

ne mondial de surveillance continue de l'environnement



la **pollution** de l'air des villes 1973-1980



Document publié sous la double égide
du Programme des Nations Unies pour l'Environnement
et de l'Organisation mondiale de la Santé



ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ GENÈVE

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS), créée en 1948, est une institution spécialisée des Nations Unies à qui incombe, sur le plan international, la responsabilité principale en matière de questions sanitaires et de santé publique. Au sein de l'OMS, les professionnels de la santé de quelque 160 pays échangent des connaissances et des données d'expérience en vue de faire accéder d'ici l'an 2 000 tous les habitants du monde à un niveau de santé qui leur permette de mener une vie socialement et économiquement productive.

Grâce à la coopération technique qu'elle pratique avec ses Etats Membres ou qu'elle stimule entre eux, l'OMS s'emploie à promouvoir la mise sur pied de service de santé complets, la prévention et l'endiguement des maladies, l'amélioration de l'environnement, le développement des personnels de santé, la coordination et le progrès de la recherche biomédicale et de la recherche sur les services de santé, ainsi que la planification et l'exécution des programmes de santé.

Le vaste domaine où s'exerce l'action de l'OMS comporte des activités très diverses : développement des soins de santé primaires pour que toute la population puisse y avoir accès ; promotion de la santé maternelle et infantile ; lutte contre la malnutrition ; lutte contre le paludisme et d'autres maladies transmissibles, dont la tuberculose et la lèpre ; la variole étant d'ores et déjà éradiquée, promotion de la vaccination de masse contre un certain nombre d'autres maladies évitables ; amélioration de la santé mentale ; approvisionnement en eau saine ; formation de personnels de santé de toutes catégories.

Il est d'autres secteurs encore où une coopération internationale s'impose pour assurer un meilleur état de santé à travers le monde et l'OMS collabore notamment aux tâches suivantes : établissement d'étalons internationaux pour les produits biologiques, les pesticides et les préparations pharmaceutiques, formulation de critères de salubrité de l'environnement ; recommandations relatives aux dénominations communes internationales pour les substances pharmaceutiques ; application du Règlement sanitaire international ; révision de la Classification internationale des maladies, traumatismes et causes de décès ; rassemblement et diffusion d'informations statistiques sur la santé.

On trouvera dans les publications de l'OMS de plus amples renseignements sur de nombreux aspects des travaux de l'Organisation.

**Système mondial de surveillance continue
de l'environnement**

La pollution de l'air des villes 1973-1980

**Rédigé en coopération avec le Monitoring
and Assessment Research Centre, Chelsea
College, University of London,
Londres, Angleterre**



**Organisation mondiale de la Santé
Genève
1985**

ISBN 92 4 256082 0

© Organisation mondiale de la Santé, 1984

Les publications de l'Organisation mondiale de la Santé bénéficient de la protection prévue par les dispositions du Protocole N° 2 de la Convention universelle pour la Protection de Droit d'Auteur. Pour toute reproduction ou traduction partielle ou intégrale, une autorisation doit être demandée au Bureau des Publications, Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse. L'Organisation mondiale de la Santé sera toujours très heureuse de recevoir des demandes à cet effet.

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation mondiale de la Santé aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La mention de firmes et de produits commerciaux n'implique pas que ces firmes et produits commerciaux sont agréés ou recommandés par l'Organisation mondiale de la Santé de préférence à d'autres. Sauf erreur ou omission, une majuscule initiale indique qu'il s'agit d'un nom déposé.

IMPRIMÉ EN FRANCE

84/6098 — Granchamp — 2300

Table des matières

	<i>Pages</i>
Préface	v
Remerciements	vii
Introduction	1
Le projet OMS/PNUE de surveillance continue de l'air	3
Elaboration du projet	3
Sites de surveillance continue de l'air	6
Méthodes de surveillance	6
Mise en œuvre du projet	7
Présentation des données	9
Récapitulations statistiques	9
Complétude et représentativité des données	9
Séries de données pour le réseau	11
Représentation graphique	11
Exemples de présentation lognormale	12
Analyse des variables de base	19
Variations à l'échelle mondiale	19
Distribution des moyennes annuelles	23
Distribution des maximums	25
Distribution de l'écart type géométrique	28
Variations de la moyenne en fonction des valeurs maximales	29
Comparaison des dosages des MPS et des fumées par les différentes méthodes	31
Etudes de corrélation	33
Corrélations entre sites d'une même ville	33
Corrélations entre polluants sur un même site	38
Comparaison avec les limites d'exposition publiées par l'OMS	41
Limites d'exposition prolongée	42
Limites d'exposition de courte durée	43
Dépassement simultané des limites d'exposition pour SO ₂ et les MPS	43
Tendances	47
Tendances générales	47
Tendances en des points précis	50
Evolution par rapport aux limites fixées par l'OMS	54
Résumé et conclusions	57
Bibliographie	61
Annexe 1. Exposé sommaire des méthodes de mesure	63
Annexe 2. Assurance de la qualité dans le réseau GEMS	67
Annexe 3. Centres collaborateurs OMS pour la pollution atmosphérique	71
Annexe 4. Récapitulation des données du projet de surveillance continue de l'air, 1973-1980	75

Préface

A la suite de la réunion à Stockholm, en 1972, de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement, l'Organisation mondiale de la Santé a mis sur pied un programme mondial de surveillance continue de l'environnement dans l'optique des effets sur la santé. Ce programme comprend plusieurs projets de surveillance portant respectivement sur l'air, l'eau, les produits alimentaires et les produits biologiques, tous éléments qui font également partie du système mondial de surveillance continue de l'environnement (GEMS) institué dans le cadre de PNUE.

L'exécution du projet mondial de surveillance de l'air est assurée grâce à une large coopération avec les Etats Membres et suppose une coopération technique en matière de mesures de la pollution atmosphérique et un échange mutuel de données. Le but du projet est d'assurer la surveillance et la connaissance de la qualité de l'atmosphère urbaine et d'améliorer le niveau général de la santé publique. Dans le cadre du projet de surveillance continue de l'air, un rapport biennal récapitule les données obtenues.

Mais, avec la présente publication, c'est la première fois qu'on essaie d'analyser et d'interpréter l'ensemble des données recueillies sur la pollution de l'air des villes jusqu'en 1980.

L'objectif visé est de fournir aux fonctionnaires des divers pays et à la communauté scientifique, des données sur la concentration des deux polluants atmosphériques les plus fréquemment associés à l'utilisation de combustibles fossiles, à savoir le dioxyde de soufre et les matières particulaires en suspension. Les analyses pratiquées ont été aussi complètes que possible de façon que le lecteur saisisse mieux les causes profondes des phénomènes observés à l'échelle mondiale.

Les deux premiers chapitres donnent quelques informations générales sur le projet mondial de surveillance continue de l'air et sur les données dont on disposait au moment de la rédaction de la présente publication. Viennent ensuite quatre chapitres où sont exposés les résultats des analyses. Ces chapitres comportent des analyses statistiques détaillées portant sur toute la série des données disponibles ainsi que des analyses approfondies limitées à quelques situations urbaines locales. La comparaison avec les limites d'exposition proposées par l'OMS et l'analyse des tendances donnent une vue d'ensemble des caractéristiques les plus fréquentes de la pollution de l'air dans de nombreuses agglomérations urbaines et constituent donc une tentative de présentation de la situation d'ensemble au niveau mondial. La dernière partie du rapport résume les

chapitres précédents et en dégage les conclusions. On trouvera aux annexes qui complètent le présent rapport des précisions sur les méthodes de mesure, les procédures d'assurance de la qualité et une récapitulation de l'ensemble des données.

Remerciements

L'Organisation mondiale de la Santé tient à exprimer plus particulièrement ses remerciements au Dr. J.G. Kretzchmar du Centre d'études sur l'énergie nucléaire, Mol (Belgique), qui a rédigé l'avant-projet du présent rapport, à M. G. Akland de l'Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC (Etats-Unis d'Amérique) qui a participé à la compilation et à l'analyse des données, et au Dr B.G. Bennett du Monitoring and Assessment Research Centre, Londres (Angleterre) qui a assuré la mise au point définitive du texte avec le Dr H.W. de Koning, de l'OMS.

Introduction

La pollution de l'air dans les agglomérations urbaines est d'origine fort variée. L'importance de telle ou telle source polluante, dépend, dans une certaine mesure, de l'emplacement et du climat. C'est ainsi que le chauffage domestique contribue dans une proportion considérable à la pollution atmosphérique dans les régions tempérées, alors que son apport est beaucoup moins important sous les tropiques. A l'inverse, la transformation photochimique des gaz d'échappement des véhicules automobiles en polluants très oxydants est beaucoup plus poussée dans les régions tropicales que dans les régions plus tempérées. Mais, quelle que soit la région où se situe une agglomération urbaine, l'atmosphère contient un mélange de polluants provenant de sources variées, tels que les installations de chauffage (tant industrielles que domestiques), les procédés industriels, les incinérateurs de déchets, les automobiles et autres véhicules de transport. Le « profil de pollution atmosphérique » peut varier du tout au tout d'un endroit à l'autre.

La concentration des polluants atmosphériques dépend non seulement des quantités déversées dans l'air mais aussi de la capacité de l'atmosphère, soit à absorber, soit à disperser les quantités excédentaires. Les agglomérations urbaines ont des caractéristiques propres à cet égard. Par exemple, elles peuvent être situées au fond d'une vallée, sur le littoral, à proximité d'un lac ou dans une zone entourée de montagnes. Dans tous les cas, la topographie peut avoir une influence marquée sur les modalités de la dispersion atmosphérique et être à l'origine d'un tableau caractéristique en matière de pollution. A l'intérieur des grandes villes, il existe aussi de nombreux facteurs influant sur la concentration des polluants atmosphériques. On peut citer l'exemple d'une mauvaise ventilation dans la zone des grands immeubles ou le centre et le regroupement des sources dans certains quartiers, notamment dans les quartiers industriels et commerciaux, le long des grands axes routiers, etc.

Par le jeu de la configuration des sources polluantes et des caractéristiques météorologiques et topographiques la pollution de l'air varie selon le secteur urbain considéré. En outre, l'intensité de la pollution émanant des diverses sources change beaucoup au cours du temps, de même que les conditions météorologiques, de sorte que la physionomie de la pollution atmosphérique évolue selon l'heure, le jour de la semaine ou l'époque de l'année. Pour mesurer les variations de la concentration des polluants atmosphériques dans une grande ville, il faut avoir recours à un certain nombre de stations réparties sur toute la superficie en cause

et procéder à des mesures fréquentes ou continues. Pour que les échantillons d'air prélevés par ces stations soient relativement représentatifs de la zone environnante, il faut qu'ils ne soient pas trop influencés par une source voisine. Selon le quartier où les stations sont implantées, les sites peuvent être qualifiés d'industriels, commerciaux ou résidentiels.

Il est clair, d'après les considérations qui précèdent, qu'une personne vaquant à ses activités quotidiennes traverse des zones où l'air est inégalement pollué. La quantité totale de polluants inhalée au cours de la journée constitue l'exposition globale. Si cette dernière est suffisamment élevée, elle peut déterminer soit des effets aigus ou immédiats, soit, en présence de concentrations plus basses ou plus durables, des effets chroniques.

L'exposition des populations urbaines dans les différentes régions du monde est fort variable par suite des facteurs cités plus haut, tels que la topographie, le climat et le type de source de pollution. Qui plus est, les mœurs et conditions de vie différentes contribuent à l'extrême diversité de l'exposition de l'homme à la pollution atmosphérique. Le projet OMS/PNUE de surveillance continue de l'air a été conçu dans un triple objectif : évaluer la situation de la pollution atmosphérique à l'échelle mondiale, observer les tendances et commencer à étudier la relation entre pollution et santé de l'homme. La réalisation de ces objectifs généraux ne va pas sans soulever certains problèmes. Cependant, on peut espérer qu'une vision de la pollution de l'air des villes à l'échelle mondiale pourra notablement contribuer à la compréhension de cet élément important du milieu humain et à l'amélioration du niveau général de santé publique.

Le projet OMS/PNUE de surveillance continue de l'air

Le projet OMS/PNUE de surveillance continue de l'air a été mis sur pied pour apporter aux pays une aide en matière de surveillance opérationnelle des polluants atmosphériques, améliorer l'utilisation pratique des données dans l'optique de la protection de la santé humaine et promouvoir l'échange d'informations. Les données accumulées au sein du réseau sont utilisables en vue d'évaluer la qualité de l'air dans les agglomérations urbaines du monde entier et étudier les tendances du niveau de pollution atmosphérique. Le présent rapport présente une analyse des données recueillies au cours de la période 1973-1980.

Elaboration du projet

Le projet de surveillance continue de l'air a débuté en 1973, à l'initiative de l'OMS. De 1973 à 1975, il s'est agi d'un projet pilote qui a permis la mise au point puis le perfectionnement des méthodes de notification et de traitement des données. Une attention particulière a en outre été accordée à l'harmonisation des méthodes et techniques d'implantation des sites, de collecte des échantillons et de mesure, et l'on a rédigé un manuel présentant un choix de méthodes de mesures des polluants atmosphériques. (16). Au cours de cette première phase, 15 pays ont participé au projet en fournissant des données sur la concentration du dioxyde de soufre (SO_2) et celle des matières particulaires en suspension (MPS) provenant de certains sites de leur réseau national. Dans chaque pays, on a systématiquement recueilli dans au moins une grande agglomération urbaine des données au niveau de trois sites appartenant respectivement à une zone industrielle, une zone commerciale ou un quartier résidentiel.

En 1976, le projet a été développé et incorporé au Système mondial de surveillance continue de l'environnement (GEMS). Depuis, le soutien financier accordé par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) a été utilisé pour étendre le réseau à des pays en développement, augmenter la fiabilité des données et pousser l'harmonisation des opérations de surveillance ainsi que de l'analyse et de l'interprétation des données. En 1976 également, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) est devenue partie prenante dans le projet ; depuis cette date, elle apporte son concours à l'établissement de directives et à l'organisation d'ateliers de formation pour le personnel des pays en

développement (5). Parmi les autres organisations internationales qui participent au projet, on peut citer la Commission des communautés européennes (3) qui fournit au réseau du GEMS des données de surveillance de l'air provenant de quelque 40 stations exploitées par les Etats Membres de la CEE.

Il a fallu plusieurs années pour implanter le réseau de surveillance atmosphérique. Des contacts ont été pris avec une centaine de pays dont 50 ont reçu la visite de fonctionnaires ou de consultants de l'OMS chargés d'organiser leur participation, de les aider à choisir les sites de surveillance et de leur fournir des renseignements pratiques sur les techniques d'échantillonnage et d'analyse à utiliser. Soixante moniteurs, comportant un lot de pièces de rechange, de filtres et de produits chimiques pour une année d'exploitation, ont été fournis et mis en place par des spécialistes qui ont également pris en charge la formation du personnel local.

Après un développement considérable au cours des années 1976-78, le réseau n'évolue plus que très légèrement d'une année sur l'autre. Le tableau I illustre la croissance du réseau de 1973 à 1980. Au cours de cette période, le nombre de pays participants a plus que doublé et le nombre de sites, triplé. Ces dernières années, on a ajouté chaque année 25 à 30 000 valeurs quotidiennes au fichier de données relatif à chacun des polluants. Les stations ne communiquent pas toutes des observations quotidiennes car on applique en certains sites un programme particulier d'échantillonnage discontinu. Dans l'ensemble, les données du réseau global sont devenues de plus en plus complètes au fil des années.

Tableau 1. Projet OMS/PNUE de surveillance continue de l'air — nombre de pays, de sites et de valeurs sur 24 h pour les années 1973-1980

Année	Nombre de pays	Nombre de sites	Nombre de valeurs sur 24 h ^a	
			MPS	SO ₂
1973	14	42	7 446	9 936
1974	14	42	7 263	8 833
1975	15	44	10 839	13 831
1976	23	97	20 773	24 874
1977	27	101	27 525	31 448
1978	30	106	25 651	27 760
1979	34	146	29 986	33 770
1980	33	136	25 408	29 135

^a Le cas échéant, les valeurs horaires ont été regroupées de façon à obtenir une valeur moyenne sur 24 h.

L'extension géographique du réseau à fin 1980 est illustrée par la carte de la figure 1. On notera que la couverture est plus complète dans l'hémisphère nord où un certain nombre de pays industrialisés fournis-

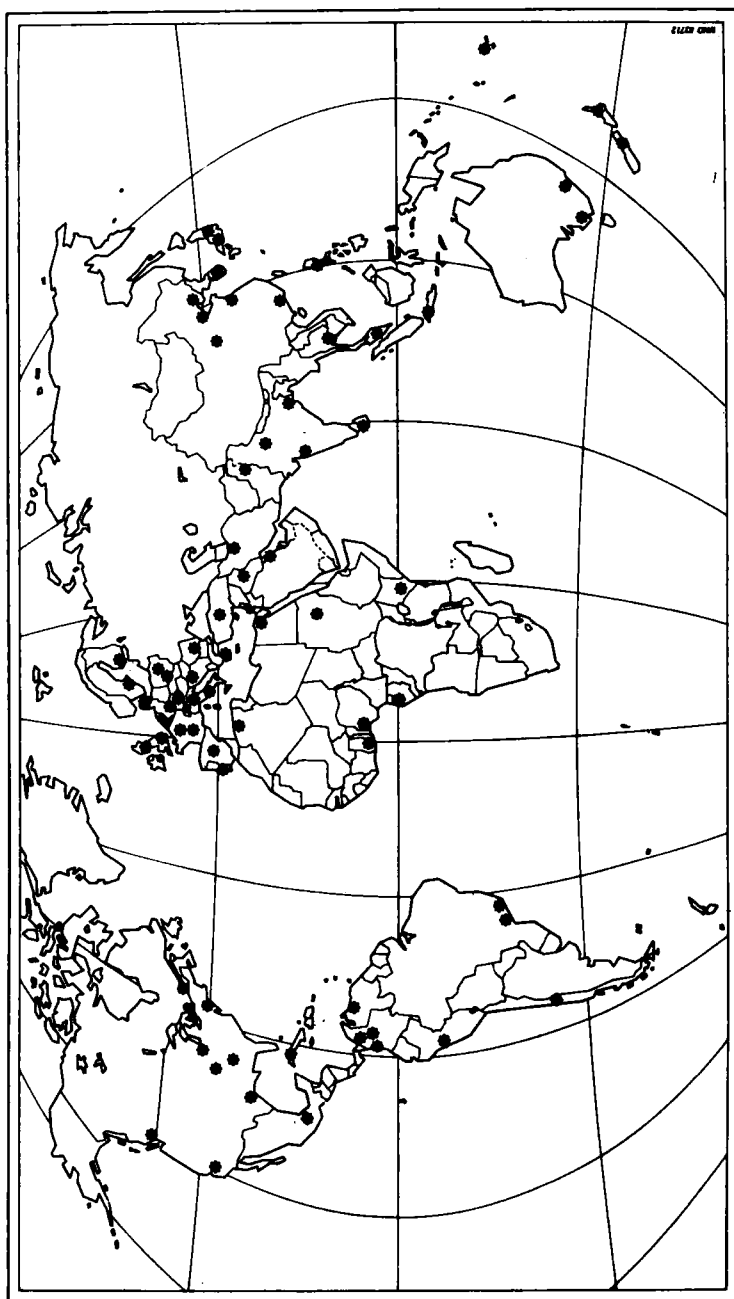


Fig. 1. Implantation du réseau OMS/PNUE de surveillance continue de l'air à la fin de 1980

sent une quantité importante de données provenant de leurs réseaux à l'échelle nationale, régionale ou locale. Vu que, dans les pays en développement, la plupart des stations ne sont entrées en fonctionnement qu'après 1976, les données concernant ces emplacements sont moins nombreuses.

Sites de surveillance continue de l'air

Les sites de surveillance sont classés, selon leur implantation, en « centre ville » (CV) ou « banlieue » (B), une lettre supplémentaire précisant s'il s'agit d'une zone commerciale (C) ou industrielle (I) ou d'un quartier résidentiel (R). Ce système de classification est fondée sur le code SAROAD (23) qui tient compte de l'utilisation des terres à la périphérie immédiate des stations de surveillance. Il faut insister sur le fait que des sites appartenant à un même type selon ce système de classification peuvent présenter des caractéristiques radicalement différentes du point de vue de la pollution atmosphérique locale.

Dans les villes où des sites de surveillance étaient déjà en place, on a choisi trois stations principales, pour une zone commerciale, une zone industrielle et une zone résidentielle, en vue de les inclure dans le réseau. Dans les villes où il n'existait jusqu'ici aucun site de surveillance, deux stations seulement ont été mises en place — l'une dans un quartier industriel, l'autre dans un quartier résidentiel. Ce faisant, on a cherché à réaliser des économies et à permettre à un plus grand nombre de villes de participer au projet.

A l'heure actuelle, le réseau comprend environ 60% de sites implantés dans le centre ville et 40% de sites implantés en banlieue. Parmi les premiers, environ 50% sont situés dans une zone commerciale (CCV), 25% dans une zone industrielle (ICV) et 25% dans un quartier résidentiel (RCV). Dans la catégorie des sites de banlieue, environ 50% sont du type industriel (IB) et 50% du type résidentiel (RB), le nombre de sites commerciaux (CB) étant extrêmement restreint.

Méthodes de surveillance

Jusqu'ici, la surveillance des polluants au sein du réseau s'est limitée à l'étude des concentrations du dioxyde de soufre (SO_2) et des matières particulaires en suspension (MPS) choisis comme indicateurs de la pollution en milieu urbain. Il existe un certain nombre de méthodes différentes mais également valables pour la surveillance de ces polluants. On trouvera une brève description des méthodes appliquées dans le projet à l'annexe 1. Les diverses solutions utilisables ont été décrites et étudiées plus en détail dans une publication de l'OMS (16).

