'air: rapport sur un symposium*, Genève, Organisation mondiale de la Santé (Cahiers de santé publique, N° 15).

⁴ Organisation mondiale de la Santé (1963) *La pollution de l'air: aperçu de législation sanitaire comparée*, Genève; *Rec. int. Lég. sanit.*, 1963, 14, 191.

un organisme de contrôle chargé de faire respecter les prescriptions et, d'ordinaire, du matériel d'observation pour vérifier les résultats obtenus. En outre, il ne faut jamais oublier qu'il est indispensable pour les services de contrôle de bien faire comprendre leurs objectifs à la population et d'entretenir de bonnes relations avec elle.

2.1 Instruments juridiques

Dans le monde entier, les pays se sont récemment dotés d'instruments juridiques nouveaux ou plus puissants pour assurer la lutte contre la pollution de l'air. Aux Etats-Unis d'Amérique, beaucoup d'Etats ont adopté de nouvelles lois et certaines collectivités locales également ont pris des ordonnances à ce sujet. De son côté, le Gouvernement fédéral se propose d'élargir les pouvoirs du Service de la Santé publique pour lui permettre d'intervenir dans les cas où la pollution de l'air concerne plusieurs Etats à la fois et où il est difficile d'obtenir de bons résultats en appliquant séparément la législation de chacun des Etats.

Le Royaume-Uni, la France et l'Allemagne ont aussi amélioré ou modifié leur législation contre la pollution de l'air. En URSS et dans les pays limitrophes, la réglementation pertinente a été notablement étendue et étoffée. L'Australie, la Nouvelle-Zélande, le Chili et le Japon ont adopté des lois spéciales au cours de ces dernières années et, dans d'autres pays, des textes législatifs sont à l'étude.

Toutes les lois nouvelles s'inspirent dans l'ensemble des principes que le Comité OMS d'experts de l'Assainissement avait énoncés dans son cinquième rapport,¹ avec les modifications voulues pour tenir compte des conditions locales. Bien qu'il ne soit pas complet, l'aperçu de la législation contre la pollution de l'air publié par l'OMS ne mentionne pas moins de treize pays ou des textes réglementaires ont été promulgués.

2.2 Moyens techniques de lutte contre la pollution de l'air

Au cours des six années qui se sont écoulées depuis la publication du cinquième rapport du Comité OMS d'experts de l'Assainissement, des progrès remarquables ont été réalisés dans la mise au point de procédés permettant de réduire les concentrations de polluants dans l'atmosphère. Il n'y a pas lieu de donner ici une liste complète de ces procédés, mais le lecteur en trouvera plus loin quelques exemples.

2.2.1 Dépoussiéreurs

La mise au point et le perfectionnement d'appareils comme les séparateurs à inertie, les précipitateurs électrostatiques, les épurateurs-laveurs

¹ *Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn.*, 1958, 157.

et les filtres à tissu ont fait l'objet de beaucoup de recherches. Des articles sur ces travaux ont paru dans la presse technique et des résumés de ces articles sont publiés régulièrement par un certain nombre d'organismes nationaux. On peut affirmer que les services spécialement chargés de faire des résumés d'études sur les questions relatives à la pollution de l'air jouent un rôle particulièrement utile dans la lutte contre les polluants atmosphériques.

2.2.2 *Lutte contre les effluents des véhicules à moteur*

Les véhicules à moteur interviennent dans la pollution de l'air en dégageant des hydrocarbures, de l'oxyde de carbone et des oxydes d'azote; ces substances proviennent à la fois de l'échappement et de l'évent du carter. Lorsque le rayonnement solaire est intense, certains de ces hydrocarbures et de ces oxydes d'azote peuvent subir dans l'atmosphère des transformations photochimiques qui leur donnent des propriétés oxydantes. En outre, lorsqu'ils sont mal employés ou mal réglés, les moteurs diesel peuvent émettre des fumées noires. Pour lutter contre ces diverses formes de pollution, on a conçu un certain nombre de procédés nouveaux.

C'est ainsi qu'on empêche les sorties de gaz du carter en captant ces gaz pour les réintroduire dans la prise d'air du moteur. Pour éviter les émissions d'hydrocarbures par l'échappement, on met actuellement au point des dispositifs qui brûleront les hydrocarbures dans le système d'échappement des voitures. Ces procédés ne sont pas encore pleinement satisfaisants, mais les progrès accomplis sont considérables. Actuellement, les chercheurs commencent à envisager sérieusement la possibilité d'améliorer l'alimentation des moteurs pour réduire la concentration des hydrocarbures dans les gaz d'échappement.

On a également entrepris des travaux sur l'utilisation du gaz de pétrole liquide pour les moteurs à combustion interne, afin de réduire les émissions d'hydrocarbure. Quant à la fumée des moteurs diesel, elle peut être éliminée si ces moteurs sont convenablement utilisés et entretenus. Dans un certain nombre de pays, les autorités ont mis en vigueur une législation qui spécifie les normes à respecter en la matière et ont décidé d'organiser régulièrement des inspections pour vérifier si les véhicules en circulation sont dûment entretenus et réglés.

2.2.3 *Combustion du charbon*

Dans les pays où, pour des raisons historiques et économiques, la principale source de pollution de l'atmosphère consiste dans les effluents des foyers domestiques, de gros efforts ont été faits pour mettre au point des poêles à charbon produisant un minimum de fumée. D'autre part, grâce aux travaux importants qui ont été consacrés aux combustibles solides, on a pu produire des cokes « réactifs » pour les foyers ouverts.