La méthode la plus souvent utilisée pour le dosage de SO_2 est le titrage acidimétrique ou méthode au peroxyde d'hydrogène (36%), suivie de la méthode colorimétrique à la *p*-rosaniline ou méthode de West-

Gaeke (27%), puis de la méthode ampérométrique ou coulométrique (21%) et enfin de la méthode conductimétrique (12%). Un nombre très limité de stations se servent de la photométrie de flamme ou de la détection par fluorescence pulsée. Pour le dosage des MPS, on utilise une méthode gravimétrique dans 50% des sites après captage au moyen d'un échantillonneur grand volume (EGV) dans 46% des cas et sur membrane dans 4% des cas. Pour le dosage des MPS, on effectue une mesure réflectométrique du noircissement sur un filtre dans 43% du site. Seules quelques stations (7%) sont entièrement automatisées et appliquent des méthodes de mesure continue, par exemple la néphélométrie ou l'absorption bêta.

La complexité des techniques de surveillance utilisées dans le réseau est extrêmement variable. Les dispositifs de surveillance continue entièrement automatisés, par exemple le photomètre de flamme pour SO_2 et le néphélomètre pour les MPS, donnent des renseignements très détaillés sur les variations temporelles de concentration, puisqu'ils fournissent des valeurs horaires ou demi-horaires. Les méthodes manuelles couramment employées, par exemple celles au peroxyde d'hydrogène pour SO_2 et la mesure du noircissement pour les MPS, ne permettent pas une analyse temporelle aussi poussée puisqu'elle donne des valeurs globales pour l'échantillon de 24 h. Ce degré d'analyse suffit cependant pour le réseau et les valeurs correspondantes sont très utiles pour étudier les cycles hebdomadaires, l'influence des saisons et les tendances et pour procéder à des comparaisons avec les critères ou normes de qualité de l'air.

Pour surmonter les difficultés que pose l'interprétation de données obtenues à l'aide de techniques de mesures différentes, on a mis en place des stations de comparaison en divers points du réseau. On y fait fonctionner en parallèle des équipements différents pendant une certaine période. En plus de ces expériences sur le terrain, on a également procédé à des études comparatives inter-laboratoires dans le cas de SO_2 . L'assurance de la qualité constitue un aspect important de tout réseau de surveillance. On trouvera à l'annexe 2 des précisions complémentaires sur l'assurance de qualité pour le projet GEMS de surveillance continue de l'air.

Mise en œuvre du projet

Le projet de surveillance continue de l'air est mis à exécution par l'intermédiaire des Bureaux Régionaux de l'OMS où des contacts opérationnels sont pris et entretenus avec les instituts et organismes nationaux participant au projet. Dans chacun des pays participants, un organisme ou un institut officiel (centre national) se voit confier le rôle d'organe centralisateur chargé de l'exécution du projet au niveau national. En outre, un certain nombre de centres collaborateurs OMS apportent une aide à l'exécution du projet en fournissant les services de consultants, en effectuant des contrôles d'assurance de qualité, en gérant la banque de données et en préparant les rapports récapitulant les données recueillies.

Une aide importante est apportée par l'Environmental Monitoring and Systems Laboratory de l'Environmental Protection Agency, Research Triangle Park (Etats-Unis d'Amérique) qui gère la banque de données et participe à l'établissement des rapports du projet. On trouvera à l'annexe 3 la liste complète des centres collaborateurs OMS et des organismes et instituts nationaux.

Présentation des données

Récapitulations statistiques

Les dosages quotidiens du SO_2 et des MPS fournissent une masse considérable de données dont l'exploitation et la notification supposent un traitement statistique préalable. Il est particulièrement commode de récapituler les séries annuelles de mesures quotidiennes en chaque site sous forme d'un tableau des fréquences cumulées accompagné du graphique correspondant.

Les statistiques annuelles, ventilées par polluant et pour station de surveillance, sont publiées dans des rapports biennaux (17, 18, 20, 22). Le tableau 2 illustre la présentation retenue. Il récapitule les concentrations de SO_2 dans un site du type « commercial centre ville » de Tokyo et indique le nombre de mesures valables effectuées au cours de l'année. Dans cet exemple, les enregistrements sont relativement complets puisque le nombre de journées manquantes par année est au maximum de 11. Le minimum et le maximum des moyennes quotidiennes sont indiquées, ainsi que les percentiles correspondant à la distribution des fréquences cumulées. Enfin, le tableau indique la valeur des moyennes arithmétique et géométrique et celle de l'écart-type.

Complétude et représentativité des données

Les stations ne communiquent pas toutes des données suffisamment complètes pour qu'on puisse établir des valeurs annuelles (moyennes, percentiles, etc.) représentatives. Il faut faire une distinction selon que les séries de données sont incomplètes du fait de la mise en place intentionnelle d'un plan d'échantillonnage discontinu (par exemple une mesure tous les cinq jours) ou qu'elles le sont en dépit de tous les efforts et de toutes les précautions. Dans le premier cas, une planification convenable permet d'obtenir des valeurs annuelles représentatives. Dans le second cas, il est nécessaire de procéder au coup par coup pour juger de la représentativité de chaque série de données.

Des données peuvent être perdues du fait d'un mauvais fonctionnement ou d'une panne des dispositifs d'échantillonnage ou de mesure, de l'élimination de données douteuses avant leur enregistrement ou d'erreurs intervenant au cours de la transmission ou du traitement des données. La représentativité de la série des données disponibles dépend

Tableau 2. Moyennes journalières de la concentration du dioxyde de soufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) enregistrées dans un site du type « commercial centre ville » de Tokyo, 1973-1980^a

Année	Nombre de valeurs (n)	Minimum	Percentile										Maximum	Moyenne arithmétique	σ	Moyenne géométrique	σ
			10	30	50	60	70	80	90	95	98						
1973	363	ID ^b	38	55	70	75	83	94	108	122	140	149	71	28	65	1,6	
1974	363	ID	44	57	68	72	78	85	93	106	118	152	68	21	65	1,4	
1975	363	ID	38	53	64	68	75	80	91	104	124	186	65	23	60	1,5	
1976	366	ID	42	52	63	68	73	81	92	107	118	210	66	23	62	1,4	
1977	358	ID	45	58	68	76	79	84	92	97	110	144	68	20	64	1,5	
1978	364	ID	34	47	52	58	60	65	76	84	100	123	54	18	51	1,5	
1979	363	ID	37	52	55	58	60	65	73	81	102	183	56	18	53	1,4	
1980	355	ID	37	50	55	58	60	63	71	79	97	126	55	17	51	1,5	

^a La méthode employée sur ce site est la méthode conductimétrique.^b ID : valeur inférieure au seuil de détection (dans le cas présent $26 \mu\text{g}$ de SO_2 par mètre cube).

de la nature des problèmes et de la distribution des données valables. A supposer, par exemple, qu'environ 15% des données manquent et que ces données manquantes sont distribuées uniformément sur toute l'année et de façon relativement aléatoire, on peut admettre que la série correspondante est représentative de l'année entière. Cependant, il reste possible qu'on n'ait pas enregistré les valeurs extrêmes (maximum ou minimum). En revanche, si les 15% de données manquantes sont groupées, par exemple dans une période de près de deux mois consécutifs où aucune valeur n'est indiquée, il est douteux que la série de données soit représentative de l'année entière, spécialement sur un site où l'on observe d'importantes variations saisonnières. Si les valeurs quotidiennes varient peu d'un jour sur l'autre, les conséquences d'une perte prolongée de données pourraient être minimales.

Séries de données pour le réseau

On trouvera à l'annexe 4 la récapitulation des statistiques annuelles par polluant et par site. Dans le tableau qui constitue cette annexe, on trouve le nombre de mesures effectuées pendant l'année ainsi que les valeurs de la moyenne, du maximum et du 98^e percentile, par pays et par ville. Chaque fois qu'une série de données n'est pas jugée représentative de l'année complète, elle est signalée par un astérisque. Ces données doivent être rejetées ou utilisées avec de grandes précautions dans les analyses ultérieures.

L'annexe 4 compte 1451 séries de données dont chacune correspond à la concentration de SO₂ ou des MPS en un site donné et pour une année déterminée. Les données couvrent la période 1973-1980. On compte 736 valeurs pour le SO₂ et 715 pour les MPS (368 valeurs obtenues à l'aide d'un échantillonneur grand volume, 299 par réflectométrie des taches de fumée, 80 au moyen d'un échantillonneur gravimétrique à membrane et 8 par atténuation bêta. Au total, 74% des séries relatives à SO₂ et 79% des séries concernant les MPS sont jugées représentatives. Les chapitres suivants sont consacrés à la dispersion des valeurs, aux moyennes, à diverses comparaisons et à l'interprétation des données.

Représentation graphique

Bien que la tabulation (comme dans le tableau 2 et à l'annexe 4) soit très commode pour la récapitulation et la transmission des données, leur présentation graphique est plus parlante. En général, on considère que la meilleure représentation d'une série annuelle de mesures quotidiennes consiste dans une distribution lognormale (21). Dans des limites acceptables, les données sont représentées sur un papier semi-logarithmique par une droite.

Bien que cette méthode ne soit pas idéale, elle est certainement la plus pratique, spécialement quand on retient les valeurs allant de la

médiane au 98^e percentile, intervalle qui est le plus intéressant dans l'optique de la surveillance de l'air à visée sanitaire. Dans la majorité des séries de données, les valeurs les plus faibles sont voisines du seuil de détection, sinon plus faibles, de sorte que leur précision est douteuse et que leur valeur réelle est très souvent inconnue. A l'autre extrémité de la distribution, il est assez souvent difficile d'évaluer la représentativité et l'exactitude des concentrations les plus élevées du polluant. Les erreurs sont fréquentes, du fait de l'échantillonnage, de l'utilisation d'instruments défectueux ou d'inexactitudes dans l'enregistrement ou l'analyse des données. En outre, des phénomènes locaux exceptionnels peuvent aussi expliquer certaines valeurs extrêmes.

Exemples de présentation lognormale

La figure 2 donne quelques exemples de distribution lognormale des fréquences cumulées. Ces exemples correspondent à la concentration de SO_2 sur les trois sites GEMS de Tokyo et de Zagreb, en 1973 et en 1980. Les points représentatifs des données sont régulièrement espacés, en général de 10 en 10 percentiles. Les droites tracées passent par les deux points correspondant au 50^e et au 95^e percentiles. La pente de ces droites reflète la dispersion des valeurs dans le temps. Une variabilité importante s'explique en général par des variations saisonnières importantes de la concentration des polluants.

Dans l'exemple de Tokyo (Fig. 2), la faible pente des courbes de distribution des fréquences cumulées illustre la faible variabilité des concentrations quotidiennes de SO_2 . Cette variabilité, de même que les concentrations en valeur absolue, a diminué de 1973 à 1980 sensiblement de la même façon pour les trois sites. C'est dans le site « industriel centre ville » (ICV) que la pollution par SO_2 est la plus intense tandis qu'elle est la moins intense dans le site « résidentiel banlieue » (RB). Dans l'exemple de Zagreb, les droites sont étroitement ajustées à la série de points représentatifs, spécialement dans l'intervalle allant du 50^e au 98^e percentile. La pente élevée traduit la dispersion plus importante des valeurs quotidiennes, par suite de l'influence très sensible des saisons.

Les graphiques de la figure 3 relatifs aux concentrations moyennes mensuelles de SO_2 illustrent la dispersion de ces valeurs selon la saison. En comparant les données de 1980 et de 1973 pour le site « commercial centre ville » de Tokyo, on voit que quelques pointes de concentration ont été atténuées mais qu'il y a apparemment peu de différences selon les saisons. Les moyennes mensuelles sur une durée plus longue montrent que la concentration de SO_2 est plus élevée en hiver sur le site industriel et qu'elles présentent des variations saisonnières plus marquées sur le site résidentiel.

Dans le cas de Zagreb, les concentrations mensuelles de SO_2 font apparaître des variations saisonnières beaucoup plus prononcées, qui se sont légèrement atténuées de 1973 à 1980 sur le site « commercial centre ville ». Le graphique des valeurs moyennes sur l'ensemble de la période

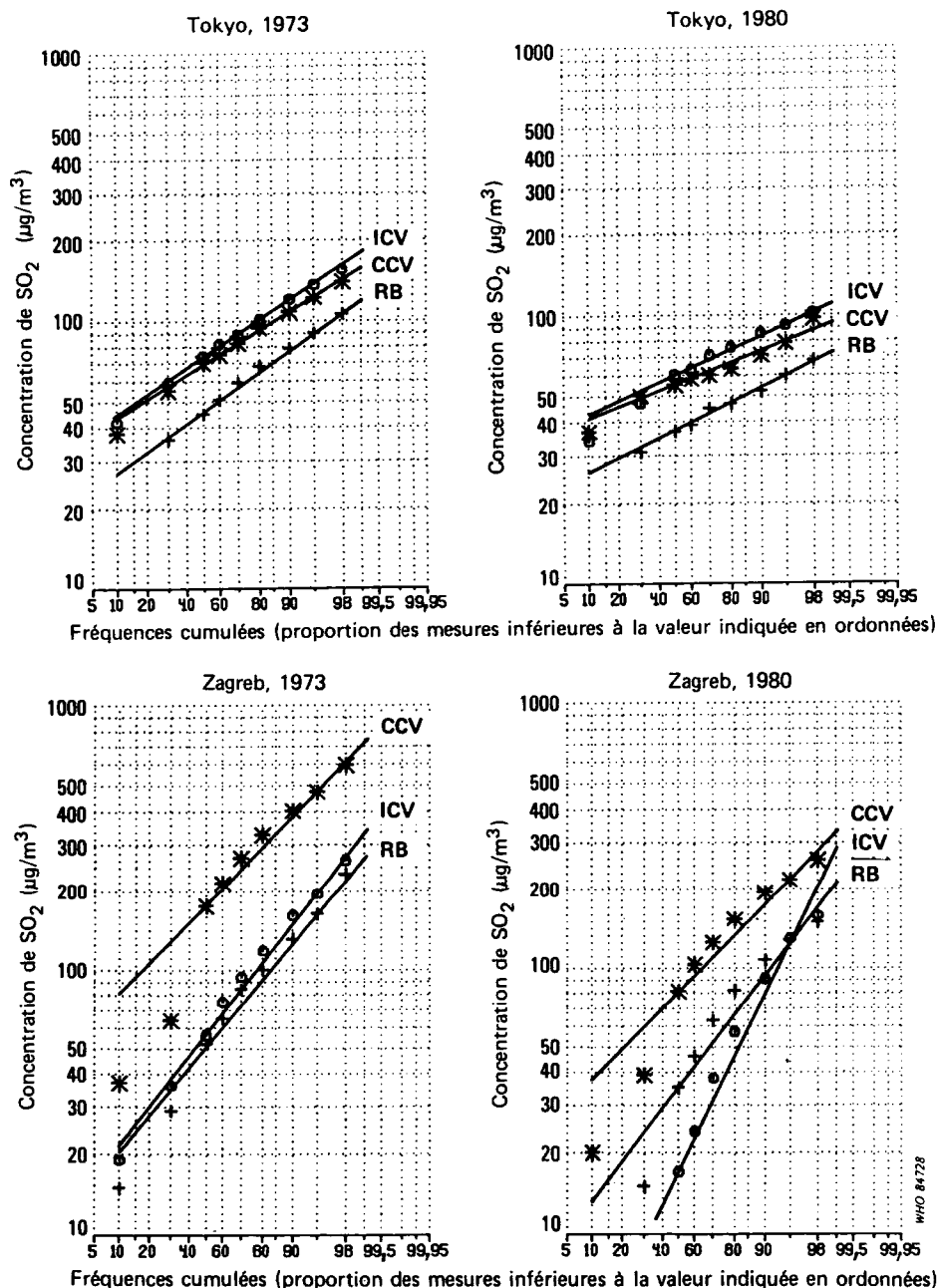


Fig. 2. Distribution des fréquences cumulées de la concentration journalière de SO_2 sur les sites « commercial centre ville » (CCV), « industriel centre ville » (ICV)² et « résidentiel banlieue » (RB) de Tokyo et de Zagreb

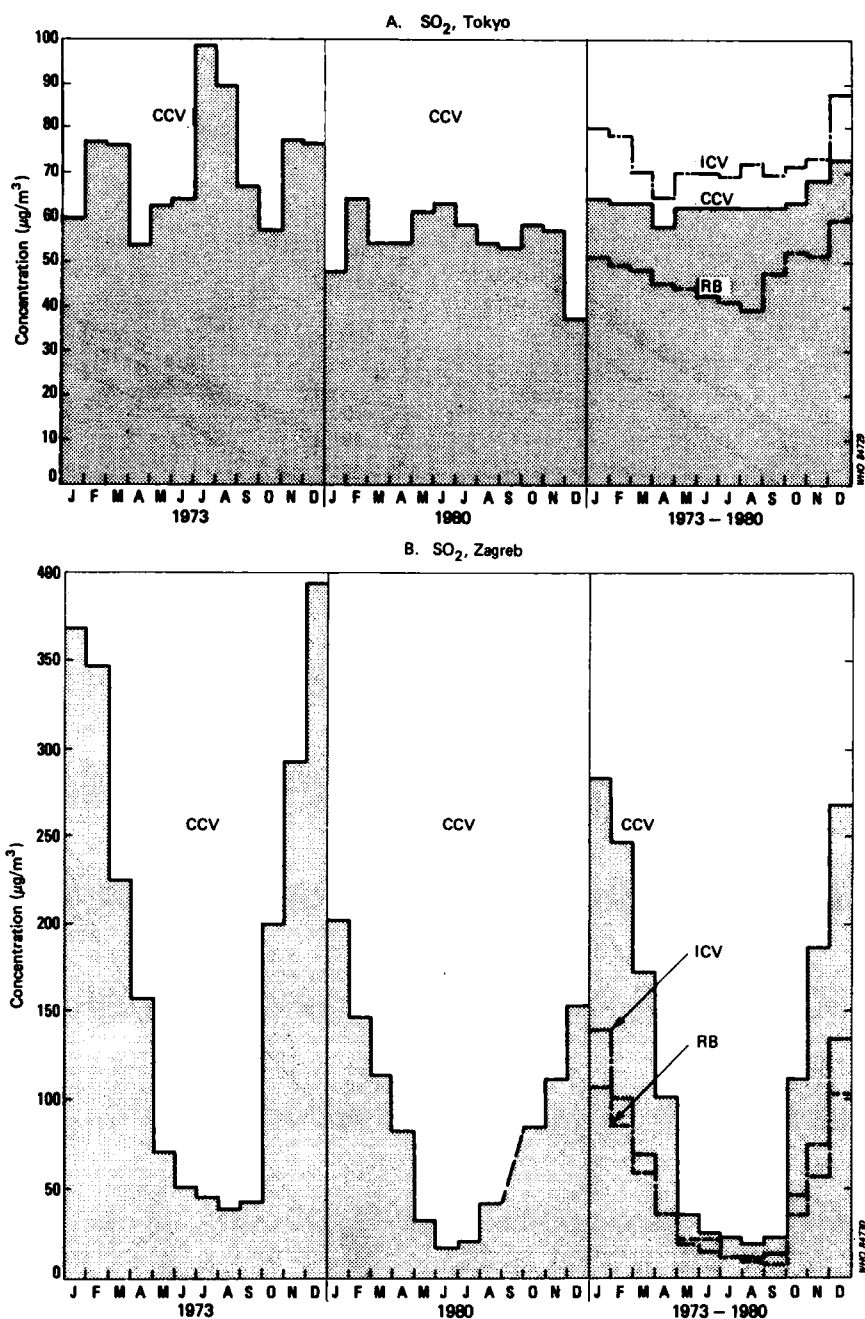


Fig. 3. Variations mensuelles de la concentration de SO_2 à Tokyo (A) et à Zagreb (B) sur les trois sites, respectivement de type « commercial centre ville » (CCV), « industriel centre ville » (ICV) et « résidentiel banlieue » (RB)

met en évidence des variations saisonnières dans tous les sites de Zagreb. Il est intéressant de noter que, en 1973, la concentration de SO_2 a présenté des variations inhabituellement sensibles de janvier à avril puis de septembre à décembre. Cela explique la distribution bimodale des données pour cette année dans le cas du site « commercial centre ville » de Zagreb (voir Fig. 2). En revanche, en 1980, par suite d'une limitation locale des émissions, les valeurs extrêmes se montrent nettement plus faibles et les variations saisonnières beaucoup moins prononcées (Fig. 3).

Un autre exemple de la façon dont des émissions et des conditions météorologiques inhabituelles peuvent influencer sur la distribution des fréquences cumulées est fournie par la série de données relatives au site « commercial centre ville » de Londres. La plupart des concentrations quotidiennes de SO_2 et des fumées sont représentées sur le graphique lognormal de la figure 4 par des points qui tombent très près de la droite. C'est presque exactement le cas également pour les maximums observés, par exemple dans le cas des fumées en 1974 et 1979 et de SO_2 en 1974. Le point représentatif de la concentration journalière maximale

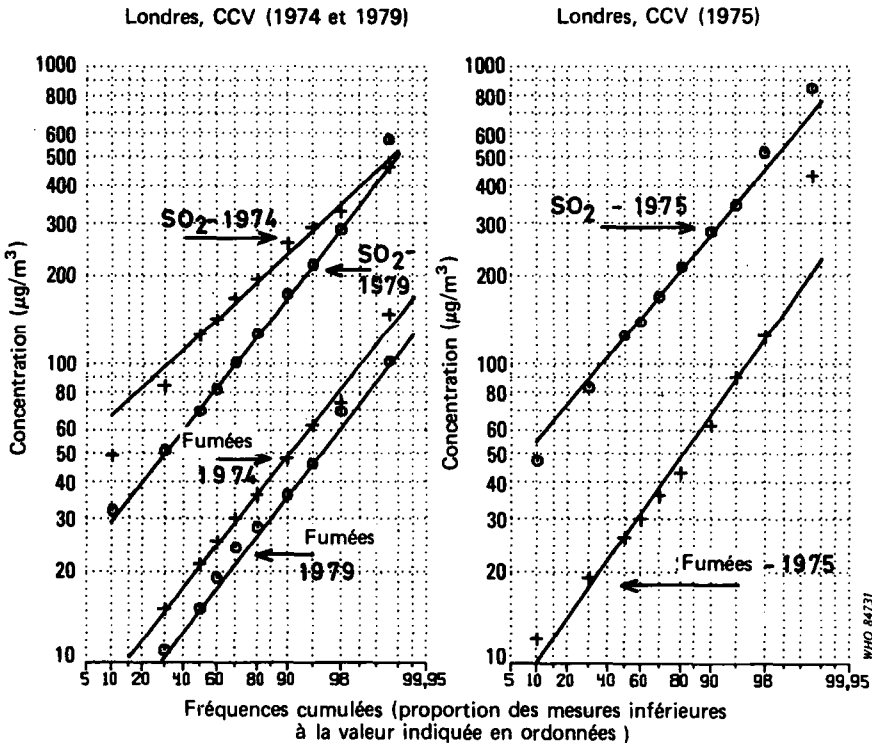


Fig. 4. Distribution des fréquences cumulées des concentrations journalières de SO_2 à Londres, sur le site du type « commercial centre ville » (CCV)

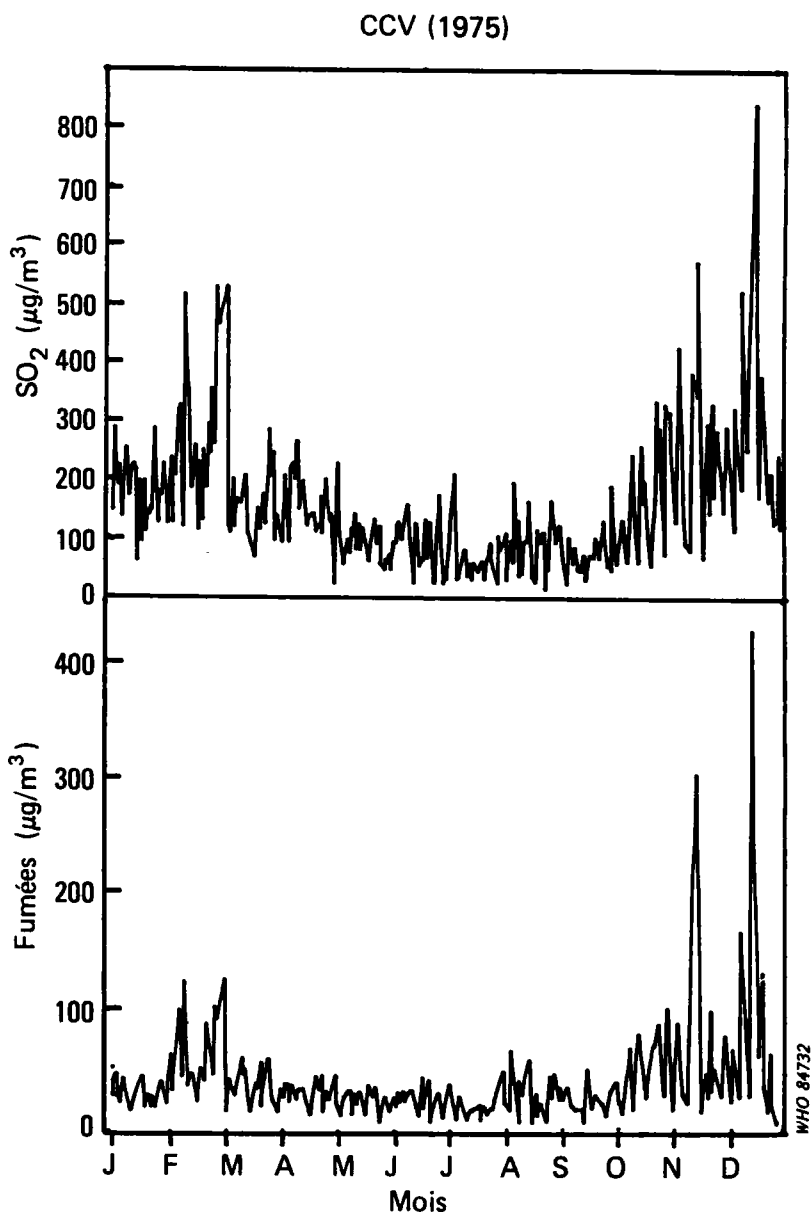


Fig. 5. Relevés quotidiens de la concentration de SO_2 et de la concentration des fumées à Londres en 1975, sur le site de type « commercial centre ville » (CCV)

de SO_2 en 1962 tombe un peu au-dessus de la droite, probablement par suite des concentrations anormalement élevées en janvier et février 1979 — deux des mois les plus froids des 20 dernières années pendant lesquels on a donc consommé beaucoup de combustible pour se chauffer.

Sur la figure 4, les maxima pour SO_2 et pour les fumées en 1975 en ce même site de Londres sont représentés par des points tombant au-dessus de la droite qui joint les points correspondants au 50^e et au 95^e percentiles. Pour le dioxyde de soufre, le maximum observé a été de $840 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et non de $670 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme l'indique le point situé à l'aplomb sur la droite représentative, et de $430 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les fumées au lieu des $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondant à la valeur estimative. Ces chiffres anormalement élevés s'expliquent par les mauvaises conditions météorologiques qui ont caractérisé le mois de décembre 1975 (basse température stable et faibles vents) d'où une mauvaise dispersion des polluants (1). Et comme les températures étaient anormalement basses, il a fallu chauffer davantage pendant cette période, de sorte que la pollution a connu son maximum d'intensité depuis 1962. Les valeurs quotidiennes enregistrées pour SO_2 et les fumées en 1975 (Fig. 5) font ressortir le caractère exceptionnel des concentrations observées pendant cette période.

Les exemples ci-dessus illustrent certaines des difficultés qu'on peut rencontrer dans l'ajustement d'une droite à la distribution des fréquences cumulées. En général, des données locales complémentaires, par exemple les variations saisonnières des émissions et les épisodes de pollution intense, peuvent faciliter l'interprétation des écarts par rapport aux droites d'ajustement.

Analyse des variables de base

Le fonctionnement du réseau GEMS de surveillance continue de l'air a permis de rassembler une masse considérable de données sur la qualité de l'air dans les zones urbaines. Ces données se prêtent à de nombreux types d'analyse. La méthode de base consiste à étudier chaque polluant en chacun des sites, année par année. Mais on peut aussi adopter une vision plus globale des choses en étudiant la valeur de telle ou telle variable pour un polluant déterminé dans l'ensemble des sites ou sur les sites d'un type donné. On peut aussi analyser les moyennes et les valeurs extrêmes (en général le maximum ou la valeur correspondante au 98^e percentile) annuelles.

Variations à l'échelle mondiale

Il est sans doute préférable de se faire une première idée de la situation en examinant des cartogrammes, comme ceux des figures 6, 7 et 8 où sont représentées les valeurs moyennes, pour la période 1975-1980, de la concentration des polluants étudiés dans les zones urbaines relevant du projet GEMS de surveillance de la qualité de l'air. Cette période a été retenue de façon à réduire au minimum les variations d'une année sur l'autre. Les résultats sont indiqués pour deux sites dans chaque ville. Quand un plus grand nombre de sites était en fonctionnement, on a représenté la valeur la plus faible et la valeur la plus élevée pour donner une idée des variations spatiales de la concentration du polluant à l'intérieur de la ville.

On constate sur la figure 6 que la concentration de SO₂ est en général faible à moyenne en Australie, au Canada, aux Etats-Unis d'Amérique et en Nouvelle-Zélande. Des valeurs plus élevées sont indiquées pour certains sites d'Europe, d'Amérique du sud, d'Afrique du nord et d'Asie. Les figures 7 et 8 montrent que la méthode ayant la préférence pour le dosage des matières particulaires en suspension (MPS) diffère selon les cas : on utilise la méthode gravimétrique avec échantillonneur grand volume en Amérique du nord, en Europe, en Asie et en Australie. La concentration des fumées est déterminée en Europe, en Amérique du Sud et en Nouvelle-Zélande. Les concentrations plus élevées des MPS observées sur les sites de l'Asie du sud-ouest et de l'Inde s'expliquent peut-être par la présence de poussières dans l'atmosphère, qui ne proviennent pas nécessairement de l'activité humaine et ne sont pas forcées

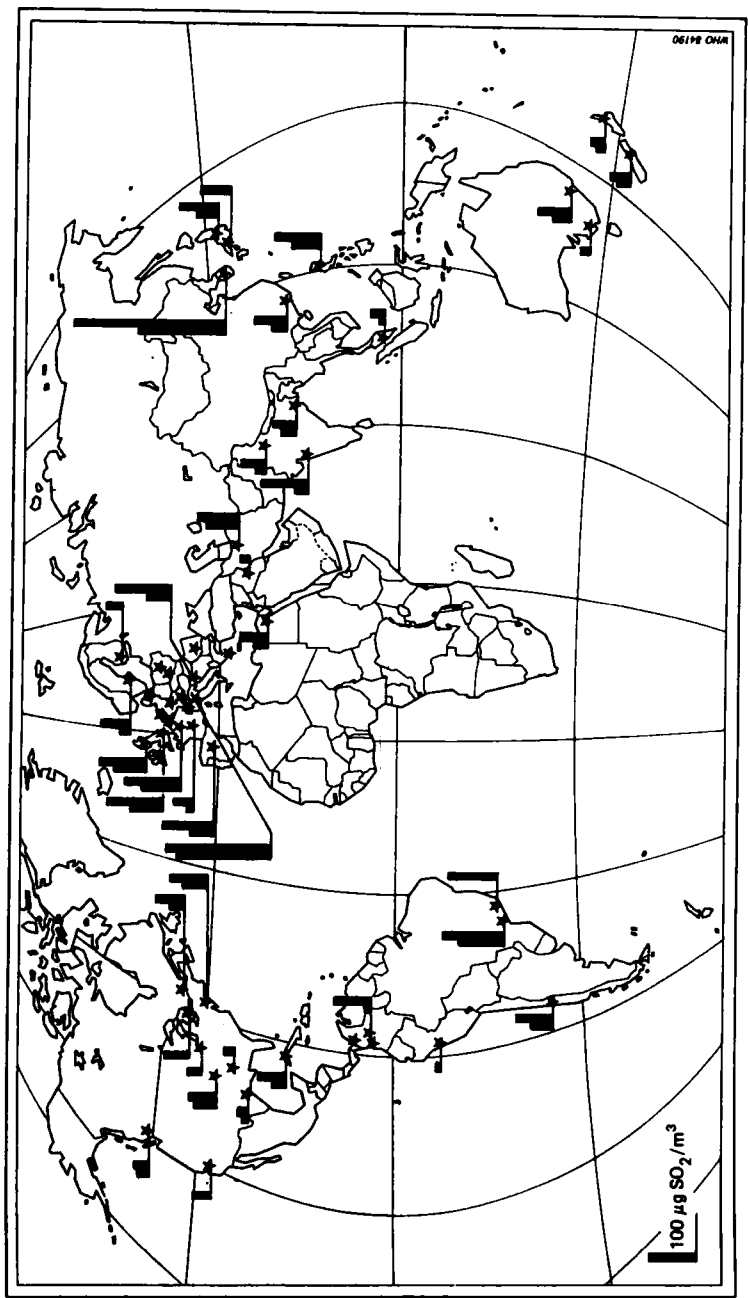


Fig. 6. Concentrations moyennes de SO_2 , en 1975-1980, dans les villes couvertes par le réseau GEMS (quand le nombre de sites y est supérieur à 2, on a indiqué la plus faible et la plus forte moyenne ; dans le contraire, les résultats correspondent aux sites existants)

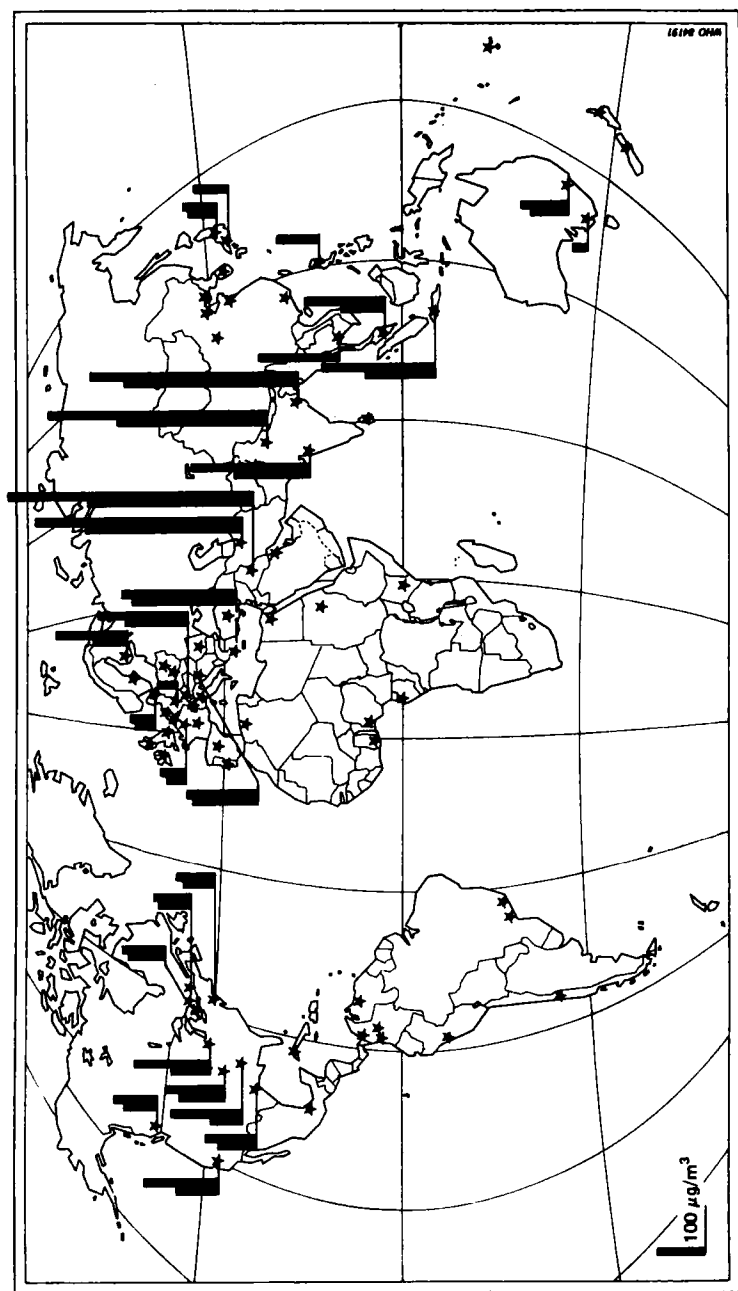


Fig. 7. Concentrations moyennes des MPS (méthode gravimétrique), en 1975-1980, dans les villes couvertes par le réseau GEMS (quand le nombre de sites y est supérieur à 2, on a indiqué la plus faible et la plus forte moyenne ; dans le cas contraire, les résultats correspondent aux sites existants)

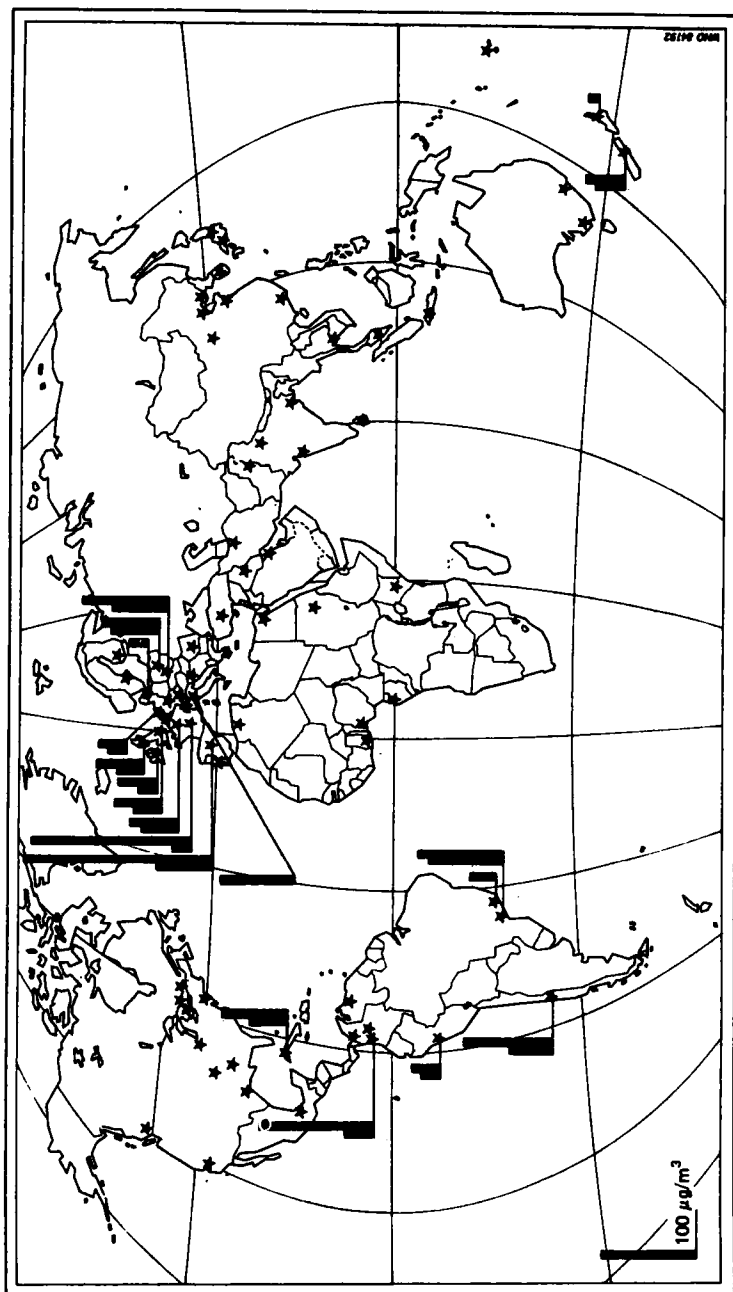


Fig. 8. Concentrations moyennes des fumées, en 1975-1980, dans les villes couvertes par le réseau GEMS (quand le nombre de sites y est supérieur à 2, on a indiqué la plus faible et la plus forte moyenne ; dans le cas contraire, les résultats correspondent aux sites existants)

ment « respirables » du fait de leur dimension. Une interprétation plus précise exigerait des renseignements complémentaires sur les sources locales d'émission et sur les conditions environnementales.

Distribution des moyennes annuelles

Les analyses globales ci-dessous correspondent aux données GEMS reproduites à l'annexe 4. Pour continuer à donner une vue d'ensemble des diverses valeurs, on a représenté sur les figures 9, 10 et 11 les moyennes annuelles des concentrations, mesurées par diverses méthodes, de SO_2 et des MPS (échantillonnage à grand volume et réflectométrie des taches de fumée) pour la totalité des sites sur l'ensemble de la période couverte par le projet (1973-1980). Pour chaque polluant, la distribution des valeurs est asymétrique, présentant son maximum du côté des concentrations les plus faibles et s'étalant du côté des valeurs les plus fortes. Sur tous les sites, la distribution des concentrations moyennes annuelles est sensiblement lognormale, tout comme la distribution des valeurs moyennes quotidiennes sur les différents sites.