Malheureusement, il semble extrêmement difficile de supprimer les dégagements de gaz sulfureux (ou dioxyde de soufre) des appareils ménagers brûlant des combustibles solides. En revanche, dans tous les pays qui ont entrepris systématiquement la lutte contre la pollution de l'air, des progrès notables ont été réalisés en ce qui concerne la combustion sans fumée dans les foyers industriels à charbon.

2.2.4 *Moyens indirects de réduire la pollution de l'air*

Dans certains pays, différents changements d'attitude et progrès techniques ont contribué à réduire la pollution de l'atmosphère par la fumée et, parfois, par le gaz sulfureux, à savoir :

a) Utilisation accrue d'énergie électrique produite par des centrales hydrauliques et des réacteurs nucléaires.

b) Distribution de chaleur à des quartiers entiers sous la forme d'eau chaude ou de vapeur provenant de centrales.

c) Accroissement considérable de la consommation de gaz naturel, d'électricité et d'huiles de haute qualité pour le chauffage, la cuisine et parfois l'éclairage et, dans certaines localités, pour la production d'électricité.

d) Utilisation de motrices électriques et de locomotives diesel modernes dans les chemins de fer.

e) Création de villes satellites où l'on n'utilise aucun combustible risquant de polluer l'air.

f) Influence des urbanistes, qui savent combien il est important d'éviter la pollution de l'air.

g) Etablissement de « ceintures vertes » entre les zones industrielles et les quartiers résidentiels dans les villes nouvelles.

h) Recours à des systèmes d'avertissement météorologique, aux fins de mesures transitoires visant à réduire les émissions de polluants lorsque la stagnation atmosphérique est particulièrement marquée.

i) Améliorations de la circulation routière permettant de réduire la pollution due aux véhicules à moteur.

2.2.5 *Réduction des concentrations de gaz sulfureux*

Il n'existe à l'heure actuelle aucune méthode entièrement satisfaisante pour empêcher le dégagement de gaz sulfureux lorsque sont brûlées des substances contenant du soufre. C'est la raison pour laquelle les gros consommateurs industriels de combustibles contenant du soufre font souvent aménager des cheminées très hautes pour que le gaz sulfureux se dissipe

dans l'atmosphère et n'atteigne pas une concentration excessive au niveau du sol. Afin de protéger mieux encore la santé des populations, certains pays adoptent en outre l'expédient qui consiste, quand les circonstances le permettent, à implanter les centrales en rase campagne, à bonne distance des villes. D'autre part, des études ont été entreprises dans plusieurs centres pour découvrir des méthodes permettant de débarrasser les gaz perdus du dioxyde de soufre qu'ils renferment sans pour autant les refroidir (afin que la fumée puisse monter normalement), le dioxyde de soufre étant transformé en acide sulfurique ou en soufre. Ces études sont très avancées mais il reste encore beaucoup à faire.

2.3 Contrôle de la concentration des polluants dans l'atmosphère

Si l'on veut convenablement veiller à réduire les émissions de polluants dans l'atmosphère, il faut contrôler soit la concentration des polluants au moment où ils pénètrent dans l'atmosphère, soit la concentration des polluants présents dans l'atmosphère, soit les deux à la fois. Depuis six ans, des progrès considérables ont été accomplis dans la mise au point d'appareils de contrôle qui s'installent dans les cheminées, ce qui a beaucoup facilité la lutte contre la pollution. Pour la mesure des concentrations de polluants dans l'air ambiant, la recherche nous offre un choix toujours plus large de méthodes qui deviennent de plus en plus sûres et spécifiques. En outre, on commence à trouver sur le marché des instruments indicateurs ou enregistreurs assez peu coûteux. Ces progrès facilitent la tâche des services de lutte contre la pollution et apportent une aide précieuse aux chercheurs qui veulent étudier dans le détail le comportement des polluants.

2.4 Résultats des mesures visant à réduire la pollution de l'air

Depuis quelque six ans, les mesures prises dans de nombreuses villes et agglomérations urbaines où la pollution de l'air crée de toute évidence une situation grave ont eu pour résultat une amélioration très sensible de la pureté de l'air, comme l'attestent la diminution des dépôts dans les collecteurs ordinaires, de l'opacité des papiers dans les dispositifs à filtre ou des collectes de particules dans les échantillonneurs à grand débit. Dans les localités où la pollution était déjà modérée, les procédés de mesure habituels n'ont pas toujours permis de faire la preuve des améliorations intervenues. Il y a à cela au moins trois raisons différentes. Tout d'abord, il est possible qu'une lente évolution des conditions météorologiques se soit produite et que, de ce fait, les concentrations de polluants dans l'air ambiant soient restées constantes malgré une réduction des émissions. Ensuite, conformément à la loi des rendements décroissants, il est plus difficile de passer d'une concentration moyenne à une

concentration faible que d'une concentration élevée à une concentration moyenne. Enfin, il se peut que, parallèlement à la réduction des émissions moyennes, l'accroissement de la population ait eu pour résultat d'augmenter le nombre total des « émetteurs ». Il est donc probable que, dans bien des villes, des séries relativement courtes de mesures de type courant ne permettront pas de déterminer si les efforts déployés pour lutter contre la pollution de l'air ont été effectivement couronnés de succès.