Dans le cas de SO_2 (Fig. 9), les concentrations moyennes annuelles représentatives vont de 3 à 242 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. On relève quatre valeurs supérieures à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ qui correspondent aux deux sites « centre ville » de Milan. A l'autre extrémité, avec des moyennes annuelles inférieures ou

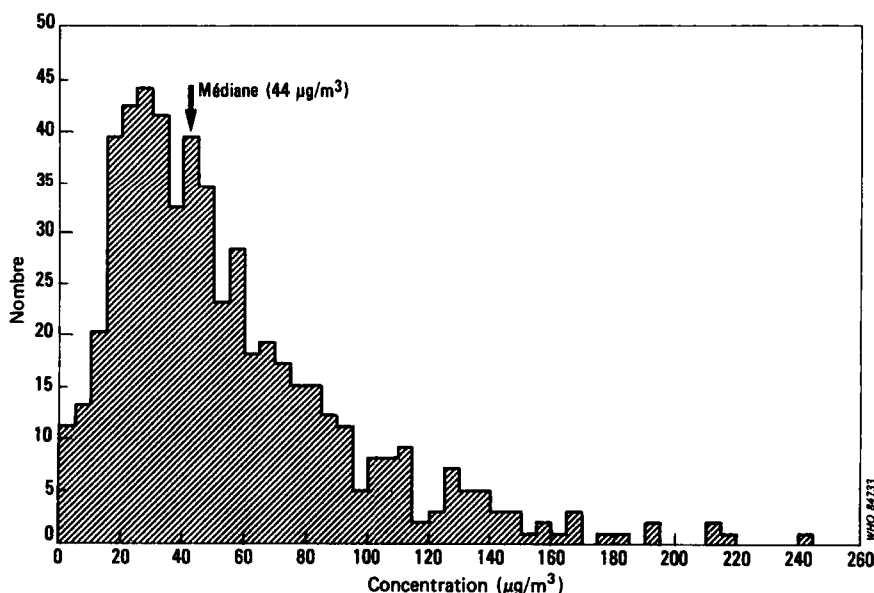


Fig. 9. Distribution des concentrations moyennes annuelles de SO_2 sur la totalité des sites du projet GEMS, en 1973-1980

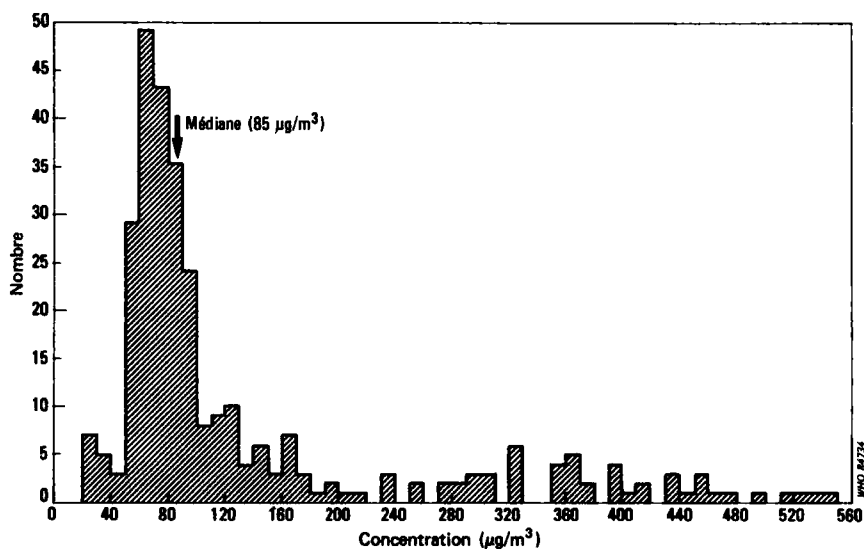


Fig. 10. Distribution des concentrations moyennes annuelles des MPS (méthode gravimétrique) sur la totalité des sites du projet GEMS, en 1973-1980

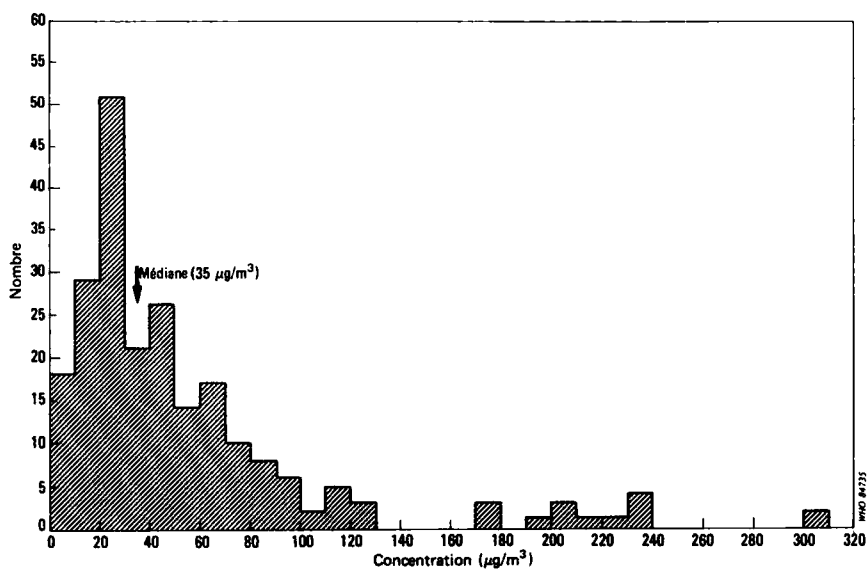


Fig. 11. Distribution des concentrations moyennes annuelles des fumées sur la totalité des sites du projet GEMS, en 1973-1980

égales à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ — encore que les données enregistrées comportent quelques lacunes — on trouve des sites de Hong Kong, Houston et Harris (Texas), Kuala Lumpur, Lima, Melbourne et Toulouse. Pour la plupart des sites (90%), les concentrations se situent dans l'intervalle $11\text{--}135 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'intervalle central regroupant 50% des valeurs va de 27 à $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour l'ensemble des concentrations de SO_2 , la médiane est égale à $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dans le cas des matières particulaires en suspension, dosées par la méthode avec échantillonneur grand volume (Fig. 10), les concentrations extrêmes sont de 24 et de $547 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il existe une queue de distribution importante au-dessus de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ puisqu'elle regroupe 55 des 303 valeurs individuelles. Quarante des points situés au-dessus de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondent à trois villes : Calcutta, Delhi et Téhéran. A l'extrémité inférieure de la distribution, on trouve 12 moyennes annuelles ne dépassant pas $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, à Copenhague et à Melbourne. L'intervalle regroupant 90% de la totalité des valeurs va de 49 à $413 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tandis que l'intervalle central regroupant 50% des données va de 67 à $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration médiane des MPS (échantillonneur grand volume) est égale à $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les 225 valeurs établies pour les MPS par réflectométrie des taches de fumées (Fig. 11) s'étagent de 4 à $307 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dans deux villes seulement, Madrid et Téhéran, les moyennes annuelles rapportées excèdent $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour la plupart, les valeurs sont étroitement concentrées à l'extrémité inférieure de l'intervalle (au-dessous de $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$). L'intervalle regroupant 90% des valeurs va de 6 à $196 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et l'intervalle central (50% des valeurs) va de 22 à $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dans le cas des fumées, la médiane se situe à $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les distributions lognormales des fréquences cumulées correspondant aux concentrations moyennes annuelles pour les séries de données relatives à la période 1973-1980 sont représentées sur la figure 12. On y trouve, pour chacun des polluants étudiés, un graphique récapitulatif pour l'ensemble des sites, un graphique opposant le centre ville et la banlieue et un graphique distinguant les sites selon leur implantation dans un quartier résidentiel ou dans une zone industrielle ou commerciale. On ne constate guère de différence dans ces diverses présentations. De façon générale, les sites implantés en banlieue ou dans un quartier résidentiel enregistrent une pollution moins intense que les sites implantés au centre ville ou dans une zone commerciale ou industrielle.

Distribution des maximums

Les valeurs du 98^e percentile (P_{98}) présentées à l'annexe 4 sont représentatives des concentrations quotidiennes maximales. En particulier, la valeur P_{98} correspond à la concentration qui n'est pas dépassée plus de 7 jours par an. Les distributions correspondant à ces valeurs sont représentées sur la figure 13. On trouve des similarités entre types de sites par comparaison avec les moyennes annuelles. Pour l'ensemble

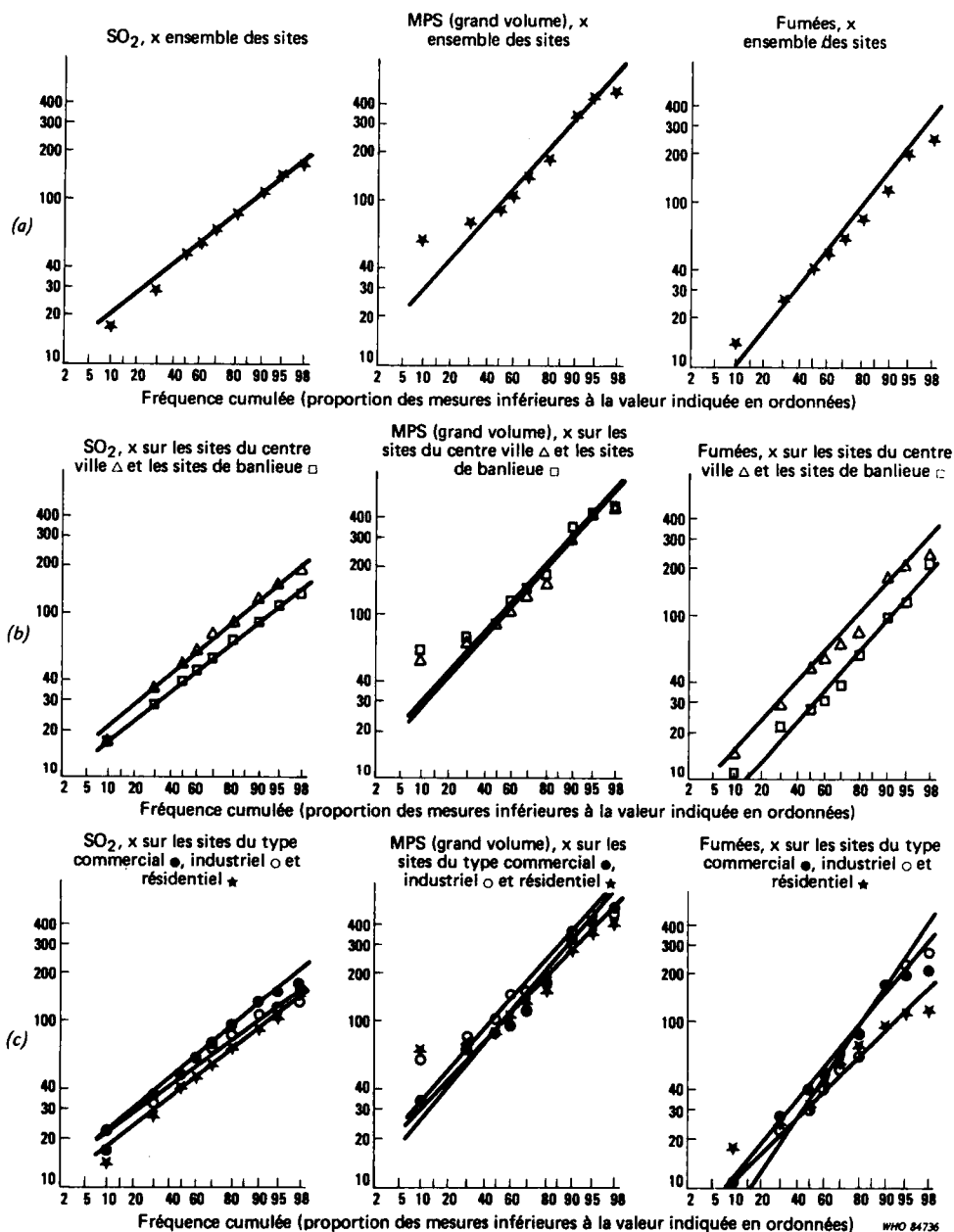
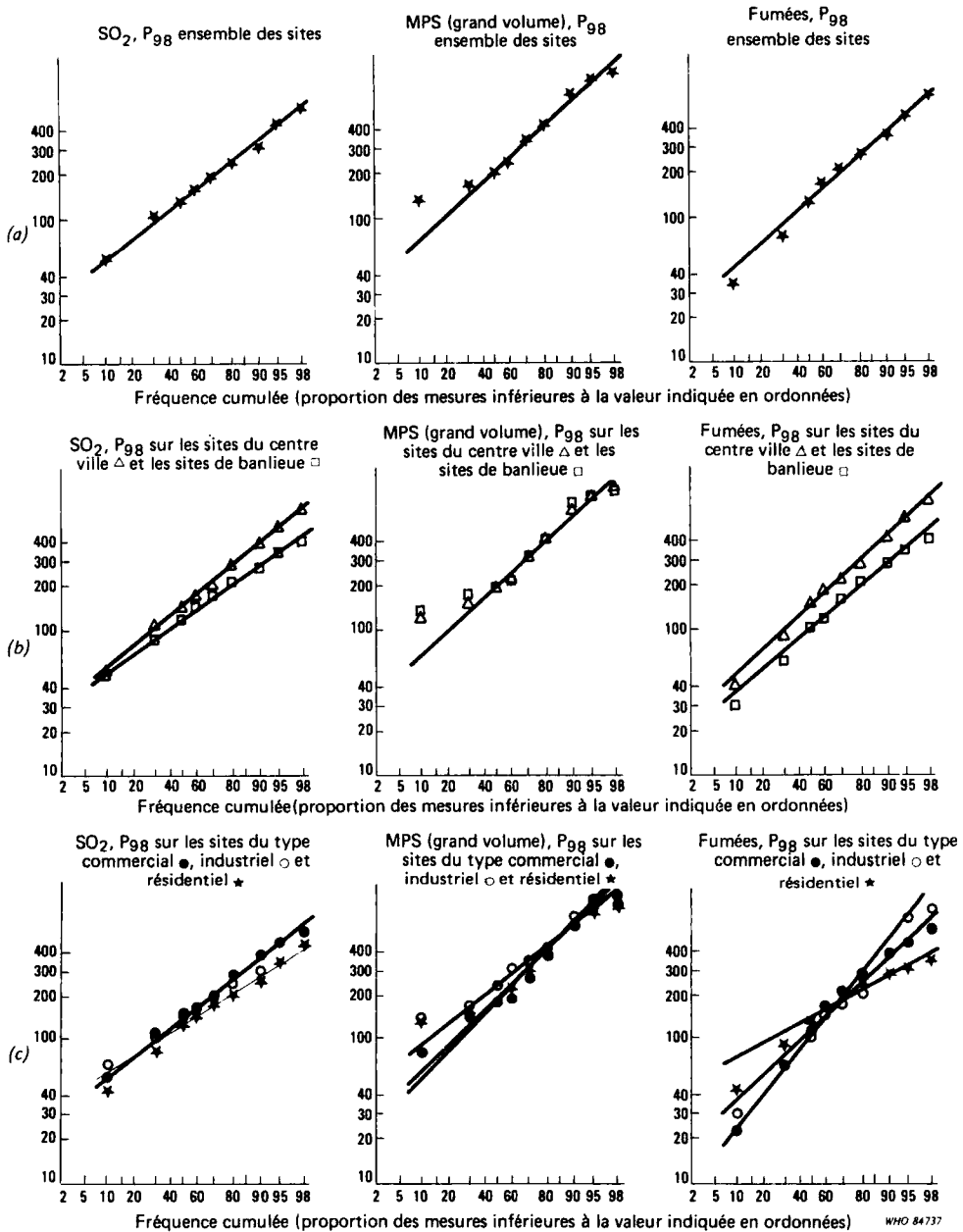


Fig. 12. Distributions des fréquences cumulées des concentrations moyennes annuelles ($\bar{x}$) de SO_2 , des MPS (méthode gravimétrique) et des fumées pendant la période 1973-1980 a) sur l'ensemble des sites, b) sur les sites du type « centre ville » (CV) et « banlieue » (B) et c) sur les sites du type commercial (C), industriel (I) et résidentiel (R).



WHO 84/737

Fig. 13. Distributions des fréquences cumulées des concentrations maximales annuelles (P_{98}) de SO_2 , des MPS (méthode gravimétrique) et des fumées pendant la période 1973-1980 a) sur l'ensemble des sites, b) sur les sites du type « centre ville » (CV) et « banlieue » (B) et c) sur les sites du type commercial (C), industriel (I) et résidentiel (R).

des sites, les valeurs centrales (valeurs correspondant au 50^e percentile sur les droites de distribution de P_{98}) sont d'environ 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour SO_2 , 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les MPS (échantillonneur grand volume) et 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les fumées.

Distribution de l'écart-type géométrique

Un autre paramètre qu'on peut examiner pour la série globale des données est l'écart-type géométrique « sigma » (σ_g). Il correspond à la pente de la droite de distribution tracée en coordonnées semi-logarithmiques (représentation lognormale) et donne une idée de la dispersion des concentrations des polluants dans les divers sites. Cette dispersion est en règle générale très fortement influencée par les variations saisonnières des émissions des diverses sources et des conditions météorologiques.

Les distributions de σ_g sont représentées par la figure 14 qui récapitule les données provenant de la totalité des sites. Pour un même polluant, la forme de la distribution est pratiquement identique dans les divers sites : centre ville, banlieue, zone commerciale, zone industrielle,

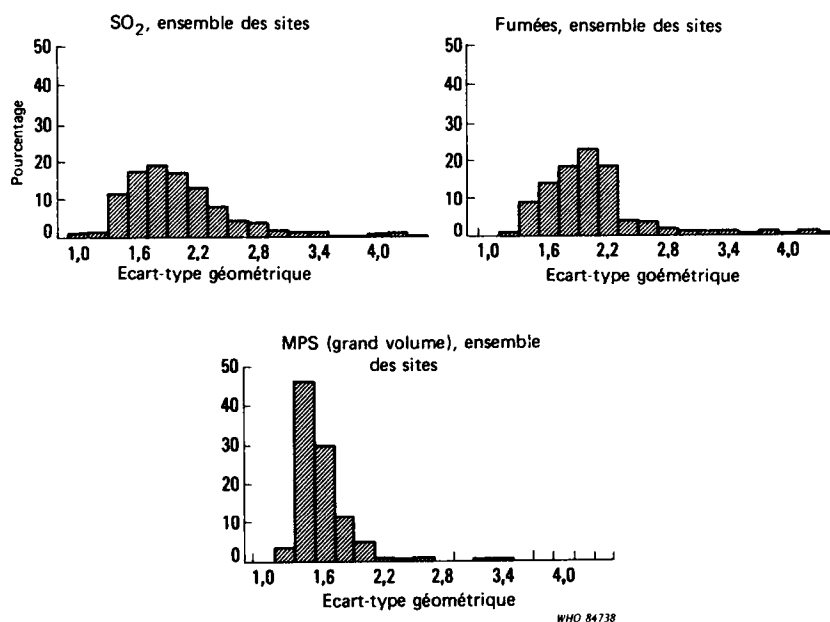


Fig. 14. Distribution de l'écart-type géométrique (σ_g) correspondant à la représentation lognormale des moyennes quotidiennes de la concentration de SO_2 , des fumées et des MPS (grand volume) pour l'ensemble des séries de données annuelles représentatives provenant de tous les sites, 1973-1980

quartier résidentiel. Les distributions relatives à SO_2 et aux fumées sont étonnamment semblables mais elles diffèrent passablement de la distribution des MPS (EGV) dosées à l'aide d'un échantillonneur grand volume. La valeur moyenne de σ_g dans le cas de SO_2 et dans celui des fumées se situe entre 2,0 et 2,2, tandis que les valeurs des MPS (EGV) sont en moyenne beaucoup moins dispersées puisque σ_g se situe à environ 1,6. La dispersion des valeurs σ_g est également nettement plus importante dans le cas de SO_2 et des fumées que dans celui des MPS (EGV). Les valeurs élevées de σ_g sont peu nombreuses et correspondent à certains sites, spécialement dans le cas des fumées. La figure 15 met en évidence les variations anormalement importantes de la concentration des fumées à Christchurch (Nouvelle-Zélande). La dispersion des concentrations est comparable dans les trois types de sites, qu'il s'agisse de la zone commerciale, de la zone industrielle ou du quartier résidentiel, mais elle est beaucoup plus forte que dans le cas de SO_2 . Une analyse plus poussée permet de constater que la concentration des fumées augmente sensiblement dès que la température extérieure tombe au-dessous de 10°C . Pendant les mois les plus froids, la concentration moyenne mensuelle des fumées est sensiblement égale au triple de la moyenne annuelle. Les concentrations maximales quotidiennes atteignent 15 à 20 fois le chiffre annuel moyen, tandis que les minimums tombent au vingtième de ce même chiffre. La concentration de SO_2 augmente légèrement pendant les mois froids mais sans présenter une distribution comparable à celle de la concentration des fumées. Cela tient probablement au fait que le chauffage des locaux (notamment au bois) donne naissance à des fumées noires mais seulement à de petites quantités de SO_2 .

Une analyse semblable réalisée à Auckland (Nouvelle-Zélande) révèle une physionomie comparable mais avec des concentrations, pour les fumées, à peu près 10 fois moins importantes qu'à Christchurch. Comme la température tombe rarement au-dessous de 10°C à Auckland, le chauffage d'ambiance y est beaucoup moins fréquent.