3. PROBLÈMES D'INTÉRÊT INTERNATIONAL CONCERNANT LA POLLUTION DE L'AIR

De l'avis du Comité, l'OMS pourrait aider à organiser une action internationale contre la pollution de l'air en s'intéressant en particulier aux aspects suivants :

3.1 Polluants émis par les véhicules à moteur

Pour l'instant, il semble que, dans la plupart des pays, les concentrations dans l'atmosphère d'hydrocarbures et de polluants d'origine photochimique provenant des véhicules à moteur ne posent pas encore de problème grave, mais, avec la prospérité économique, le nombre des véhicules à moteur en service augmente, ce qui, dans les villes, entraîne un accroissement des quantités de carburant brûlées par kilomètre carré et par jour et, de ce fait, aggrave les risques de pollution de l'air. Il convient donc de surveiller de près le mouvement des concentrations dans l'atmosphère de toutes les substances en cause. D'autre part, une augmentation de la concentration de l'oxyde de carbone dans l'air des rues pourrait à la longue constituer un réel danger. Il faut également ne jamais perdre de vue les risques de pollution imputables aux produits dont les carburants sont parfois additionnés. Enfin, il y aurait lieu de poursuivre le plus rapidement possible les recherches sur beaucoup d'autres substances émises par les véhicules à moteur, notamment sur les hydrocarbures polycycliques.

3.2 Elimination du dioxyde de soufre des gaz perdus

On a vu à la section 2.2.5 que des procédés qui permettraient d'éliminer le dioxyde de soufre des gaz perdus sont actuellement à l'étude. Il serait particulièrement intéressant d'orienter les travaux vers la recherche de procédés qui débarrasseraient le charbon et le mazout du soufre qu'ils peuvent contenir afin que les gaz provenant de leur combustion soient exempts de dioxyde de soufre. La tâche est suffisamment ardue pour justifier un effort coopératif et, vu l'importance que la question présente manifestement pour de nombreux pays, peut-être l'OMS devrait-elle prêter son concours.

3.3 Facteurs météorologiques

Deux catégories de travaux météorologiques présentent de l'intérêt pour la lutte contre la pollution de l'air. Il s'agit, d'une part, de la prévision des périodes de stagnation atmosphérique très marquée (voir section 2.2.4.) et, d'autre part, de la construction de modèles de la circulation des masses d'air dans certaines localités, afin de prévoir plus facilement l'incidence de l'implantation d'industries dans tel ou tel secteur. Comme nos connaissances actuelles sur ces deux points sont tout à fait insuffisantes, le Comité recommande que des travaux à ce sujet soient encouragés dans différents pays et que les résultats obtenus soient largement diffusés.

3.4 Pertes de travail dues à la pollution de l'air

Dans les enquêtes de morbidité qui seront organisées à l'avenir, on devrait chercher notamment à évaluer ce que coûtent à la collectivité les maladies provoquées ou prolongées par la pollution de l'air. Peut-être l'OMS devrait-elle fournir une aide pour l'exécution de pareilles enquêtes.

3.5 Emploi du charbon dans les pays en voie de développement

Dans certains pays en voie de développement, il existe des gisements de charbon (parfois de mauvaise qualité) qui sont très peu profonds et dont l'exploitation est très facile. L'emploi de ce charbon dans les foyers domestiques provoque une pollution de l'air par la fumée. Les méthodes actuellement connues pour la production de combustibles sans fumée étant très complexes et coûteuses, il serait utile de rechercher des procédés de traitement moins onéreux. En effet, même si ces procédés ne permettaient pas d'obtenir un combustible idéal, ils contribueraient du moins à réduire les concentrations de fumée et offriraient une solution provisoire.

3.6 Service d'information pour les organismes de lutte contre la pollution de l'air

Depuis six ans, la lutte contre la pollution de l'air est systématiquement organisée dans les grandes villes de plusieurs pays. Les agents des organismes créés à cet effet sont encore relativement inexpérimentés et ont souvent du mal à résoudre tous les problèmes techniques qu'ils rencontrent. Ce serait donc rendre un service important à la collectivité internationale que de publier régulièrement des articles traitant d'aspects particuliers de la lutte contre la pollution de l'air, précisant les problèmes techniques à prévoir, exposant les moyens de les résoudre et indiquant enfin les publications techniques où l'on peut se renseigner de façon plus complète.

4. NORMALISATION INTERNATIONALE EN MATIÈRE DE POLLUTION DE L'AIR: NOMENCLATURE, UNITÉS ET MÉTHODES DE MESURE

Si l'on veut pouvoir comparer les résultats des travaux de recherche entrepris dans les différents pays, il est de toute évidence souhaitable que ces pays se mettent d'accord sur la nomenclature et les méthodes de mesure relatives à la pollution de l'air.

D'autre part, il est impératif de ne plus utiliser dans les publications techniques des termes aussi vagues que « smog » et « smaze » par exemple, car c'est un devoir pour les scientifiques de rendre compte de la pollution de l'air dans les différentes régions en fournissant des indications précises sur l'origine et la composition des polluants. Il est donc particulièrement important de renoncer à l'emploi d'un mot hybride comme « smog » qui donne parfois une idée fautive de la nature des agents de pollution.

De même, on devrait proscrire l'emploi imprécis d'expressions météorologiques comme « inversion de température », « base d'inversion » et « plafond d'inversion ». Ces phénomènes, qui sont de nature et de proportions différentes, peuvent coexister et il est nécessaire d'en donner une définition précise.

Dans les communications relatives aux concentrations et aux dimensions des polluants, il conviendrait d'utiliser toujours le système métrique et d'exprimer les températures en degrés Celsius. Les concentrations de polluants particuliers et gazeux devraient être données en unité de masse par unité de volume, ce qui implique que l'on convienne d'une température et d'une pression atmosphérique pour définir l'unité de volume.

Le souci de normaliser les unités employées pour exprimer la concentration des polluants ne devrait pas toutefois aboutir à simplifier exagérément la description des phénomènes de pollution de l'air. Les polluants ont d'autres dimensions et d'autres propriétés qu'il faut consigner avec toute la précision possible; quel que soit le polluant considéré, l'indication de son poids par unité de volume d'air n'a d'intérêt que lorsque les caractéristiques physiques et chimiques du polluant ont été déterminées, car les effets biologiques peuvent être entièrement fonction de ces caractéristiques.

Il est important aussi d'indiquer la durée des échantillonnages. Cette durée varie évidemment suivant l'objet de l'opération; les prélèvements « instantanés » sont très utiles dans certains cas (par exemple pour le contrôle par sondage de la pollution en de nombreux points), mais ils ne présentent qu'un intérêt limité quand il s'agit de définir exactement le milieu aux fins d'enquêtes épidémiologiques. Le cas échéant, on peut utiliser des instruments à enregistrement continu qui permettent de relever

les concentrations maximales (l'aspect plus ou moins aigu des clochers dépendra de la constante de temps de l'instrument) et de calculer les concentrations moyennes pour des durées données. Ces instruments manquent souvent de spécificité et leur emploi appelle certaines précautions. Les résultats qu'ils fournissent doivent donc être soumis fréquemment à l'examen critique et à l'épreuve d'une vérification par d'autres méthodes analytiques.

La nature du polluant à étudier conditionne aussi, en totalité ou en partie, le choix de la durée d'échantillonnage. Certains composés, par exemple les hydrocarbures polycycliques, sont de stabilité variable et peuvent être oxydés ou détruits par la lumière ou par d'autres polluants. Il faut donc tenir compte de ce phénomène quand on organise une enquête; en effet, si les échantillons sont recueillis sur une période trop longue, les composés les moins stables seront perdus et les résultats n'en rendront pas compte.

Aux fins des comparaisons de mesures courantes sur la base internationale, l'échantillonnage de courte durée pourrait être défini comme le prélèvement effectué en 30 minutes et l'échantillonnage de longue durée comme le prélèvement effectué sur une période de 24 heures. Le Comité n'ignore pas que, dans certaines circonstances, ces durées ne conviendront pas, mais il recommande de les adopter dans toute la mesure possible.

Ayant esquissé les règles à suivre pour l'échantillonnage et la description des polluants atmosphériques, le Comité juge indispensable de souligner que le choix des points d'échantillonnage doit être tel que les échantillons soient vraiment représentatifs de l'air respiré par la population. Sinon, tout le soin apporté aux mesures le serait en pure perte.

L'air peut être pollué par des particules ou par des gaz. L'un des polluants particuliers les plus répandus est la fumée, aérosol provenant de la combustion incomplète des charbons et autres combustibles carbonés. Dans les collectivités où l'on utilise beaucoup la houille, ce mélange complexe de charbon, de cendres, de cristaux et de goudron est le polluant dont la concentration est le plus souvent mesurée. D'habitude la concentration de fumée (ou « matière en suspension permanente ») est exprimée en unités de masse par unité de volume, mais on obtient généralement le chiffre voulu en déterminant le degré d'opacité d'un papier filtre et en faisant ensuite une conversion au moyen d'une courbe d'étalonnage. Il est donc évident que l'expression gravimétrique des concentrations de fumée n'a de valeur que si les courbes d'étalonnage sont fréquemment rajustées en fonction de l'époque de l'année, du temps qu'il fait et des conditions moyennes d'utilisation des combustibles. Bien entendu, la détermination optique du noircissement du filtre doit être faite avant que le degré d'opacité n'ait atteint son maximum. D'autre part, il faut s'arranger pour que la vitesse linéaire à la surface du filtre soit telle que la mesure porte uniquement sur les particules suffisamment fines pour

être inhalées. La méthode consistant à évaluer la pollution particulière en déterminant le degré d'opacité d'un papier filtre présente de nombreux avantages : elle est d'une grande simplicité technique et n'exige pas d'appareillage coûteux; en outre, il est possible que, dans certains pays, l'opacité de la fumée accuse une corrélation plus étroite avec la morbidité que ne le fait le poids des collectes de particules. Cependant, cette méthode a aussi de nombreux inconvénients. Certains polluants sont aujourd'hui beaucoup moins noirs que naguère, alors que d'autres, par exemple la fumée des moteurs diesel, sont beaucoup plus noircissants, à poids égal, que la fumée du charbon. Ces problèmes ne sont pas faciles à résoudre, sauf si l'on définit soigneusement l'objet des prélèvements, qui peut être de mesurer l'opacité d'un dépôt, le poids des particules ou leur surface. Grâce aux filtres à membrane ou en fibre de verre, il est possible de peser les particules recueillies ou d'évaluer leur surface projetée, mais il reste encore à mettre au point une matière chimiquement inerte, non friable, non hygroscopique et offrant une faible résistance à l'air, avec laquelle on puisse confectionner des filtres permettant d'obtenir de bons échantillons.

Pour étudier intelligemment les effets possibles de la pollution particulaire, il faut évidemment recourir à de nombreuses techniques d'examen microscopique, mais, comme il s'agit là de recherche proprement dite, le besoin d'une normalisation ne se fait pas sentir avec la même urgence.