Variations de la moyenne en fonction des valeurs maximales

On peut encore soumettre à une autre analyse la dispersion des concentrations des polluants en comparant les moyennes annuelles des mesures quotidiennes au 98^e percentile. Cette comparaison est illustrée par la figure 16 qui représente les nuages de points de coordonnées $(\bar{x}, P_{98})$. Une analyse de régression linéaire permet de calculer le coefficient de corrélation linéaire r puis les coefficients A et B définissant l'équation de la droite de régression : $P_{98} = A\bar{x} + B$. On constate qu'il existe une relation relativement uniforme entre les valeurs de la moyenne et de P_{98} , même pour des données provenant de villes où les conditions météorologiques, topographiques et socio-économiques sont absolument différentes. La relation n'est pas la même pour les concentrations de SO_2 , des fumées et des MPS (EGV). Deux points sont intéressants à noter : la valeur élevée de l'ordonnée à l'origine (valeur de B) et l'absence de la

Christchurch, 1980

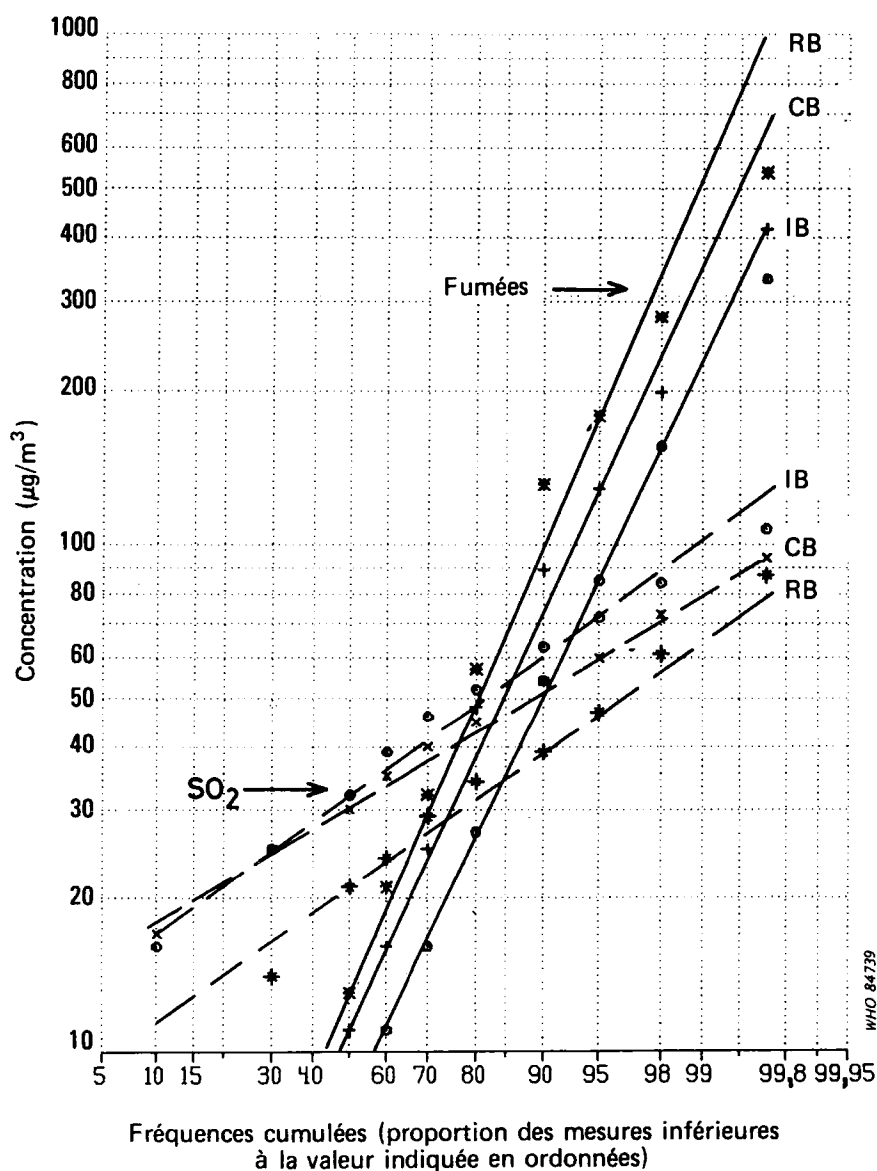


Fig. 15. Distribution des fréquences cumulées des concentrations quotidiennes de SO_2 et des fumées en 1980 à Christchurch (Nouvelle-Zélande) sur trois sites de type « résidentiel banlieue » (RB), « commercial banlieue » (CB) et « industriel banlieue » (IB)

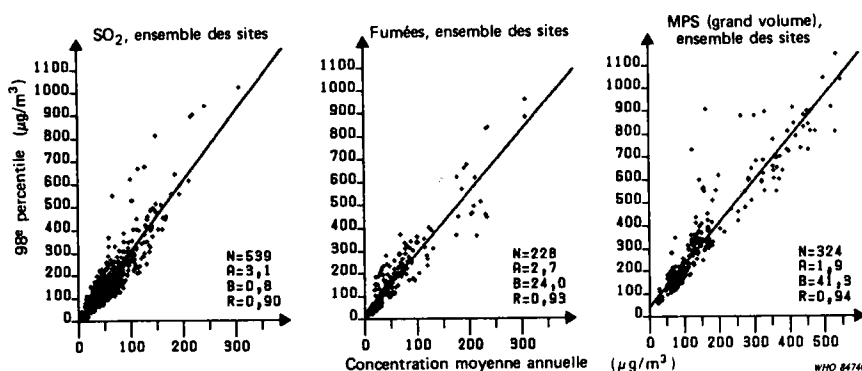


Fig. 16. Diagrammes de dispersion des moyennes annuelles ($\bar{x}$) et des maximums quotidiens (P_{98}) des concentrations de SO_2 , des fumées et des MPS (méthode avec échantillonneur grand volume) pour la totalité des sites, 1973-1980

combinaison d'une faible valeur de $\bar{x}$ et d'une faible valeur de P_{98} , spécialement pour les MPS (EGV). Comme on l'a fait observer au sujet de l'analyse de σ , la relation entre $\bar{x}$ et P_{98} confirme la plus faible dispersion des concentrations des MPS (EGV). Ce phénomène est peu visible sur la figure 18 car on y a contracté l'échelle des $\bar{x}$ sur le graphique des concentrations des MPS (EGV).

Comparaison des dosages des MPS et des fumées par les différentes méthodes

On emploie différentes méthodes pour doser SO_2 et les MPS aux diverses stations implantées dans le cadre du présent projet (voir page 6). Pour éliminer les difficultés que causent l'interprétation de données obtenues par des méthodes différentes, il est donc essentiel de comparer ces méthodes.

Depuis plusieurs années on procède simultanément à la mesure de la concentration de MPS par les deux principales méthodes (gravimétrie et réflectométrie des taches de fumée) sur les trois sites de Téhéran ainsi que sur les trois sites de Copenhague. La comparaison des résultats obtenus soit par néphélométrie, soit par la méthode de l'échantillonneur grand volume a également été effectuée pour divers sites, bien que sur une échelle beaucoup plus modeste que dans le cas précédent. Les résultats de ces comparaisons sont indiqués par le tableau 3.

Le rapport des concentrations des MPS mesurées par les différentes méthodes dépend du site considéré et, sur un même site, varie également en fonction du temps. Dans le cas de la première ligne, par exemple, qui concerne le site implanté dans une zone commerciale de Copenhague, le rapport des concentrations obtenues par échantillonnage grand volume et par réflectométrie est égal à 1,9 (moyenne des rapports correspondant aux quatre années successives, à savoir 2, 2,5, 2 et 1,3).

Tableau 3. Comparaison entre les méthodes de dosage des matières particulaires en suspension

Site ^a	Période	Nombre de don- nées	Concen- trations (µg/m³)		Rapport	Coefficient de corréla- tion linéaire
<i>Comparaison échantillonneur grand volume (EGV) — réflectométrie</i>						
Copenhague			EGV réflectométrie			
CCV	1977-80	1 400	32	17	1,9	0,5-0,6
CB	1977-80	1 350	31	10	3,1	0,5-0,7
IB	1978-80	800	49	13	3,8	0,4
Téhéran						
CCV	1976-80	304	329	211	1,6	0-0,6
IB	1976-80	225	442	233	1,9	0-0,4
RB	1976-80	241	316	119	2,7	0-0,7
<i>Comparaison échantillonneur grand volume — néphélométrie</i>						
Manille			EGV néphélométrie			
IB	1978	36	246	71	3,5	0,8
	1979	49	279	86	3,2	0,4
	1980	31	122	83	1,5	0,2
Melbourne						
CCV	1979	38	65	29	2,2	0,5
Tokyo						
ICV	1978-79	33	140	67	2,1	0,6

^a Types de site : CCV, commercial centre ville ; CB, commercial banlieue ; IB, industriel banlieue ; RB, résidentiel banlieue ; ICV, industriel centre ville.

La valeur moyenne du rapport entre les concentrations trouvées dans les divers sites avec la méthode de l'échantillonneur grand volume et la méthode de réflectométrie des taches de fumée, varie de 1,6 à 3,8. Pour le rapport des concentrations obtenues avec la méthode de l'échantillonneur grand volume et la néphélométrie, les valeurs s'étagent entre 1,5 et 3,5. Si les premiers résultats sont comparables avec les données publiées par de nombreux chercheurs, (2, 9, 10, 11, 13, 14), tel n'est pas le cas des seconds (4, 11, 12). Le dosage des MPS par néphélométrie fournit systématiquement des valeurs moins élevées qu'avec la méthode de l'échantillonneur grand volume : cela tient probablement au fait que les particules grossières recueillies avec la première méthode ne sont pas décelées avec la seconde (ou qu'on n'en tient pas compte dans l'étalonnage de l'instrument).

Etudes de corrélation

On a vu précédemment comment on peut se faire une idée d'ensemble de l'allure générale des variables communes dans les diverses séries de données ; mais on peut aussi établir un certain nombre de corrélations, plus précisément entre les résultats obtenus sur les divers sites d'une même ville et entre les polluants dosés au même site. L'interprétation détaillée de ce type de corrélation se heurte au manque de données sur la configuration des sources locales et l'allure générale de leurs émissions, ainsi que sur les conditions météorologiques au point considéré.

Il est à remarquer, au sujet des études de corrélations calculées à partir des données GEMS de qualité de l'air en zone urbaine. A l'échelle mondiale, ces données sont essentiellement hétérogènes. En effet, une « zone urbaine » correspond à toutes sortes de situations physiques. La topographie, l'étendue et la population de ces zones urbaines sont fort variables. Mais il existe aussi d'autres facteurs qui influent sur les mesures de concentration effectuées, à savoir la climatologie locale, le plan d'utilisation des sols, l'habitat, l'industrialisation et les changements dans la configuration des sources.

Corrélations entre sites d'une même ville

Quand on étudie les concentrations quotidiennes moyennes des polluants atmosphériques, on peut noter que les conditions météorologiques influant sur le transport, la dispersion et, finalement, l'élimination des polluants de l'air sont très souvent identiques dans toutes les stations d'une zone urbaine, sauf particularité topographique. Si, en un site déterminé et dans des conditions météorologiques bien définies sur une courte période, il peut arriver que les concentrations locales soient en grande partie conditionnées par des sources précises. Les caractéristiques météorologiques générales ont une influence comparable sur la dispersion des mesures dans tous les sites. La corrélation entre les concentrations mesurées simultanément sur les différents sites d'une même zone urbaine est affaiblie par la présence de sources particulières tandis qu'elle est renforcée par les conditions météorologiques générales.

Etant donné la diversité des conditions caractérisant les zones urbaines du réseau GEMS, on peut s'attendre à des relations fort variables entre les concentrations de polluants mesurées sur les différents sites d'une même zone urbaine. La figure 17 illustre par des histogrammes les

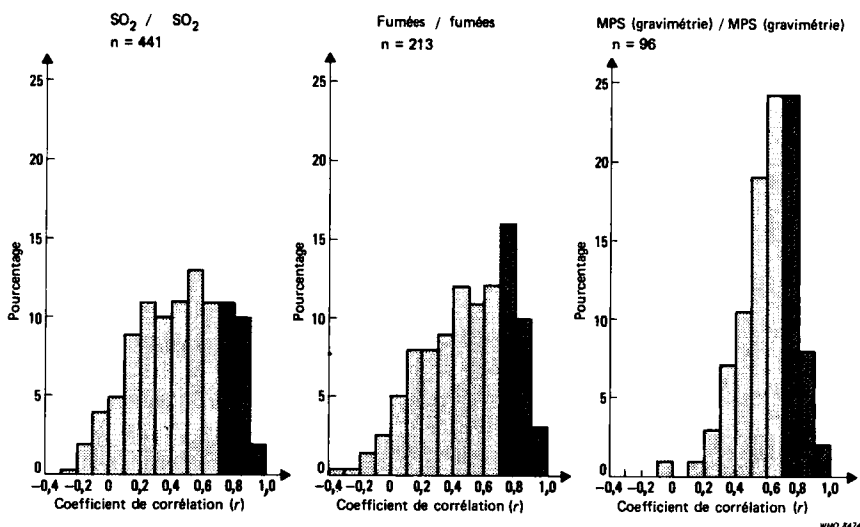


Fig. 17. Distribution des coefficients de corrélation linéaire entre les concentrations de SO_2 , des fumées et des MPS (méthode gravimétrique) mesurées dans deux sites de la même zone urbaine

coefficients de corrélation linéaire entre les concentrations relevées sur deux sites de la même zone urbaine pour trois polluants : SO_2 , fumées et MPS dosés par gravimétrie (échantillonneur grand volume et échantillonneur à membrane). En fait, les coefficients de corrélation linéaire correspondant aux séries annuelles de moyennes quotidiennes appariées sont passablement variables.

Pour cette analyse des corrélations, on a utilisé les séries de données annuelles pour lesquelles on disposait d'au moins quarante couples de mesures simultanées de la concentration quotidienne moyenne des polluants considérés. On comptait 441 séries de données répondant à cette définition dans le cas de SO_2 , et 213 dans celui des fumées ; (25%) de ces séries comportant 150 couples de mesures simultanées de la concentration quotidienne moyenne, d'où un niveau de signification accrue pour la corrélation) et 96 pour les MPS (dosés par dosimétrie) - avec des couples de données souvent en nombre beaucoup plus limité dans ce cas (50-70 couples seulement).

La distribution des coefficients de corrélation (Fig. 19) est comparable pour les associations SO_2 - SO_2 et fumées-fumées, avec une légère asymétrie dans les deux cas allongeant la distribution vers la gauche. La distribution est moins asymétrique dans le cas MPS-MPS (gravimétrie) avec un pseudo-axe de symétrie à $r \approx 0,6$. Des valeurs très faibles du coefficient de corrélation r sont fréquentes, dans le cas des associations SO_2 - SO_2 et fumées-fumées, et parfois même négatives, encore que le niveau de significativité soit alors très faible.

Les rectangles hachurés sur les histogrammes de la figure 19 correspondent aux cas où le coefficient de corrélation linéaire vaut au moins

0,7. La présence de ces cas implique que la variabilité constatée sur l'un des sites peut être associée à la variabilité sur l'autre site de la même zone urbaine dans la proportion d'au moins 50% (100 r^2). Les cas de ce genre représentent une proportion de 23% sur les associations SO_2 - SO_2 , 29% pour les associations fumées-fumées et 34% pour les associations MPS-MPS (gravimétrie).

Toutefois, on notera que les corrélations élevées ne sont pas réparties au hasard sur la totalité du réseau. En réalité, elles ne s'observent que dans quelques villes. S'agissant de SO_2 , 55 des 101 associations entre sites où $r \approx 0,7$ proviennent de Zagreb (20), Amsterdam (14), Osaka (12) et Prague (9), les autres cas concernant les 16 autres villes. Dans le cas des fumées, la situation est analogue puisque 37 des 63 cas proviennent de Christchurch (9), de Copenhague (9), d'Auckland (8), de Londres (6) et de São Paulo (5) et le reste des 11 autres zones urbaines. Pour les concentrations des MPS, dosées par gravimétrie, la situation est encore plus simple puisque les corrélations élevées concernent uniquement Zagreb (8) dans le cas des mesures avec échantillonneur à membrane et, dans celui de l'échantillonneur grand volume, Birmingham (6), New York (5), Toronto (5), Vancouver (4), Saint-Louis (2), Montréal (1) et Pasadena (1).

On s'est demandé si des types particuliers de site étaient en cause dans le cas des corrélations élevées, mais l'étude a montré que toutes les combinaisons possibles de sites (commercial, industriel ou résidentiel) sont représentées, sans qu'aucune association soit privilégiée.

Bien que l'analyse détaillée des situations locales sorte, en règle générale, du cadre du présent rapport, il est intéressant de donner quelques exemples d'un traitement plus approfondi de certaines séries de données. Le tableau 4 indique les résultats des études de corrélation dans le cas de la concentration de SO_2 pour les trois sites GEMS d'Amsterdam. Pour chacune des trois associations de ces sites deux à deux, la

Tableau 4. Corrélation linéaire^a entre les mesures simultanées de la concentration quotidienne de SO_2 sur trois sites d'Amsterdam, respectivement du type « commercial centre ville (CCV), « résidentiel banlieue » (RB) et « industriel banlieue » (IB)

Année	CCV-RB		CCV-IB		IB-RB	
1973	0,82	(307)	0,59	(305)	0,64	(305)
1974	0,64	(342)	0,42	(333)	0,66	(333)
1975	0,51	(333)	0,48	(329)	0,73	(344)
1976	0,88	(340)	0,81	(335)	0,78	(335)
1977	0,82	(314)	0,75	(301)	0,73	(341)
1978	0,89	(279)	0,89	(269)	0,85	(298)
1979	0,97	(342)	0,93	(321)	0,95	(322)

^a Les valeurs indiquées sont celles du coefficient de corrélation linéaire r . Les chiffres notés entre parenthèses correspondent au nombre de mesures quotidiennes simultanées dont n dispose.

corrélation augmente assez régulièrement au fil des ans, ce qu'on peut peut-être expliquer par un progrès dans la comparabilité des mesures et par l'élimination progressive de sources locales importantes. Cependant, on note des exceptions frappantes pour les associations CCV-RB et CCV-IB en 1974 et 1975. La diminution brutale des coefficients de corrélation s'explique peut-être par diverses causes physiques. L'examen des relevés quotidiens et mensuels a permis de repérer les périodes inhabituelles ou douteuses au cours desquelles le synchronisme des variations est perturbé.

A Amsterdam comme dans de nombreuses autres villes, l'allure saisonnière des conditions météorologiques générales explique en très grande partie les corrélations positives systématiquement élevées entre sites différents. Le regroupement des données par saison affaiblit immédiatement la corrélation entre sites ; cependant, on obtient ainsi une mesure plus objective de la relation entre les concentrations simultanément mesurées en différents sites de la même zone urbaine. C'est surtout lorsqu'on se propose d'évaluer la représentativité spatiale des valeurs mesurées en un nombre limité de sites pour une zone plus étendue, qu'il devient indispensable d'établir l'influence des cycles saisonniers et de l'éliminer avant de commencer l'analyse, comme on l'a souligné, par exemple, dans certaines études effectuées à New York (7, 8). Dans les études mentionnées plus haut (page 35), où l'on a noté des corrélations élevées entre sites, les cycles saisonniers jouaient toujours un rôle important.

Un autre exemple d'analyse de corrélation plus poussée est donné à la figure 18 dans le cas du dosage des MPS (échantillonneur grand volume) à Toronto, en 1978-1980. On procédait dans ce cas à un échantillonnage discontinu, fournissant environ 50 couples de valeurs chaque année. Les nuages de points obtenus montrent à quel point la physionomie d'ensemble varie d'une année sur l'autre. En 1979, on relève une corrélation élevée entre la concentration des MPS sur des sites implantés

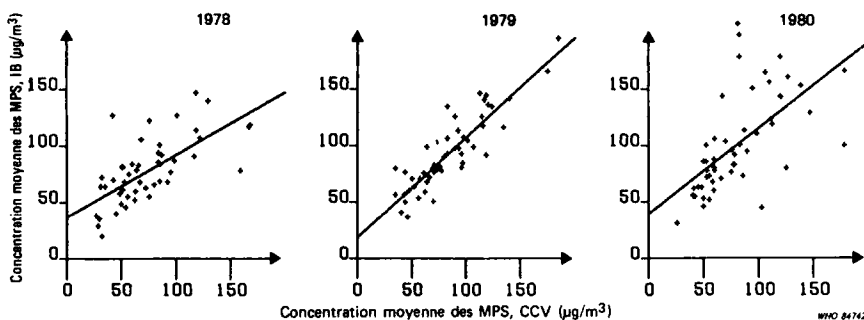


Fig. 18. Nuages de points correspondant aux concentrations des MPS (échantillonneur grand volume) mesurées simultanément dans un site « industriel banlieue » (IB) et un site « commercial centre ville » (CCV) de Toronto en 1978, 1979 et 1980

l'un dans une zone commerciale, l'autre dans une zone industrielle, alors que la corrélation est moins forte en 1978 et en 1980.

Un dernier exemple de corrélation entre des mesures simultanées de la concentration de polluants est fournie par le tableau 5, qui se rapporte aux trois sites GEMS de Londres. Le nombre de mesures effectuées simultanément chaque année n'est pas uniforme, de sorte que l'allure des corrélations est elle-même variable. L'absence soudaine et complète de corrélation en 1977 entre le site industriel et les deux autres est cependant très étonnant. L'examen de la série de données, montre que, en mars de cette année, la concentration des fumées sur les sites industriels était environ 5 fois plus élevée que dans les deux autres sites alors que, normalement, les concentrations sont semblables dans tous les cas. L'absence de données pour le site industriel, de juin à novembre 1977, confirme l'idée qu'il s'est passé quelque chose d'anormal sur ce site en mars 1977 et que les données rapportées pour les fumées ne sont peut-être absolument pas représentatives de l'année correspondante. Cet exemple illustre clairement l'utilité des techniques de corrélation (sous réserve qu'elles soient appliquées correctement) pour attirer l'attention sur des phénomènes anormaux ou inhabituels survenant pendant une période limitée dans la région où est implantée une station de surveillance.

Tableau 5. Corrélation linéaire^a entre les mesures simultanées de la concentration quotidienne des fumées sur trois sites de Londres, respectivement du type « commercial centre ville (CCV), « résidentiel banlieue » (RB) et « industriel banlieue » (IB)

Année	CCV-RB		CCV-IB		IB-RB	
1973	0,74	(125)	0,77	(122)	0,80	(110)
1974	0,71	(200)	0,68	(162)	0,76	(151)
1975	0,88	(193)	0,47	(164)	0,46	(154)
1976	0,59	(199)	0,41	(139)	0,68	(130)
1977	0,68	(206)	0,10	(139)	0,01	(78)
1978	0,51	(297)	0,45	(335)	0,48	(267)

^a Les valeurs indiquées sont celles du coefficient de corrélation linéaire r . Les chiffres notés entre parenthèses correspondent au nombre de mesures quotidiennes simultanées dont n dispose.

Les études de corrélation linéaire entre les concentrations du même polluant, mesurées simultanément en différents sites d'une zone urbaine, permettent de dégager un certain nombre de conclusions :

- Comme on pouvait s'y attendre vu les conditions locales très différentes caractérisant les zones urbaines qui servent à alimenter la banque de données sur la qualité de l'air du projet GEMS, les corrélations entre sites pour un même polluant diffèrent passablement d'une ville à l'autre et l'on observe des valeurs fort variables.

- Pour chacun des polluants étudiés, les corrélations entre sites sont généralement significatives, encore que la médiane des coefficients de corrélation linéaire ne dépasse pas 0,6.
- Dans certaines villes, on observe une fréquence importante et durable de corrélations soit fortes, soit faibles, à de rares exceptions près d'une année sur l'autre. Dans d'autres villes ou dans d'autres associations de sites à l'intérieur d'une même ville, les corrélations varient de façon quasi-aléatoire d'une année à la suivante. L'explication de ce phénomène ne peut être trouvée que dans une analyse détaillée, tenant compte de données supplémentaires dont la plupart ne peuvent être obtenues qu'au niveau local. Ces phénomènes méritent certainement d'être étudiés plus à fond lors des activités ultérieures de surveillance.
- Les cycles saisonniers du niveau de pollution atmosphérique locale influent sur les corrélations entre les différents sites. Dans toute étude détaillée où l'on cherche à faire apparaître des relations entre sites, autres que celles qui découlent de la météorologie locale, il faut avant tout déterminer et éliminer cet effet qui masque tous les autres.
- Dans les limites d'une ville déterminée, la corrélation entre les sites d'un quartier résidentiel et d'une zone commerciale n'est pas forcément plus forte que la corrélation entre un site industriel et un site résidentiel ou la corrélation entre un site industriel et un site commercial. C'est peut-être la preuve que, de façon générale, les sites d'une zone industrielle ne se trouvent pas sous l'influence directe d'importantes sources industrielles de pollution ou que, du moins, l'influence de ce type de source est nivelée par les fluctuations de la direction du vent au cours d'une période de 24 h, durée retenue pour calculer la valeur moyenne des mesures.

Corrélations entre polluants sur un même site

La corrélation entre les concentrations de SO_2 et des MPS (dosées par gravimétrie ou par réflectométrie des taches de fumée) a été étudiée sur les données fournies par le projet de surveillance continue de l'air. Comme pour les corrélations précédentes, seules ont été retenues les séries de données qui comportaient au moins 40 dosages simultanés au cours de l'année. La distribution du coefficient de corrélation linéaire est indiquée sur la figure 19. Pour les corrélations entre SO_2 et fumées, on a pu profiter de l'existence de séries de données plus importantes puisque 80% de ces séries comportaient plus de 150 couples de données quotidiennes, tandis que ces couples n'étaient nombreux que dans 20% seulement des associations SO_2 -MPS (gravimétrie). La différence tient au fait que l'échantillonnage discontinu, par exemple avec une mesure tous les 6 jours, est plus fréquemment pratiqué dans le cas des MPS, spécialement avec la méthode de l'échantillonneur grand volume. Les mesures relatives aux fumées, en revanche, s'effectuent plutôt en continu.

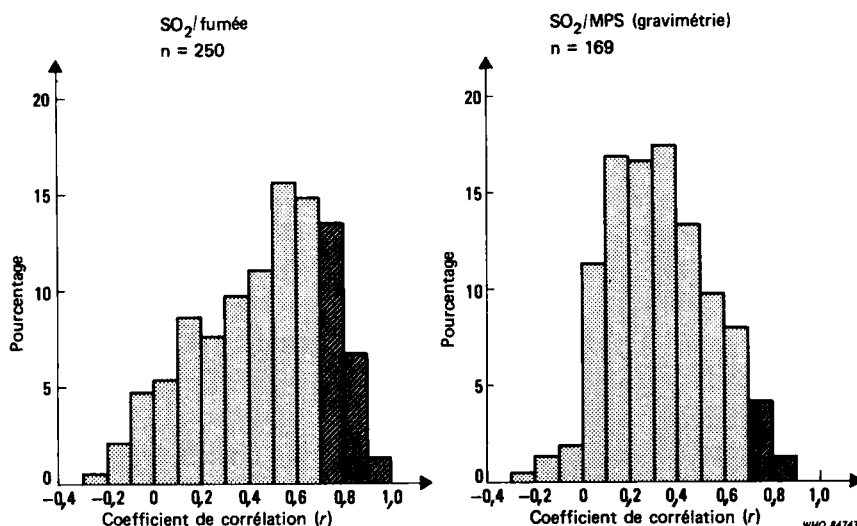


Fig. 19. Distribution des coefficients de corrélation linéaire entre les concentrations de SO₂ et des fumées d'une part et les concentrations de SO₂ et des MPS (gravimétrie) d'autre part, mesurées simultanément sur un même site dans l'ensemble du réseau

Les histogrammes de la figure 19 illustrent la distribution des coefficients de corrélation linéaire entre les dosages de SO₂ et des fumées d'une part, de SO₂ et des MPS (gravimétrie) de l'autre. La première distribution est asymétrique, avec allongement vers la gauche, et comporte 20% de corrélations pour lesquelles le coefficient de corrélation linéaire est supérieur à 0,7. Les corrélations les plus fortes concernent 13 villes, mais dans plus de la moitié des cas, elles se rapportent à 4 villes seulement : Bruxelles, Madrid, Santiago et São Paulo.

Dans le cas de la corrélation entre les concentrations de SO₂ et des MPS (gravimétrie), la distribution est également asymétrique, mais elle est déplacée cette fois vers la droite et la médiane des coefficients de corrélation linéaire ne dépasse pas 0,3. Moins de 5% de ces corrélations sont caractérisées par un coefficient supérieur ou égal à 0,7. Les corrélations les plus élevées concernent Zagreb (4), Vancouver (1), Francfort (1), Calcutta (1) et Saint-Louis (1).

Quand on analyse les corrélations entre SO₂ et les fumées sous l'angle du site de mesure, on constate que les corrélations les plus élevées intéressent des sites implantés dans une zone commerciale, les sites des quartiers résidentiels et des zones industrielles venant ensuite ; dans le cas de ces derniers, les corrélations sont très faibles.

Comme c'était déjà le cas pour les corrélations entre divers sites, les corrélations des mesures faites sur un même site sont très sensibles à l'influence des cycles saisonniers. Quand il y a synchronisme entre les cycles temporels des concentrations observées sur un même site, la corré-

lation entre les couples de valeurs se trouve renforcée. Il faut donc veiller à déterminer l'ampleur de cet effet et à éliminer avant de rechercher d'autres phénomènes physiques susceptibles d'expliquer les corrélations observées.

S'il n'est pas exclu, même dans des conditions normales, que le degré de corrélation entre les concentrations de polluants mesurées sur un même site varie d'une année sur l'autre, des variations soudaines et anormalement fortes méritent une attention particulière, notamment à la recherche d'éventuelles défaillances dans les méthodes d'échantillonnage, d'analyse ou de traitement des données.

Comparaison avec les limites d'exposition publiées par l'OMS

Pour apprécier l'impact sur la santé humaine des polluants présents dans l'atmosphère aux concentrations mesurées dans le cadre du projet OMS/PNUE de surveillance de l'air, on peut comparer les valeurs observées aux valeurs indiquées par l'OMS pour les limites d'exposition relatives à SO₂, aux fumées et au MPS (tableau 6). Cependant, une mise en garde préliminaire s'impose : l'exposition (et partant, les dangers pour la santé) des individus est difficile à estimer car leurs déplacements les amènent à traverser diverses zones (à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments) où l'air est de qualité inégale.

En 1979, l'OMS a publié des limites d'exposition pour SO₂ et pour les matières particulaires en suspension, exprimées sous forme d'une teneur en fumées ou dosées par gravimétrie, en vue de limiter les effets d'une exposition, tant intense et brève que prolongée (tableau 6) (19). S'agissant de l'exposition sur une longue période et des dangers corrélatifs pour la santé publique, on se réfère aux concentrations moyennes annuelles des polluants atmosphériques. Dans le cas de l'exposition et des dangers sur une courte période, la directive vise le 98^e percentile des concentrations moyennes quotidiennes relevées sur un an.

Tableau 6. Valeurs indicatives de l'OMS pour les limites d'exposition relatives à SO₂, aux fumées et aux MPS (dosées par gravimétrie), compatibles avec la sauvegarde de la santé publique

	SO ₂ (µg/m ³)	MPS (µg/m ³)	
		Fumées	Dosage gravimétrique ^a
Moyenne arithmétique annuelle	40-60	40-60	60-90
98 ^e percentile des moyennes quotidiennes	100-150	100-150	150-230

^a Valeurs estimatives à comparer aux concentrations mesurées à l'aide d'un échantillonneur grand volume.

Source : référence 19.

Limites d'exposition prolongée

De façon à obtenir des concentrations moyennes annuelles représentatives pour chacun des sites du réseau et de les comparer aux limites d'exposition prolongée proposées par l'OMS, on a retenu les valeurs moyennes mesurées pendant la période 1975-1980 pour la totalité des sites ; les résultats de la comparaison sont indiqués par le tableau 7.

Dans le cas des concentrations moyennes de SO_2 , près de la moitié de la totalité des sites font apparaître des chiffres se situant en deçà de la limite inférieure d'exposition publiée par l'OMS ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tandis que la limite supérieure ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est dépassée dans un quart des cas. Les comparaisons par type de site montrent que les valeurs limites fixées pour SO_2 sont plus fréquemment dépassées dans le centre des villes qu'en banlieue et dans les zones commerciales et industrielles que dans les quartiers résidentiels. On constate que, dans 60% des sites de ce dernier type, la concentration moyenne annuelle de SO_2 se situe en dessous de la limite inférieure de l'OMS.

Dans le cas des MPS, la limite supérieure est dépassée dans un nombre de sites représentant une proportion un peu plus élevée que pour le SO_2 . Sur la totalité des sites, un peu plus de 40% se situent au-delà de la limite supérieure pour les MPS et 25% au-dessous de la limite infé-

Tableau 7. Comparaison des données du réseau GEMS aux limites d'exposition de l'OMS ; pourcentage des sites par rapport aux valeurs indicatives de l'OMS

Site	SO_2			MPS		
	au des- sous	à l'inté- rieur ^a	au- des- sus	au des- sous	à l'inté- rieur ^a	au- des- sus
<i>Moyenne annuelle (1975-1980)</i>						
Ensemble des sites	49	25	26	24	34	42
Centre ville	41	28	31	23	33	44
Banlieue	58	21	21	25	34	41
Zone commerciale	37	26	37	26	30	44
Zone industrielle	48	26	26	18	31	51
Quartier résidentiel	60	22	18	27	40	33
<i>98^e percentile (1978)</i>						
Ensemble des sites	43	24	32	30	23	47
Centre ville	35	27	38	27	19	54
Banlieue	53	21	26	34	27	39
Zone commerciale	33	31	36	29	24	47
Zone industrielle	47	14	39	29	18	53
Quartier résidentiel	51	29	20	32	26	42

^a ...de l'intervalle des valeurs indiquées par l'OMS.

rieure. La physionomie générale n'est pas différente quand on effectue une ventilation entre les sites « centre ville » et les « sites banlieue ». La comparaison des sites situés dans une zone commerciale, une zone industrielle ou un quartier résidentiel montre que les sites de zone industrielle sont moins nombreux au-dessous de la limite inférieure et les sites de quartier résidentiel moins nombreux au-dessus de la limite supérieure. Pour la moyenne annuelle des MPS, la limite supérieure est dépassée dans la moitié des sites de zone industrielle. Si, en zone commerciale, la limite pour les MPS est dépassée dans environ 40% des sites et la limite pour SO_2 dans une proportion comparable, ces deux limites ne sont simultanément dépassées que dans 20% environ de la totalité des sites de ce type.

Limites d'exposition de courte durée

Pour la comparaison aux limites indiquées par l'OMS dans le cas d'une exposition de courte durée, il faut choisir les valeurs du 98^e percentile pour une seule année. Comme il s'agit de valeurs qui ne sont pas additives, il est impossible d'établir une moyenne pour plusieurs années. Le tableau 7 indique les résultats des comparaisons entre les limites proposées et les valeurs du 98^e percentile pour 1978 — l'année pour laquelle on disposait du maximum de renseignements au moment de l'analyse.

Le nombre des sites où il y a dépassement de la concentration limite fixée, tant pour SO_2 que pour les MPS, est plus élevé dans le cas des limites relatives à une exposition de courte durée que dans celui des limites concernant une exposition prolongée. Dans près du tiers de la totalité des sites, la valeur de P_{98} en 1978 dépasse la limite supérieure fixée pour SO_2 (pour une exposition de courte durée), la proportion étant de près de la moitié dans le cas des MPS. Ce dépassement des limites fixées pour SO_2 et pour les MPS est moins fréquent pour les sites implantés en banlieue ou dans un quartier résidentiel. Les sites de zone industrielle, aussi bien au centre ville qu'en banlieue, ont une tendance plus marquée à dépasser ces limites. Pour la plupart, les sites de quartier résidentiel se situent au-dessous ou à l'intérieur des limites fixées pour une exposition de courte durée, particulièrement pour SO_2 (80%) mais moins nettement pour les MPS (58%).

Dépassement simultané des limites d'exposition pour SO_2 et pour les MPS

Quand les concentrations de SO_2 et des MPS sont simultanément élevées, il existe un risque de potentialisation des effets indésirables sur la santé. Compte tenu de ce risque, on a analysé les données disponibles pour établir la fréquence des cas où les limites proposées par l'OMS étaient simultanément dépassées par la concentration de SO_2 et celle des fumées ou par la concentration de SO_2 et celle des MPS, dosées par gra-

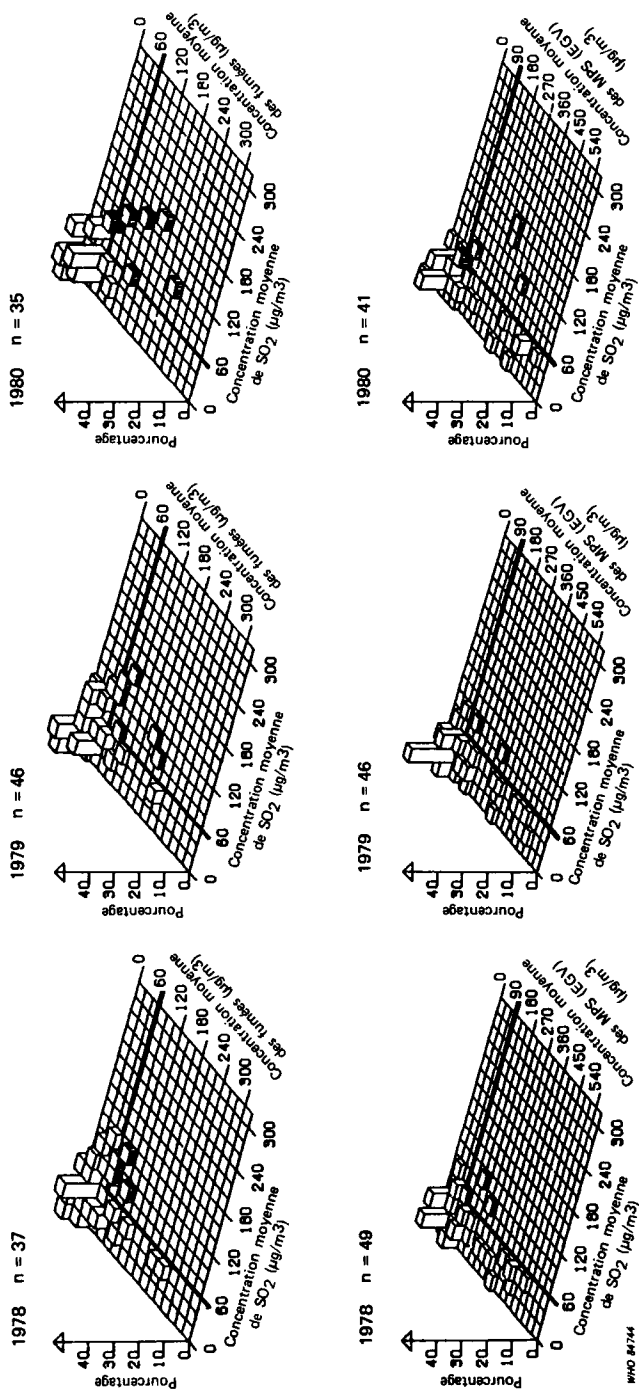


Fig. 20. Distribution des concentrations moyennes annuelles ($\bar{x}$) de SO_2 et des fumées et de SO_2 et des MPS (échantillonneur grand volume) en 1978, 1979 et 1980 — les parties hachurées indiquant les cas où il y a dépassement simultané, par rapport aux limites indicatives de l'OMS, pour la concentration de SO_2 et celle des fumées ou pour la concentration de SO_2 et celle des MPS (échantillonneur grand volume)

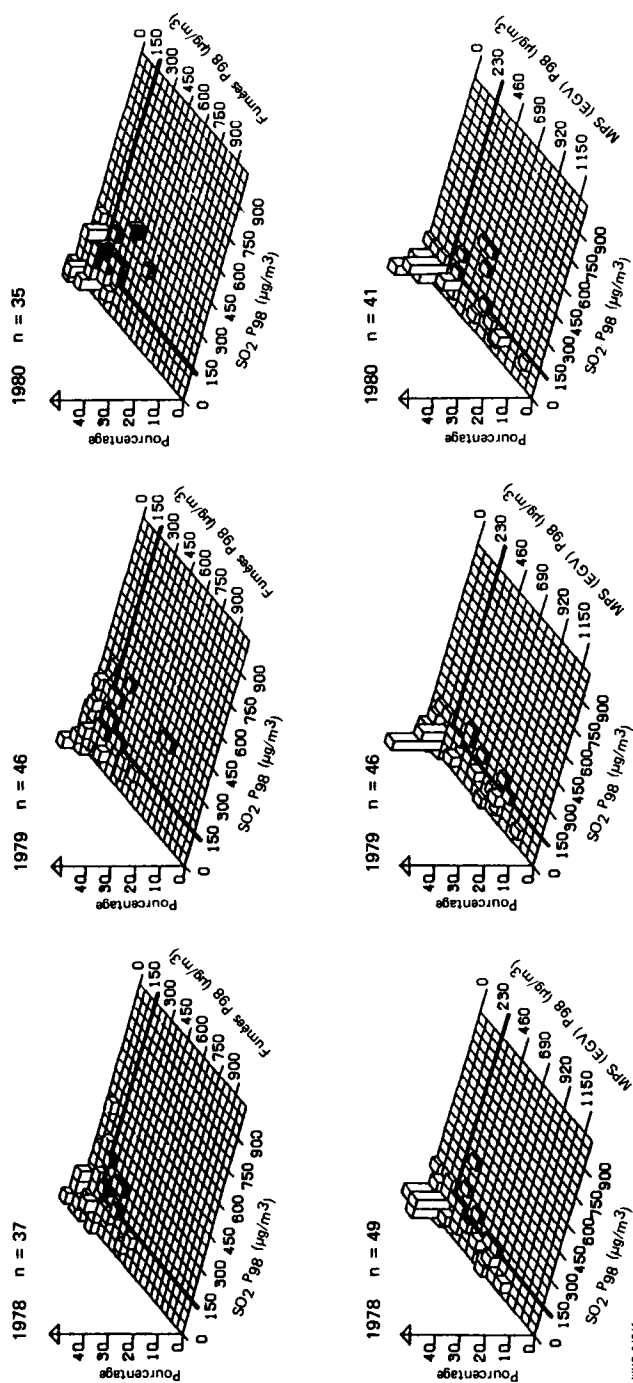


Fig. 21. Distribution du 98^e percentile (P_{98}) des concentrations de SO₂ et des fumées et de SO₂ et des MPS (échantillonner grand volume) en 1978, 1979 et 1980 — les parties hachurées indiquant le cas où il y a dépassement simultané, par rapport aux limites indicatives de l'OMS, pour la concentration de SO₂ et celle des fumées ou pour la concentration de SO₂ et celle des MPS (échantillonner grand volume)

vimétrie. L'analyse des données pour trois années (1978-1980) est illustrée par la figure 20 dans le cas des concentrations moyennes annuelles et par la figure 21 dans le cas des valeurs de P_{98} . Pour les années considérées, il y a eu 35-49 sites où un dépassement simultané a été observé.

Il est facile, à partir de la figure 20, de déterminer le pourcentage des sites dans lesquels les limites proposées par l'OMS pour une exposition de longue durée ont été simultanément dépassées, d'une part pour SO_2 et les fumées, d'autres part pour SO_2 et les MPS (échantillonneur grand volume). Dans le premier cas (SO_2 et fumées), ce dépassement simultané s'est produit dans 11 à 20% des sites pendant la période 1978-1980 ; dans le second cas, les pourcentages correspondants sont de 4 à 15%. Il est intéressant de noter que, dans un certain nombre de sites, il y a eu dépassement dans le cas des MPS (échantillonneur grand volume) alors que, pour SO_2 , la concentration moyenne annuelle tombait à l'intérieur ou au-dessous de l'intervalle des valeurs indicatives.

Le pourcentage des sites dans lesquels les limites fixées ont été dépassées simultanément par le 98^e percentile des concentrations de SO_2 et celui des concentrations des fumées varie, pour cette même période 1978-1980, de 16 à 34%. La fourchette correspondante pour SO_2 et les MPS (échantillonneur grand volume) se situe à 14-15%.

Une analyse plus poussée de tous les sites où la concentration moyenne ou le 98^e percentile dépassaient les limites d'exposition à la fois pour SO_2 et pour les MPS montre qu'il s'agissait, dans 70-80% des cas, de sites du type « commercial centre ville ».

Tendances

Un objectif important du réseau GEMS de surveillance continu de l'air est d'observer les tendances de la qualité de l'air dans les villes. Etant donné que la concentration atmosphérique des polluants est variable, on choisit pour l'analyse une période relativement courte (de l'ordre de 5 à 8 ans). En outre, la composition du réseau change chaque année, principalement par suite de l'adjonction de nouveaux sites ; il n'est donc pas facile d'observer les tendances globales des variables retenues dans le projet pour apprécier la pollution de l'air. On a donc étudié les tendances au niveau des sites individuels.

Tendances générales

Une analyse de tendance a été effectuée pour la moyenne et le 98^e percentile annuels de la concentration de SO₂ et de celle des MPS sur chacun des sites pour lequel on disposait de données représentatives sur au moins 5 années consécutives. L'analyse a donc porté sur 63 sites, mais pour près de la moitié d'entre eux, les données disponibles ne correspondent qu'à tout juste 5 années. Cela étant, on a appliqué une méthode semi-quantitative, en déterminant l'évolution, en pourcentage, des résultats moyens entre la première et la seconde moitié de la période. Quand cette dernière comptait un nombre impair d'années, l'année centrale a été utilisée dans les deux moitiés. Le résultat est exprimé sous forme d'un pourcentage de variation rapporté à l'année.