Le gaz sulfureux est probablement le plus important des polluants gazeux dans les agglomérations où les principaux combustibles utilisés sont le charbon et le mazout, et l'on a actuellement le choix entre de nombreuses méthodes pour en mesurer la concentration. L'une des plus répandues consiste à éliminer d'abord la fumée par filtrage, puis à faire barboter l'air dans une solution de peroxyde d'hydrogène et à doser l'acide sulfurique obtenu par titrage avec un alcali. Cette méthode a l'avantage d'être simple, mais elle n'est pas spécifique puisqu'elle revient à déterminer la teneur en gaz acides et non pas en gaz sulfureux seulement. Toutefois, comme ce dernier gaz est de loin le polluant acide le plus répandu dans la plupart des villes où l'on brûle du charbon ou du mazout, les résultats permettent quand même de se faire une idée très précise de la concentration du gaz sulfureux dans l'atmosphère. Il existe également des méthodes colorimétriques précises et certains chercheurs préconisent le dosage de la quantité totale de sulfates qui, dans les localités où ils opèrent, est étroitement liée à la concentration du gaz sulfureux dans l'atmosphère. L'accroissement de la conductivité de solutions aqueuses et la décoloration de solutions d'iode sont des phénomènes communément utilisés dans les instruments enregistreurs automatiques et ils permettent d'exercer une surveillance satisfaisante si la composition des polluants reste à peu près constante. Cependant, la pollution gazeuse est souvent si variable que ces méthodes deviennent inacceptables; ainsi, l'ammoniac, qui augmente la conductivité des solutions, peut être pris

pour du gaz sulfureux, tandis que les oxydes d'azote peuvent fausser les réactions colorimétriques. Une vigilance de tous les instants est donc impérative.

Dans certains cas, les polluants de l'air ont la propriété d'être fortement oxydants, caractère qu'on a souvent tendance à attribuer uniquement à l'ozone. Or, les recherches faites au cours des dix dernières années ont montré que l'ozone est loin d'être le seul oxydant qui puisse être présent dans l'air pollué, et qu'on ne devrait imputer à l'ozone le pouvoir oxydant de l'air que lorsque la méthode de mesure employée est spécifique de cette substance. Aussi a-t-il été proposé que la concentration d'oxydant soit exprimée en termes plus absolus.

Il ne faut jamais perdre de vue que, si la méthode de détermination des polluants impose de les mettre en solution, on court le risque de mesurer uniquement la somme algébrique de propriétés chimiques disparates. Ainsi, l'ammoniac libre et le gaz sulfureux peuvent se rencontrer en même temps dans l'air, mais, lorsqu'on fait un prélèvement par aspiration à travers un réactif aqueux, ils peuvent alors réagir et c'est seulement l'équilibre acide/base qui en résulte que les méthodes de titrage permettent d'apprécier. De même, il est difficile, sauf si l'on utilise une méthode spécifique de l'oxydant recherché, de déterminer correctement la concentration d'un oxydant lorsque l'air contient également des substances réductrices. Il ne faut jamais perdre de vue que la pollution de l'air est causée par des quantités infimes de gaz et de substances particulières et que les simples lois de l'équivalence chimique ne sauraient être appliquées aux composés extrêmement dilués qu'on rencontre dans l'atmosphère.

Il n'a été fait état ici que de trois catégories de polluants, mais de nombreuses autres substances qu'on trouve dans l'air sont actuellement étudiées dans divers pays et certaines des méthodes utilisées ont déjà fait l'objet de publications.

On ne saurait trop réclamer que tout document où sont mentionnées la concentration, les propriétés ou la composition d'un polluant expose également dans le détail les méthodes ayant permis d'obtenir les résultats présentés. A l'heure actuelle, divers organismes internationaux et nationaux font de gros efforts pour normaliser les méthodes courantes de mesure; il conviendrait de suivre de près et de soutenir ces efforts et il est à souhaiter que soient poursuivies les expériences visant à mettre au point des méthodes plus perfectionnées.

Il semble urgent d'autre part de conclure un accord international tendant à assurer la comparabilité des données de morbidité et de mortalité. Pour l'étude de la morbidité, les enquêtes sur la fréquence de symptômes ou de syndromes soigneusement définis sont nettement préférables aux comparaisons de maladies dont la définition est fonction de critères diagnostiques qui varient parfois beaucoup d'un pays à l'autre. L'emploi

de questionnaires standards minutieusement étudiés (comme ceux dont parlent Lawther et al.¹) présente un grand intérêt pour les études épidémiologiques. Quant aux précautions à prendre dans les études de mortalité, on devra s'assurer par tous les moyens que les causes de décès déclarées ont des chances raisonnables de correspondre à la réalité. Il est bien connu que les certificats de décès sont sujets à caution et, lorsque cela est possible, il conviendrait d'obtenir des renseignements précis par autopsie ou examen histologique.

5. CRITÈRES ET INDICES DE LA PURETÉ DE L'AIR

A ce propos, le Comité a étudié de très près le rapport du Symposium interrégional de l'OMS sur les Critères et les Méthodes de Mesure de la Pureté de l'Air, qui s'est tenu à Genève du 6 au 12 août 1963; il approuve ce rapport dans ses grandes lignes et souscrit en particulier aux principes et définitions reproduits ci-après :

« 1. Les critères de base pour les indices de la pureté de l'air sont les épreuves qui permettent de déterminer la nature et l'ordre de grandeur des effets que la pollution de l'air exerce sur l'homme et sur son milieu.

« 2. Les indices de la pureté de l'air sont des valeurs de concentration et de durée d'exposition correspondant aux effets spécifiques que différents degrés de pollution de l'air peuvent avoir sur l'homme, les animaux, la végétation et le milieu en général.

« 3. Dans l'état actuel de nos connaissances, les indices de la pureté de l'air peuvent être définis par quatre catégories de concentrations, durées d'exposition et effets correspondants. Ces quatre catégories se caractérisent par des valeurs limites qui peuvent varier, pour un polluant donné, en fonction de l'effet envisagé, des critères utilisés, de la nature des autres polluants en présence et des facteurs physiques pertinents, et qui tiennent compte de la diversité des réactions dans différents groupes humains. Les participants au Symposium sont convenus de définir les quatre catégories par les niveaux suivants :

« Niveau I. La concentration 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.

¹ Lawther, P. J., Martin, A. E. & Wilkins, E. T. (1963) *L'épidémiologie de la pollution de l'air : rapport sur un symposium*, Genève, Organisation mondiale de la Santé (Cahiers de Santé publique, N° 15).

« Niveau II. Les concentrations et les durées d'exposition sont égales ou supérieures aux valeurs pour lesquelles on observera probablement une irritation des organes des sens, des effets nocifs sur la végétation, une réduction de la visibilité ou d'autres effets défavorables sur le milieu.

« Niveau III. Les concentrations et les durées d'exposition sont égales ou supérieures aux valeurs pour lesquelles il y aura probablement soit une atteinte des fonctions physiologiques vitales, soit des altérations risquant d'entraîner des maladies chroniques ou une mort prématurée.

« Niveau IV. Les concentrations et les durées d'exposition sont égales ou supérieures aux valeurs pour lesquelles il y aura probablement maladie aiguë ou mort prématurée dans les groupes vulnérables de la population.

« Pour certains polluants connus, il ne sera peut-être pas possible de chiffrer les concentrations et les durées d'exposition qui caractérisent ces quatre niveaux *a)* soit parce que les effets correspondant à un ou plusieurs de ces niveaux n'ont jamais encore été observés avec la substance considérée; *b)* soit parce que les durées d'exposition produisant des effets qui correspondent à certains niveaux produisent également des effets plus graves; *c)* soit encore parce que l'état actuel de nos connaissances ne nous permet pas de faire des déterminations quantitatives valables (par exemple, valeurs de seuil pour les substances cancérogènes).

« Il ne faut pas oublier que certains polluants ont peut-être des effets mutagènes, mais, pour l'instant, nos connaissances à ce sujet sont trop maigres pour que l'on puisse classer ces polluants dans les catégories définies plus haut. »

Le Comité a souligné que la pollution de l'air par des substances biologiquement nocives résultant des activités de l'homme devrait être évitée dans toute la mesure possible.

De l'avis du Comité, des indices internationaux de la pureté de l'air qui se fonderaient sur les principes formulés ci-dessus rendraient de grands services; il conviendrait donc d'en établir sans trop tarder. C'est pour les polluants qui ont fait l'objet des études les plus poussées et qui sont le plus répandus, par exemple les oxydes de soufre, que la mise au point de ces indices devrait pouvoir se faire le plus rapidement. L'OMS pourrait donc envisager les mesures voulues pour atteindre cet objectif. Le Comité a reconnu qu'il existe entre le niveau I et le niveau II une zone de concentrations et de durées d'exposition dans laquelle certains polluants peuvent provoquer des réactions manifestes mais dont la signification est encore incertaine.

Il y a de toute évidence un rapport entre l'intensité des émissions et les concentrations de polluants dans l'air ambiant, mais comme ce rapport dépend en grande partie des conditions météorologiques locales et d'autres facteurs, il est pratiquement impossible de concevoir une norme

internationale en matière d'émissions de polluants et c'est aux gouvernements ou aux services administratifs locaux qu'il incombe de prescrire des règles à ce sujet.

Les recherches en cours et les problèmes appelant de nouveaux efforts de recherche sont examinés dans une autre partie du présent rapport (voir les sections 6 et 7). En tout état de cause, le Comité estime qu'il y aurait intérêt à mettre en train un programme d'assistance financière et technique ayant pour objet de faciliter les échanges de renseignements et de promouvoir les études internationales sur la mise au point d'indices de la pureté de l'air.

6. ENQUÊTES ET RECHERCHES RÉCENTES SUR LA POLLUTION DE L'AIR

Dans presque tous les pays du monde, les dix dernières années ont vu un essor remarquable des recherches relatives à la pollution de l'air. La plupart de ces travaux visent à déceler et mesurer les polluants présents dans l'atmosphère et à déterminer leurs effets pathologiques et biologiques. D'autre part, certains chercheurs essaient de trouver un moyen de prévenir et de combattre la pollution de l'air en éliminant les contaminants à la source. Quant aux aspects météorologiques et économiques de la pollution de l'air, les communications dont ils ont fait l'objet jusqu'à présent sont moins nombreuses.