Avec cette technique, l'évaluation de la significativité statistique des tendances comporte une large part d'arbitraire. A des fins de classification, on a considéré que la tendance était à la baisse en cas de diminution d'au moins 3% par an en moyenne pour les valeurs moyennes relatives à la demi-période et qu'elle était à la hausse en cas d'augmentation du même ordre.

Les résultats de cette analyse de tendance sont indiqués au tableau 8 dans le cas des concentrations moyennes annuelles et dans le tableau 9 pour les valeurs du 98^e percentile. On trouvera plus de précisions sur l'ampleur des variations de ces paramètres sur les figures 22 et 23.

Dans le cas de SO₂, la tendance prédominante est à la baisse. Dans environ 50% des sites, on observe une diminution tant de la concentration moyenne annuelle que de la valeur de P₉₈. Et cela quel que soit le type de site, à l'exception des sites des zones commerciales où l'on

Tableau 8. Tendances de la concentration moyenne annuelle des polluants atmosphériques, 1973-1980

Site	Nombre de sites	Pourcentage des sites où l'on observe une tendance		
		à la baisse	station- naire	à la hausse
<i>Dioxyde de soufre</i>				
Ensemble des sites	63	54	30	16
Centre ville	34	56	26	18
Banlieue	29	52	34	14
Zone commerciale	23	61	17	22
Zone industrielle	20	55	30	15
Quartier résidentiel	20	45	45	10
<i>Matières particulaires en suspension</i>				
Ensemble des sites	62	43	47	10
Centre ville	34	47	47	6
Banlieue	28	39	46	15
Zone commerciale	21	38	52	10
Zone industrielle	20	50	40	10
Quartier résidentiel	21	42	48	10

Tableau 9. Tendances du 98^e percentile de la concentration des polluants atmosphériques, 1973-1980

Site	Nombre de sites	Pourcentage des sites où l'on observe une tendance		
		à la baisse	station- naire	à la hausse
<i>Dioxyde de soufre</i>				
Ensemble des sites	62	50	23	27
Centre ville	33	45	30	25
Banlieue	29	55	14	31
Zone commerciale	23	48	30	22
Zone industrielle	19	53	21	26
Quartier résidentiel	20	50	15	35
<i>Matières particulaires en suspension</i>				
Ensemble des sites	61	43	36	21
Centre ville	33	42	33	25
Banlieue	28	43	39	18
Zone commerciale	21	43	33	24
Zone industrielle	19	53	16	31
Quartier résidentiel	21	33	57	10

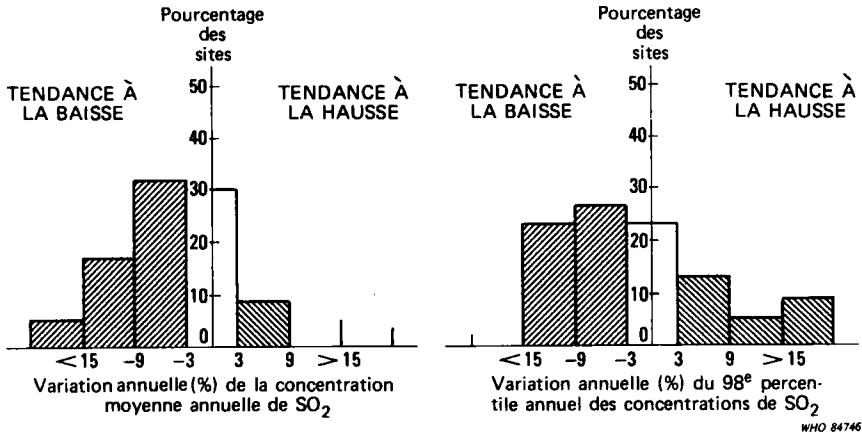


Fig. 22. Distribution des tendances de la concentration moyenne annuelle ($\bar{x}$) et de la concentration maximale quotidienne (P_{98}) de SO₂ dans l'ensemble des sites pour lesquels on dispose de données représentatives pour au moins 5 années consécutives

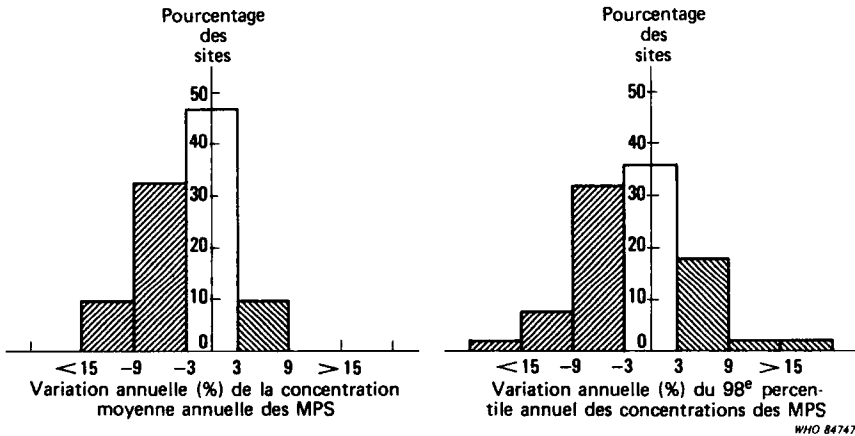


Fig. 23. Distribution des tendances de la concentration moyenne annuelle ($\bar{x}$) et de la concentration maximale quotidienne (P_{98}) des matières particulaires en suspension dans l'ensemble des sites pour lesquels on dispose de données représentatives pour au moins 5 années consécutives

observe une tendance à la hausse dans 60% des cas. Une tendance à la hausse s'observe dans environ 15% des sites pour ce qui est des concentrations moyennes annuelles et 25% pour les valeurs de P_{98} . L'évolution se situe le plus souvent entre 3 et 9% par an, et moins fréquemment entre 9 et 15% ou à plus de 15% par an (Fig. 22).

Pour les MPS, la tendance dominante est également à la baisse. Sur environ 45% des sites, on observe une diminution des concentrations moyennes annuelles et des valeurs de P_{98} . Le pourcentage des sites industriels où il y a tendance à la baisse est légèrement plus élevé, avec 50% et quelque, tant pour les concentrations moyennes annuelles que pour P_{98} . Une évolution en hausse de la concentration des MPS est constatée dans 10% des sites dans le cas des moyennes annuelles et dans 20% environ dans celui de P_{98} .

Sur les 52 sites où l'on a dosé simultanément SO_2 et les MPS pendant au moins 5 ans, la concentration moyenne de ces deux polluants s'est révélée en diminution dans 30% des cas, stationnaire dans 20% des cas et, nulle part, elle n'a augmenté pour les deux simultanément. Ailleurs, les deux concentrations ont évolué de façon variable. S'agissant du 98^e percentile, c'est uniquement sur 9 des 52 sites (17%) qu'on a observé une diminution simultanée, tandis que les valeurs restaient stationnaires dans 8% des cas et qu'elles augmentaient simultanément dans 2% des cas (1 site).

Cette évolution générale des concentrations de SO_2 et des MPS en zone urbaine, essentiellement dans le sens de la baisse, a été confirmée lors de programmes de surveillance à plus long terme mis en œuvre dans certaines villes en cause. C'est uniquement au moyen de renseignements obtenus sur place qu'on peut analyser les causes profondes des tendances observées. En général, la baisse de la concentration atmosphérique des polluants est attribuée à la mise en œuvre de systèmes limitant les émissions, à l'emploi de combustibles pauvres en soufre, aux politiques d'économie d'énergie et à la construction de cheminées plus hautes dispersant mieux les polluants.

Tendances en des points précis

Les figures 24, 25 et 26 donnent des exemples de tendances en des points précis du réseau GEMS, à Zagreb, Bruxelles et São Paulo respectivement. Lorsqu'on dispose de données plus nombreuses, on peut appliquer des techniques telles qu'une analyse de corrélation et de régression linéaires ou une épreuve de corrélation des rangs.

A Zagreb, l'application de n'importe laquelle de ces techniques au cas de SO_2 montre que l'évolution en baisse de $\bar{x}$ et de P_{98} est significative au niveau de 1%, sauf dans le cas des valeurs de P_{98} sur le site industriel où le niveau de signification n'est que de 5% sur ce site, la diminution de P_{98} n'apparaît qu'au cours des deux dernières années.

A Zagreb, la tendance est moins nette dans le cas des MPS. Seules les tendances à la baisse de la concentration moyenne annuelle des MPS sur les sites de type « zone commerciale » et « zone industrielle » et de P_{98} sur le site, sont significatives au niveau de 5%. Les autres tendances ne sont pas statistiquement significatives.

Les données relatives aux sites GEMS de Bruxelles (Fig. 25) concernent toute la période 1969-1981, grâce à l'adjonction de données supplé-

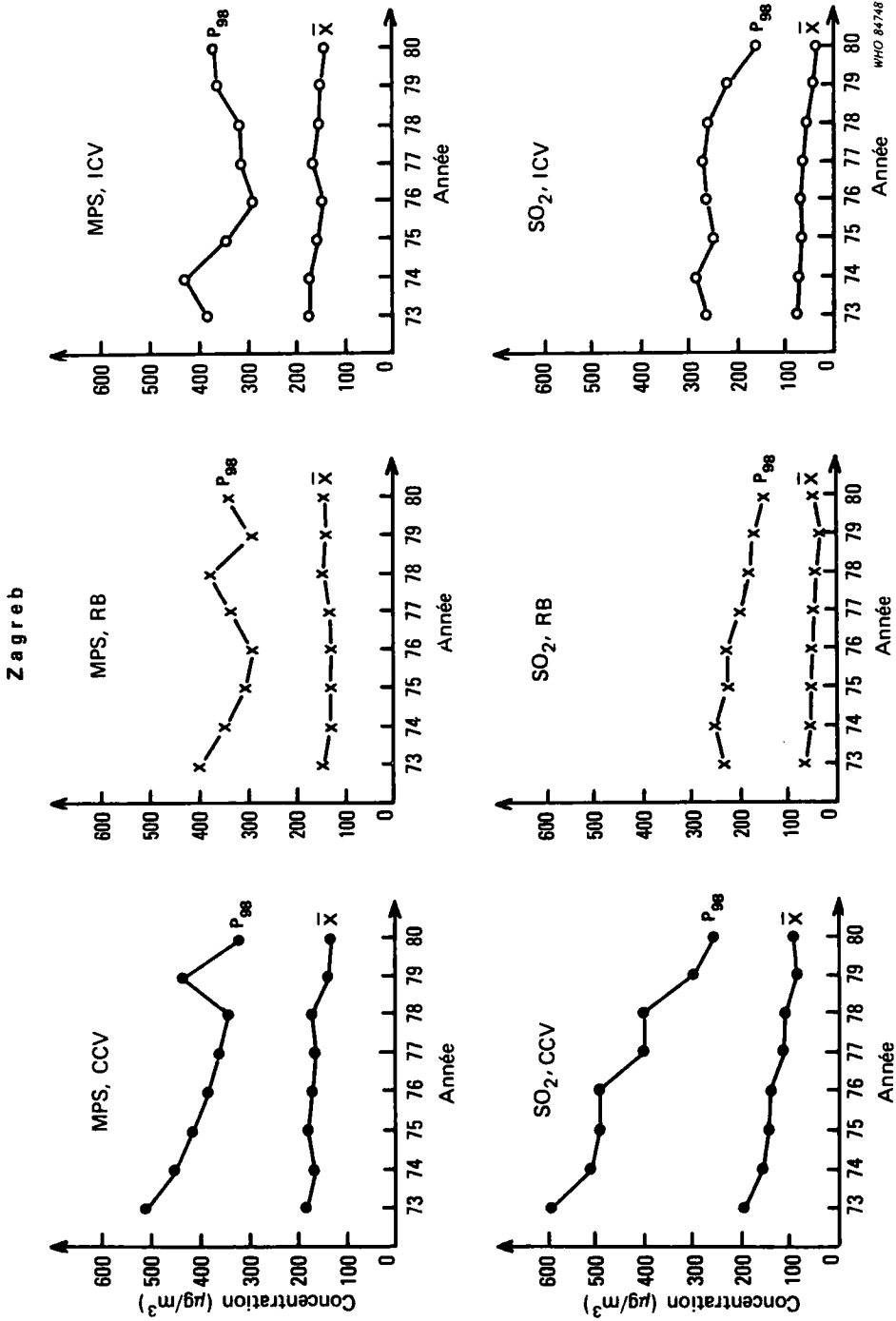


Fig. 24. Evolution des concentrations des MPS et de SO_2 à Zagreb, pendant la période 1973-1980, sur trois sites de types respectifs « commercial centre ville » (CCV), « résidentiel banlieue » (RB) et « industriel centre ville » (ICV)

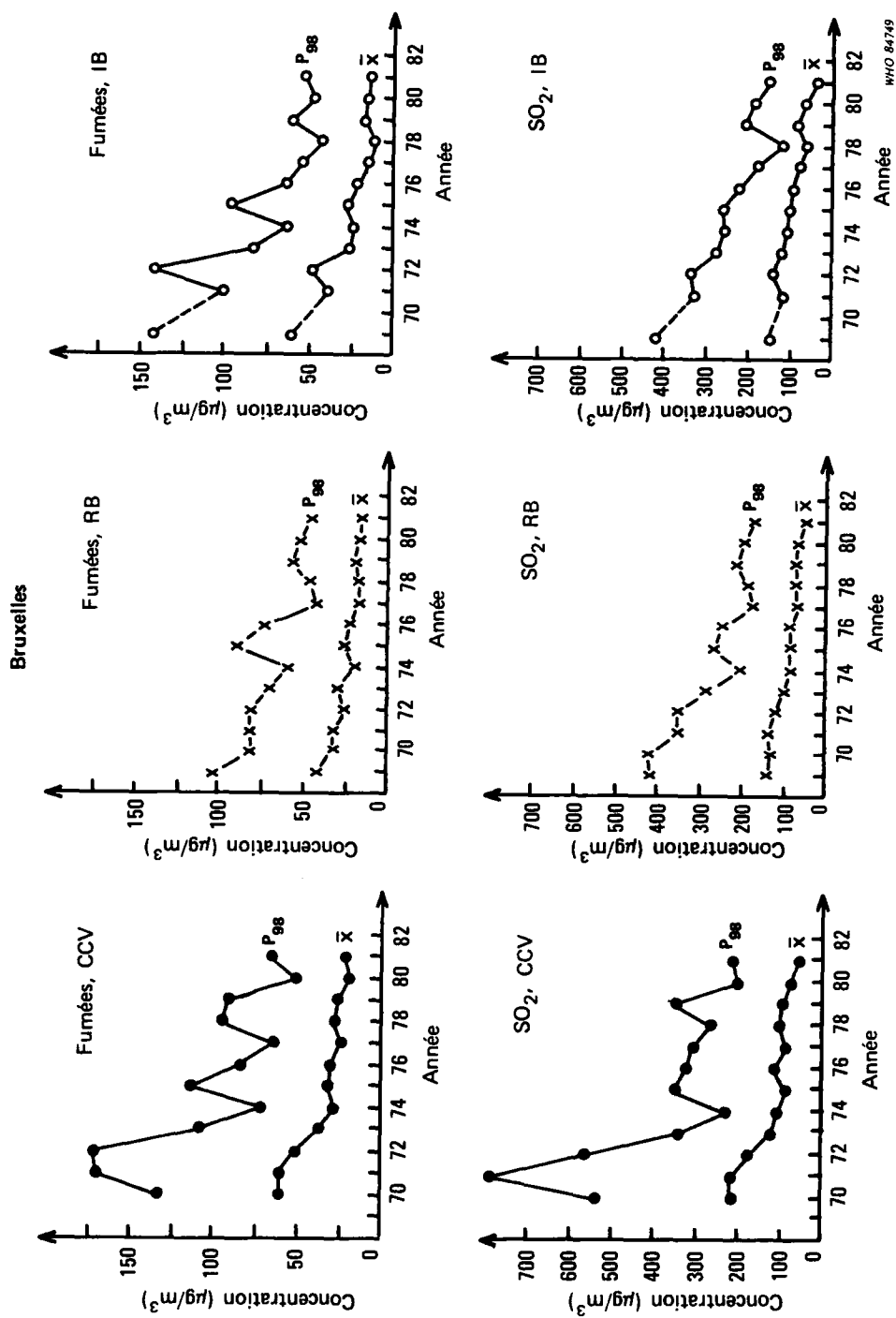


Fig. 25. Evolution des concentrations des fumées et de SO₂ à Bruxelles, pendant la période 1969-1981, sur trois sites de types respectifs « commercial centre ville » (CCV), « résidentiel banlieue » (RB) et « industriel banlieue » (IB)

São Paulo

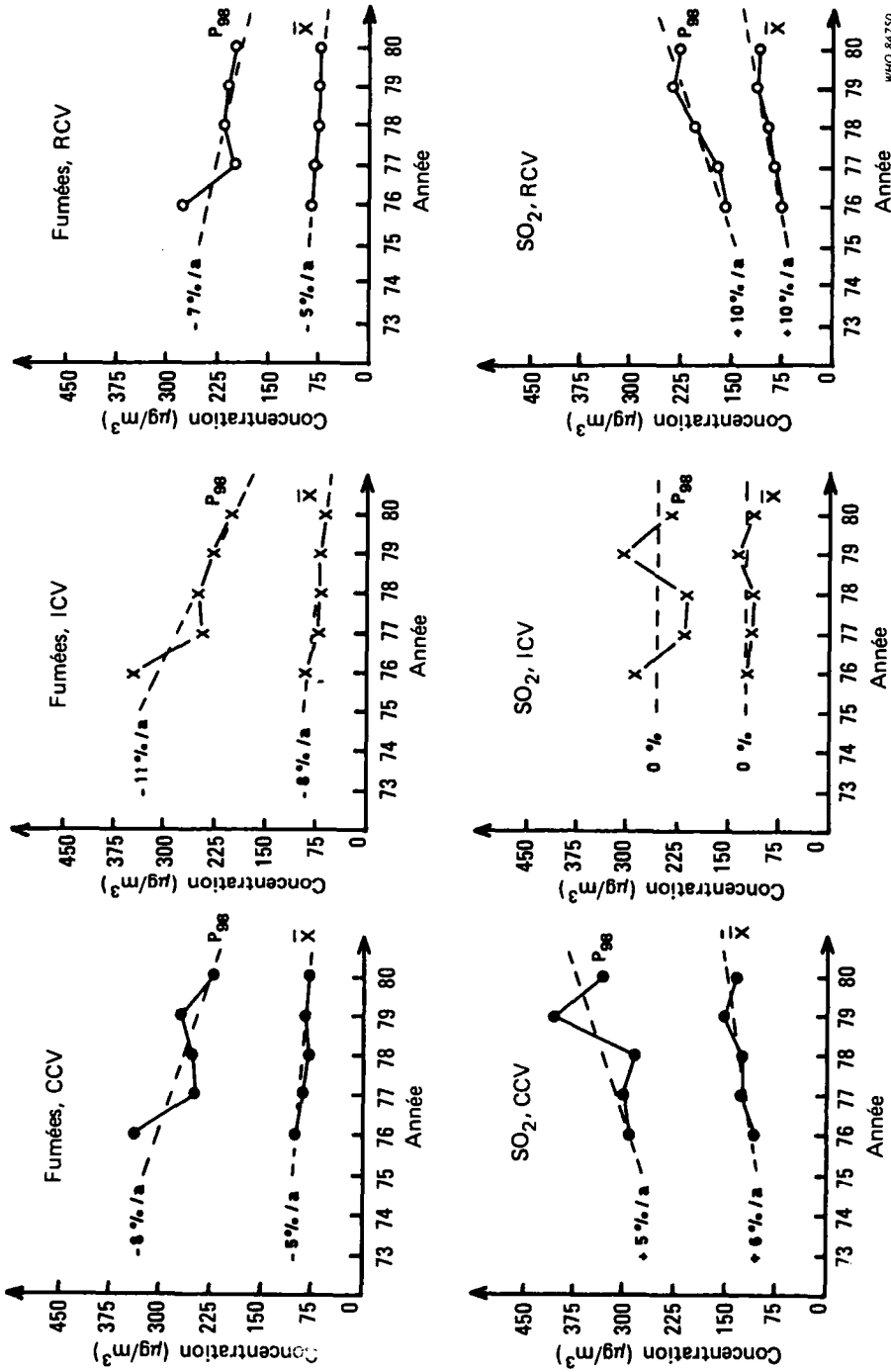


Fig. 26. Evolution des concentrations des fumées et de SO₂, à São Paulo, pendant la période 1976-1980, sur trois sites de types respectifs « commercial centre ville » (CCV), « industriel centre ville » (ICV) et « résidentiel centre ville » (RCV)

mentaires de surveillance. L'analyse des données par régression linéaire met en évidence des tendances à la baisse hautement significatives (au niveau de 1%). Si l'on tient compte uniquement des données GEMS, qui portent seulement sur la période 1973-1980, on constate que la baisse observée sur les sites correspondants est moins prononcée, de sorte que les tendances sont statistiquement moins significatives.

L'évolution de la concentration des polluants atmosphériques à São Paulo, illustrée sur la figure 26, est d'interprétation plus délicate. Chacun des trois sites est du type « centre ville ». Les concentrations moyennes annuelles et le 98^e percentile concernant les fumées ont diminué tout au long des cinq années de la période 1976-1980, à raison de 5 à 11% par an, et cela sur tous les sites. En revanche, la concentration de SO₂ a été stationnaire sur le site de zone industrielle, tandis qu'elle augmentait de 5-10% par an sur les sites de zone commerciale et de quartier résidentiel. Des données recueillies au niveau local (6) montrent qu'on s'est efforcé de réduire les fumées noires trop visibles plutôt que de chercher vraiment à limiter les émissions de SO₂.

Des mesures correctives ont été appliquées aux principales sources de fumées tels que les moteurs diesel et les brûleurs mal réglés ou les feux en plein air.