En ce qui concerne la détection, l'identification et la mesure des polluants de l'atmosphère, des progrès très appréciables ont été réalisés. De nouvelles méthodes d'analyse physique permettent peu à peu de venir à bout du problème principal, qui est de déterminer exactement l'état dans lequel les polluants peuvent se trouver dans l'air. Les méthodes chimiques ne renseignent généralement que sur l'état final des substances en cause et les résultats sont souvent faussés par des réactions secondaires qui se produisent dans les milieux utilisés pour recueillir les échantillons. Grâce aux méthodes physiques d'analyse, comme la spectroscopie dans l'infrarouge, la spectroscopie de masse, la diffraction des rayons X et la chromatographie, on a pu réunir quantité de données sur l'état physique exact des polluants et sur les stades intermédiaires par lesquels ils passent du fait des interactions chimiques. C'est ainsi que ces méthodes se sont révélées très utiles pour déceler la formation de radicaux libres et les réactions par lesquelles ceux-ci contribuent à produire de l'ozone lorsque la pollution de l'air a pour agents des substances oxydantes d'origine photochimique. De l'avis du Comité, ces méthodes promettent d'être très fructueuses non seulement pour l'étude des réactions photochimiques, mais encore pour l'analyse de la pollution acide et d'autres types de pollution.

C'est, semble-t-il, les études relatives aux effets de la pollution de l'air sur l'homme et sur les végétaux qui actuellement retiennent le plus l'attention. A quelques rares exceptions près, les études sur les animaux visent à préciser tel ou tel aspect de l'action des polluants sur l'homme. Quant aux études sur les végétaux, elles sont dictées surtout par des considérations économiques, à savoir l'importance des dégâts causés aux récoltes par la pollution.

Dans le domaine de la biologie, les travaux en cours peuvent être classés sous les rubriques suivantes : études épidémiologiques à grande échelle; études de l'action des polluants sur le système nerveux central et sur le système nerveux sympathique; recherches sur les réponses biochimiques et immunochimiques aux stimuli. Dans tous ces secteurs, on est en droit d'espérer des résultats intéressants.

En étudiant les travailleurs de l'industrie, on a pu obtenir de nombreux renseignements sur les réactions de l'homme à des substances qui se trouvent dans l'atmosphère des lieux de travail à des concentrations plus élevées que dans l'air ambiant. Il y aurait lieu de poursuivre et d'élargir les études de ce genre car elles complètent utilement les expériences faites en laboratoire avec des substances toxiques.

On attache actuellement de plus en plus d'importance à l'action de combinaisons de polluants qui pourraient être présents simultanément ou successivement dans l'atmosphère. En pareil cas, il n'y a pas nécessairement addition pure et simple des effets; il peut y avoir également potentialisation ou antagonisme. Nombre de chercheurs s'intéressent d'autre part aux propriétés cancérogènes de substances autres que les hydrocarbures polycycliques.

Malgré tous ces travaux, certains aspects des questions relatives à la pollution de l'air devraient faire l'objet de recherches plus poussées. Il convient de mentionner notamment les aspects météorologiques et économiques. D'ordinaire, les informations sur le temps qu'il fait ou qu'il fera dans une ville sont des données macrométéorologiques qui situent la ville dans le tableau météorologique général du pays, et les observations qui sont faites ont le plus souvent pour seul objet la prévision du temps. Etant donné que la météorologie locale est généralement l'un des facteurs fondamentaux dont dépend la présence ou l'absence de polluants atmosphériques, en particulier lorsque des conditions géographiques ou topographiques défavorables limitent la dilution ou la dispersion des polluants, le Comité estime que les facteurs micrométéorologiques et les mouvements des masses d'air dans les villes, au voisinage des villes et entre villes sont importants et devraient être étudiés d'urgence.

Les recherches sur les conséquences économiques de la pollution de l'air ont été, elles aussi, très limitées jusqu'ici, malgré les graves répercussions que la pollution de l'air peut avoir sur l'économie de toute une région. Il convient d'indiquer à ce propos que les recherches ne devraient

pas se borner à l'évaluation des pertes imputables à la pollution de l'air, mais qu'elles devraient également envisager les aspects économiques de l'application éventuelle de normes de pureté de l'air; en effet, ces normes pourraient être si rigoureuses qu'elles risqueraient de paralyser la vie économique de la région intéressée. Enfin, il ne serait pas inutile non plus d'étudier les aspects économiques de l'installation d'appareils destinés à réduire la pollution de l'air.

En ce qui concerne ce genre de matériel, le Comité a constaté avec étonnement qu'il n'existait guère de documentation sérieuse sur l'efficacité relative et le coût d'utilisation des différents appareils servant à réduire la pollution à la source. Il est donc très difficile aux techniciens de la lutte contre la pollution de se prononcer à bon escient sur les avantages ou les inconvénients d'une grande partie des appareils nouveaux qui leur sont proposés.

Les enquêtes épidémiologiques rétrospectives sur la morbidité et la mortalité en rapport avec la pollution de l'air ont permis et permettent encore d'obtenir des indications extrêmement précieuses, mais il est certain que les enquêtes prospectives, grâce auxquelles on peut prévoir les modifications du milieu et en tenir compte, leur sont préférables et doivent être encouragées. A cet égard, il est particulièrement important d'élargir les enquêtes internationales déjà commencées sur la fréquence de la bronchite chronique et du cancer du poumon.

7. RECOMMANDATIONS

7.1 Etudes

Dans son cinquième rapport, le Comité d'experts de l'Assainissement¹ avait traité notamment de la reconnaissance et de l'évaluation des conditions potentielles ou réelles de pollution de l'air. C'est là, bien entendu, un problème fondamental pour tous les pays et un certain nombre d'Etats Membres ont déjà demandé une assistance à l'OMS pour qu'elle les aide à le résoudre. Il serait utile que l'OMS fasse parmi ses Membres une étude de la situation actuelle en ce qui concerne l'évaluation du potentiel de pollution de l'air et sa gravité, car on pourrait ainsi se faire une idée de l'ordre de grandeur de l'assistance que l'Organisation serait appelée à fournir un jour.

Il serait bon également que l'OMS essaye de déterminer la demande probable de moyens de formation pour cadres spécialisés dans les pays où des programmes de lutte contre la pollution de l'air sont à l'étude ou viennent d'être lancés.

Dans certaines régions, les frontières entre Etats traversent des zones industrialisées ou fortement peuplées. Si l'on veut y mener à bien

¹ *Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn.*, 1958, 157.

des programmes de lutte contre la pollution de l'air, il faudra inévitablement que les pays limitrophes coopèrent; aussi serait-il indiqué de faire une étude sur ces régions, afin de pouvoir formuler des propositions utiles dès que le besoin s'en fera sentir.

7.2 Perfectionnement du personnel

Il y aurait lieu d'organiser des réunions où des fonctionnaires qualifiés de pays qui viennent de lancer des programmes de lutte contre la pollution de l'air ou s'appêtent à le faire pourraient rencontrer ceux qui sont leurs homologues dans des pays ayant déjà une expérience importante en la matière. Bien entendu, ces réunions ne devraient ni remplacer, ni freiner en quoi que ce soit les échanges de visites de hauts fonctionnaires entre pays.

On sait que, dans certains Etats Membres, les problèmes techniques soulevés par la réduction des émissions de polluants dans toute une série d'opérations de l'industrie chimique font actuellement l'objet d'études très complètes. Les renseignements que ces études auront permis d'obtenir seront très précieux pour les autres Membres de l'Organisation et il serait souhaitable que, dans toute la mesure du possible, cette documentation soit mise à la disposition des intéressés par l'intermédiaire de l'OMS. Il suffirait peut-être que l'OMS diffuse de temps à autre des renseignements bibliographiques (titres, sujets, maisons d'édition et prix).

Dans certains Etats Membres, des publications éducatives destinées à informer le public des dangers de la pollution de l'air et des moyens de la combattre peuvent être obtenues par l'intermédiaire de services officiels et d'associations spécialisées. Dans les pays qui sont sur le point d'entreprendre un programme de lutte contre la pollution de l'air, il arrive souvent que les fonctionnaires responsables ignorent l'existence d'une telle documentation (publications, films, photographies, diagrammes, etc.) ou ne sachent pas à qui s'adresser pour l'obtenir. Il serait donc utile que l'OMS réunisse des renseignements sur ce genre de documentation et les transmette aux Etats Membres.

Le Comité recommande que l'OMS envisage les moyens de diffuser sur le plan international une documentation qui permettrait aux services de lutte contre la pollution de l'air d'enrichir leur fonds de connaissances techniques (voir section 3.6). L'OMS pourrait également prêter ses bons offices pour faciliter les échanges de substances chimiques rares, d'étalons spectroscopiques et de matériel de mesure aux fins de comparaisons entre pays.

7.3 Recherche

L'OMS devrait faire périodiquement le bilan des problèmes de recherche afin de tenir les représentants des diverses disciplines scientifi-

ques qui font des travaux sur la pollution de l'air au courant des résultats obtenus dans tous les secteurs de ce vaste et complexe domaine d'étude. Il serait particulièrement utile que des spécialistes des divers Etats Membres prêtent leur concours pour l'établissement de ces bilans.

Les visites de liaison entre chercheurs travaillant dans des branches connexes répondent à un besoin réel, de même que les visites d'étude plus longues que certains chercheurs vont faire dans des laboratoires de l'étranger. L'OMS devrait donc continuer d'accorder son assistance à ces fins.

Dans certains secteurs de la recherche, comme l'épidémiologie, les travaux concertés entrepris par deux ou plusieurs Etats Membres présentent un intérêt tout particulier. L'OMS devrait continuer d'encourager ce genre d'activité.

Depuis longtemps déjà, l'OMS accorde des bourses pour permettre à des chercheurs de faire des stages assez prolongés dans des laboratoires; cette forme d'aide est très appréciée et devrait être maintenue.

Le Comité recommande qu'un glossaire des termes et expressions utilisés dans les travaux sur la pollution de l'air soit établi afin de faciliter la communication des idées sur le plan international.

Le Comité recommande d'autre part que l'OMS continue d'étudier, en collaboration avec d'autres organisations compétentes, la mise au point d'indices de la pureté de l'air universellement acceptables, conformément aux principes formulés à la section 5 du présent rapport.

Il est recommandé, en outre, que les Etats Membres poursuivent leurs travaux visant à mettre au point des méthodes qui permettraient d'éliminer le soufre des combustibles et le dioxyde de soufre des gaz perdus (voir sections 2.2.5 et 3.2).

Le Comité recommande aussi aux Etats Membres d'échanger des renseignements sur les résultats des recherches météorologiques qui se font chez eux au sujet de la pollution de l'air (voir sections 3.3 et 6).

Les Etats Membres qui possèdent les moyens de recherche voulus devraient étudier la possibilité de produire à bon marché un combustible solide sans fumée pouvant servir aux usages domestiques dans les pays en voie de développement (voir section 3.5).

Le Comité recommande enfin d'entreprendre des recherches sur les incidences économiques de la pollution de l'air et des mesures de lutte contre la pollution de l'air (section 6).

7.4 Normalisation des méthodes d'échantillonnage, de la nomenclature et des unités

Le Comité appelle l'attention des Etats Membres sur les recommandations relatives aux méthodes d'échantillonnage, à la nomenclature et aux unités de mesure qui figurent dans la section 4 du présent rapport.