Evolution par rapport aux limites fixées par l'OMS

On peut encore procéder à une autre analyse des tendances à partir des données de surveillance de la qualité de l'air en étudiant l'évolution, au cours du temps, de la concentration des polluants par rapport aux limites d'exposition publiées par l'OMS. Là encore, l'inclusion permanente de nouveaux sites dans le projet rend difficile une analyse globale. Les données illustrées par les figures 27 et 28 sont tirées de la distribution des fréquences cumulées des concentrations de SO₂, des MPS et des fumées, pour la période 1973-1980. Les points portés sur les graphiques correspondent, dans chaque cas, à une fréquence cumulée correspondant soit à la limite supérieure, soit à la limite inférieure proposées par l'OMS.

On constate sur les graphiques une amélioration générale du point de vue du respect des limites d'exposition fixées par l'OMS, tant pour la moyenne annuelle que pour le 98^e percentile. Sur des sites de plus en plus nombreux, on observe des concentrations qui restent à l'intérieur des limites OMS. Depuis quelques années, le pourcentage de l'ensemble des sites où la concentration moyenne annuelle de SO₂ et celle de fumées ne dépassent pas la limite supérieure se situe juste au-dessus de 70% ; pour les MPS (échantillonneur grand volume), le pourcentage correspondant est de l'ordre de 50%. Pour le 98^e percentile, le pourcentage des sites où la limite supérieure correspondante n'est pas dépassée va de 50 à 70%. Les valeurs du 98^e percentile des concentrations des fumées et des MPS (échantillonneur grand volume) sont relativement stationnaires depuis quelques années.

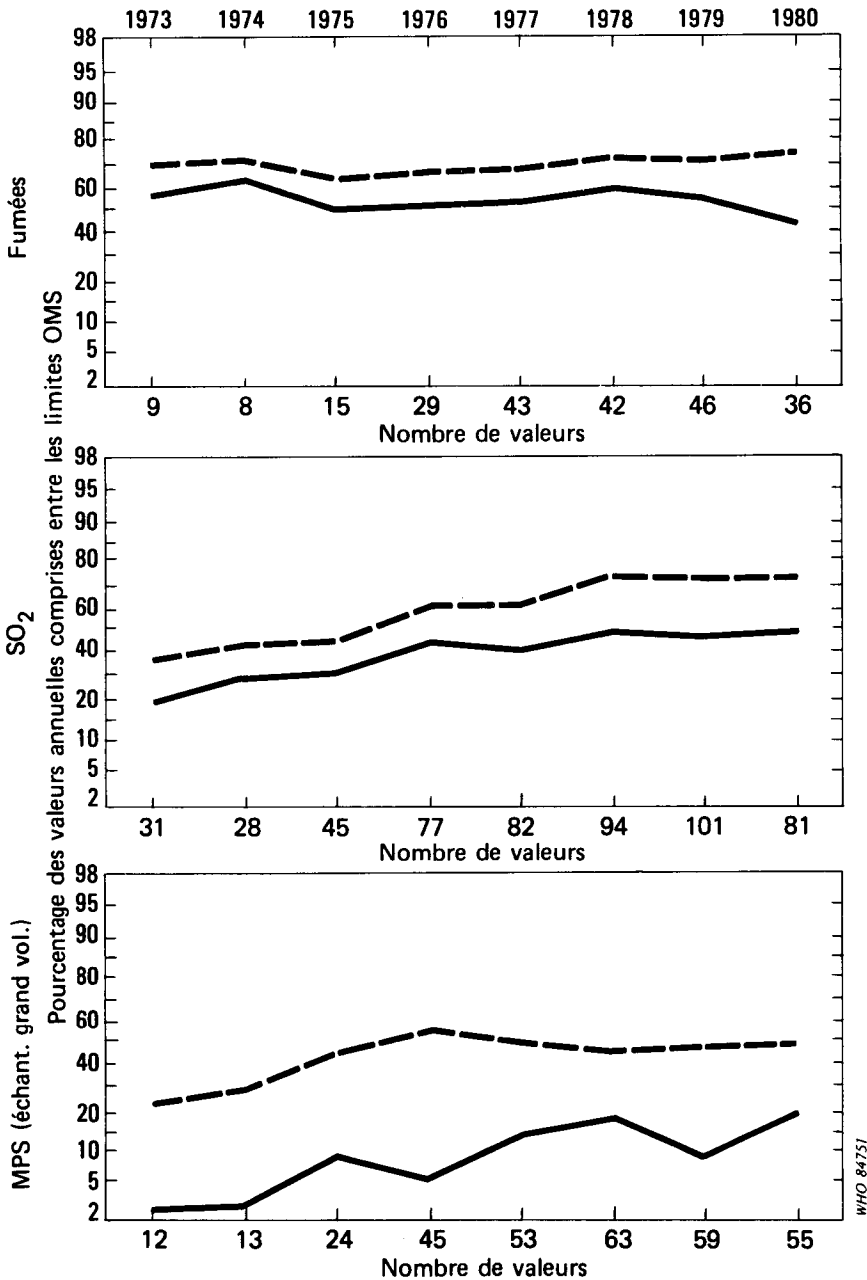


Fig. 27. Pourcentage des concentrations moyennes annuelles ($\bar{x}$) des fumées, de SO₂, et des MPS (échantillonneur grand volume) ne dépassant pas la limite supérieure (courbe en tireté) ou la limite inférieure (trait plein) publiées par l'OMS pour une exposition prolongée, 1973-1980

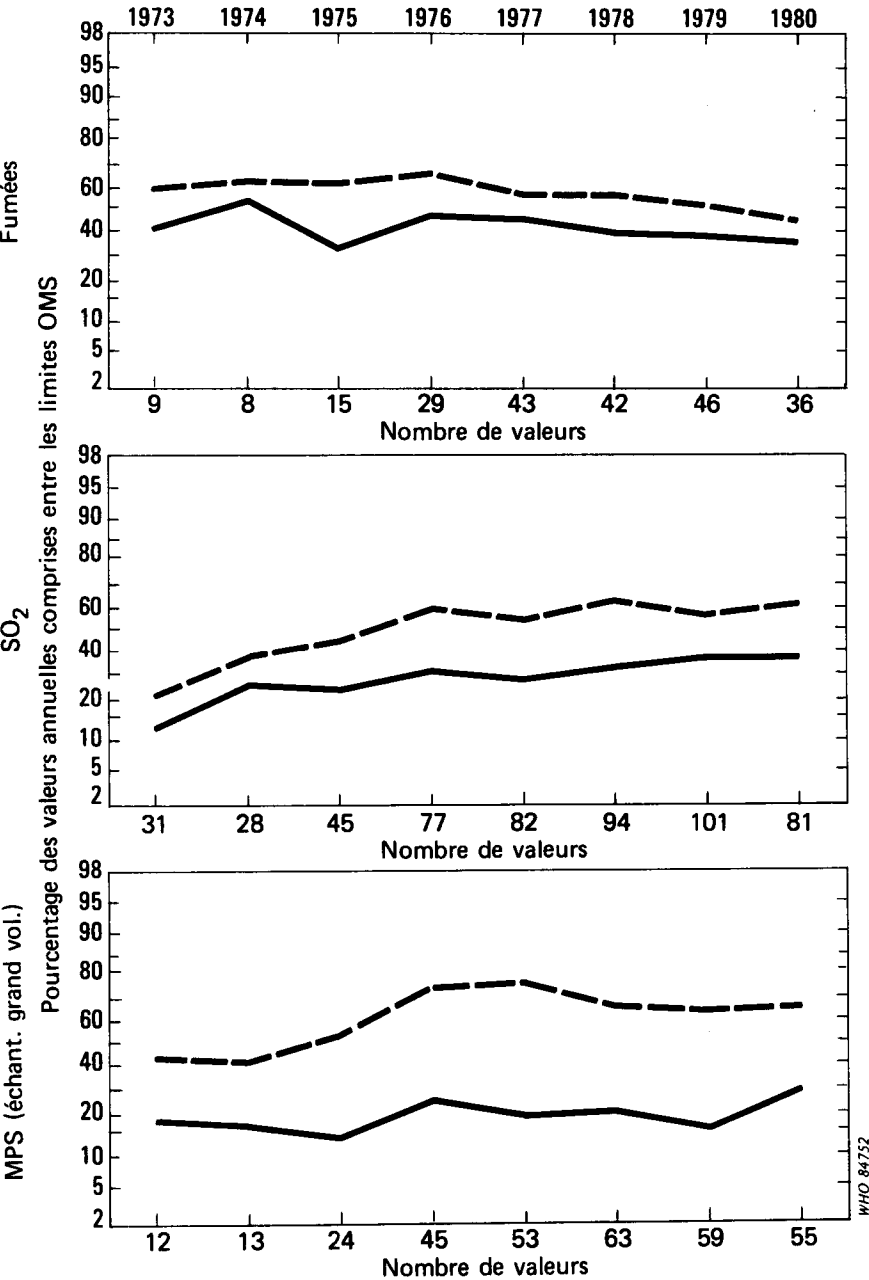


Fig. 28. Pourcentage des valeurs de P_{a} relatives aux fumées, à SO_2 et aux MPS (échantillonneur grand volume) ne dépassant pas la limite supérieure (courbe en tireté) ou la limite inférieure (trait plein) publiées par l'OMS pour une exposition prolongée, 1973-1980

WHO 84752

Résumé et conclusions

Le Projet OMS/PNUE de surveillance mondiale de la qualité de l'air connaît un essor considérable depuis son lancement, en 1973. Le réseau compte désormais des sites dans environ 70 villes réparties dans quelque 35 pays. Ce nombre est suffisant pour que le réseau puisse fournir une vue générale de la pollution atmosphérique dans les villes du monde entier, encore que des zones géographiques importantes soient insuffisamment couvertes, particulièrement l'Amérique centrale, l'Afrique et l'URSS.

Environ 60 000 observations sont effectuées chaque jour en ce qui concerne SO_2 et les matières particulaires en suspension, et les résultats sont consignés dans la banque de données. Pour la plupart, les mesures effectuées sur un site déterminé ont une distribution suffisamment régulière tout au long de l'année pour qu'on puisse en déduire une moyenne annuelle représentative. La présentation retenue dans les rapports bien-naux, à savoir distribution des fréquences cumulées des mesures quotidiennes et moyenne annuelle, est satisfaisante en générale (17, 18, 20, 22). C'était la première fois qu'on essayait de procéder à une analyse interprétative des données obtenues pendant la période 1973-1980.

Comme on pouvait s'y attendre vu l'extrême diversité des sites, des conditions locales et des sources de pollution, les mesures présentent une large dispersion. Pour l'ensemble des données, la médiane des concentrations moyennes annuelles s'établit à $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour SO_2 , $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les fumées et $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les matières particulaires en suspension (dosées au moyen d'un échantillonneur grand volume). En règle générale, la pollution se révèle moins intense en banlieue et dans les quartiers résidentiels que dans les sites du centre ville ou des zones commerciales ou industrielles.

Les relations entre résultats obtenus dans une agglomération urbaine déterminée ont été soumises à des analyses de corrélation. Dans le cas des villes comptant 2 ou 3 sites, on a relevé une forte corrélation ($r > 0,7$) pour les concentrations de SO_2 dans le quart des sites et pour celles des MPS dans environ le tiers des sites. Des corrélations ont en outre été déterminées entre la concentration de SO_2 et celle des matières particulaires en suspension sur le même site. Ces corrélations sont fort variables et dépendent pour beaucoup des cycles saisonniers. Des corrélations de ce type sont particulièrement utiles pour appeler l'attention sur des conditions environnementales inhabituelles ou des anomalies dans les opérations de surveillance.

Dans la plupart des zones urbaines, la concentration des divers polluants ne dépasse pas les limites d'exposition proposées par l'OMS pour assurer la protection de la santé humaine. Dans environ 25-30% des sites, les concentrations maximales quotidiennes de SO_2 et les moyennes annuelles se situent en-deçà de la limite supérieure et il en va de même pour environ 40-50% des sites dans le cas de la concentration des matières particulaires en suspension. Au niveau individuel, l'exposition précise n'est pas connue, faute de pouvoir suivre le déplacement d'un individu qui l'amène à séjourner dans des endroits où la pollution de l'air est inégale et d'ailleurs variable selon les instants.

Un objectif important du réseau GEMS est d'observer l'évolution dans le temps de la pollution de l'air en milieu urbain. La période pour laquelle on dispose de résultats est encore relativement courte, mais on a cependant pu déterminer des tendances pour les 63 sites pour lesquels on disposait de renseignements sur au moins 5 ans. La tendance dominante de la pollution atmosphérique sur ces sites est à la baisse. Une tendance à la hausse a été notée en ce qui concerne la concentration moyenne annuelle de SO_2 sur 10 sites et la concentration des MPS sur 6 sites (évolution supérieure à 3% entre la première et la seconde moitié de la période de surveillance). Pour aucun des 52 sites sur lesquels on a dosé à la fois SO_2 et les MPS, il n'existe de cas de tendance simultanée à la hausse.

Les villes dans lesquelles la pollution atmosphérique a tendance à s'intensifier n'ont pas été identifiées de façon précise. On peut cependant penser qu'il s'agit d'agglomérations caractérisées par une croissance démographique et un développement industriel. Pour de nombreux sites inclus dans l'analyse de tendance, les données n'étaient disponibles que pour les cinq dernières années. La poursuite du projet ne manquera pas de fournir des résultats plus définitifs.

Le programme d'assurance de qualité du réseau GEMS a trois objectifs : a) conception des systèmes de surveillance et formation des exécutants ; b) contrôle de l'efficacité des méthodes, grâce notamment, à des études comparatives ; et c) validation des données. Dans le premier domaine, on a rédigé des documents fournissant des directives sur les méthodes de surveillance, la conception du réseau et l'analyse et l'interprétation des données (15, 16, 21). Une formation a également été dispensée, selon les besoins. Dans le second domaine, on a procédé à des vérifications du dosage de SO_2 au moyen d'échantillons-étalons. En outre, des études comparatives ont eu lieu en divers emplacements du réseau sur les méthodes de dosage de SO_2 et des MPS. Quant au troisième domaine évoqué, la validation des données, elle fait l'objet de contrôles incorporés dans le système de traitement des données de façon que l'évaluation et l'interprétation puissent se fonder sur des données de meilleure qualité.

Les données accumulées grâce au réseau de surveillance de la qualité de l'air font apparaître les caractéristiques essentielles de la pollution atmosphérique dans les villes. En tant que telles, elles fournissent un tableau mondial de la qualité de l'atmosphère urbaine. On dispose ainsi

d'un cadre utile pour interpréter de façon plus précise les résultats de la surveillance locale, laquelle exige des données supplémentaires sur les sources locales d'émission et l'environnement du point considéré. L'utilisation de données locales bien déterminées en vue d'expliquer ou d'interpréter des caractéristiques observées à l'échelle mondiale, est explicitée dans le corps du texte.

Bibliographie

1. APLING, A. J. ET AL. *The high pollution episode in London, December 1975*. Stevenage, Warren Spring Laboratory, 1977 (LR 263 (AP)).
2. BALL, D. J. & HUME, R. The relative importance of vehicular and domestic emissions of dark smoke in Greater London in the mid-1970s. *Atmospheric environment*, **11** : 1065-1073 (1977).
3. CCE. *Exchange of information concerning atmospheric pollution by certain sulphur compounds and suspended particulates in the European Community*. Rapport annuel pour la période janvier-décembre 1977. Luxembourg, Commission des Communautés européennes, 1980 (EUR 6827 EN).
4. CHARLSON, R. J. ET AL. On the generality of correlation of atmospheric aerosol mass concentration and light scatter. *Atmospheric environment*, **2** : 455-464 (1968).
5. DE KONING, H. & KÖHLER, A. Monitoring global air pollution. *Environmental science and technology*, **12** : 884-889 (1978).
6. DERISIO, J. C. & ONISHI, E. Y. The air pollution control and the corrective action in the greater São Paulo area. In : *Proceedings of the 5th International Clean Air Congress, Argentina, 1982*. pp. 1024-1028.
7. GOLDSTEIN, I. F. ET AL. Air pollution patterns in New York City. *Journal of the Air Pollution Control Association*, **24** : 148-152 (1974).
8. GOLDSTEIN, I. F. & LANDOVITZ, L. Analysis of air pollution patterns in New York City — Can one aerometric station represent the area surrounding it? *Atmospheric environment*, **11** : 47-57 (1977).
9. GRIGGS, M. Relationship of optical observations to aerosol mass loading. *Journal of the Air Pollution Control Association*, **22** : 148-152 (1974).
10. INGRAM, W. T. & GOLDEN, J. Smoke curve calibration. *Journal of the Air Pollution Control Association*, **23** : 110-115 (1973).
11. KRETZSCHMAR, J. G. Comparison between three different methods for the estimation of the total suspended matter in urban air. *Atmospheric environment*, **9** : 931-934 (1975).
12. KRETZSCHMAR, J. G. & PAUWELS, J. B. Comparison between six different instruments to determine suspended particulate matter levels in ambient air. *Science of the total environment*, **23** : 265-272 (1982).
13. PEDACE, E. A. & SANSONE. The relationship between soiling index and suspended particulate matter concentrations. *Journal of the Air Pollution Control Association*, **22** : 348-351 (1972).
14. RENOUX, A. ET AL. Comparaison entre deux méthodes de mesure de poids de poussières dans l'air : la gravimétrie et la réflectométrie (SF8). *Pollution atmosphérique*, **71** : 241-244 (1976).
15. *Etude et mise en place de programmes de surveillance de l'air dans les secteurs urbains et industriels*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1977 (Publication offset N° 33).

16. *Choix de méthodes pour la mesure des polluants de l'air*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1976 (Publication offset N° 24).
17. *Air quality in selected urban areas, 1973-1974*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1976 (Publication offset N° 30).
18. *Air quality in selected urban areas, 1975-1976*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1978 (Publication offset N° 41).
19. *Oxydes de soufre et particules en suspension*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1979 (Série Critères d'hygiène de l'environnement 8).
20. *Air quality in selected urban areas, 1977-1978*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1980 (Publication offset N° 57).
21. Analyse et interprétation des données de surveillance atmosphérique. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1981 (Publication offset N° 51).
22. *Air quality in selected urban areas, 1979-1980*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1983 (Publication offset N° 76).
23. US Environmental Protection Agency, SAROAD user's manual. Washington, DC, EPA Publication. APTD-0663, 1971.

Exposé sommaire des méthodes de mesure^a

Méthodes de dosage du dioxyde de soufre dans l'air

Photométrie de flamme ou chromatographie en phase gazeuse — photométrie de flamme

Le détecteur utilisé en photométrie de flamme utilise un tube photomultiplicateur pour mesurer les émissions des composés soufrés introduits dans une flamme riche en hydrogène. La méthode est utilisable soit pour doser le soufre total (qui correspond généralement au SO₂ présent dans le voisinage de la station de surveillance), soit SO₂ plus précisément. Pour des applications particulières, en association avec une chromatographie en phase gazeuse, on peut doser simultanément divers composés soufrés présents dans l'atmosphère.

Méthode acidimétrique

Dans cette méthode, on fait barboter l'air dans une solution de peroxyde d'hydrogène à 0,5 ml/l amenée à pH 4,5. Le dioxyde de soufre éventuellement présent forme de l'acide sulfurique qui est titré par une solution alcaline de titre connu. En général, on fait circuler un échantillon d'air d'environ 2 m³ par jour dans la solution. En admettant que l'acide sulfurique est le seul acide présent, on peut calculer la concentration atmosphérique du dioxyde de soufre.

Méthode ampérométrique ou coulométrique

On fait passer l'air dans une cellule contenant des ions bromure ou iodure tamponnés à pH 7 et dans laquelle le passage d'un courant électrique maintient à un niveau constant la concentration de I₂ ou de Br₂ libres. Quand le dioxyde de soufre présent dans l'échantillon d'air réagit sur I₂ ou sur Br₂, la variation d'intensité électrique nécessaire pour rétablir ou maintenir la concentration initiale de l'ion I₂ ou Br₂ permet de calculer la quantité de SO₂ présente. Si la vitesse de circulation de l'air dans la cellule est constante, on peut établir une relation entre la concentration de SO₂ et un signal électrique par étalonnage dynamique en présence d'étalons de teneur connue en SO₂.

^a On trouvera une description plus complète de certaines de ces méthodes dans : *Choix des méthodes pour la mesure des polluants de l'air*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1976 (Publication offset N° 24).

Colorimétrie (méthode à la parasoniline, méthode au TCM ou méthode de West-Gaeke)

Dans la méthode instrumentale à la *p*-rosaniline, le dioxyde de soufre est absorbé en continu dans une solution aqueuse diluée de tétrachloromercurate de dipotassium (TCM) et forme un ion complexe dichlorosulfitomercurate non volatil dont la réaction sur le formaldéhyde et la parasoniline décolorée produit de l'acide parasosanilineméthylsulfonique, de couleur violette. Le débit de l'échantillon peut aller de 0,2 à 1,0 litre par minute, selon la durée de la période d'échantillonnage. Cette réaction est spécifique de SO_2 et des sulfites. L'intensité de la réaction colorée, qui est proportionnelle à la concentration de SO_2 , est mesurée par colorimétrie à la longueur d'onde de 560 nm.

Conductimétrie

Les échantillons sont recueillis dans les stations installées sur le terrain et expédiés au laboratoire central où s'effectue l'analyse conductimétrique. Le principe de la méthode repose sur l'oxydation de SO_2 en acide sulfurique sous l'action du peroxyde d'hydrogène en solution aqueuse, suivie de la mesure de l'accroissement de conductivité électrique de la solution. En général, on recueille chaque jour un échantillon d'air d'environ 2 m³. Des précautions particulières sont nécessaires pour éliminer d'autres polluants susceptibles de modifier la conductivité de la solution (par exemple HCl , HNO_3).

Fluorescence pulsée

Le dioxyde de soufre possède une bande de fluorescence centrée à environ 340 nm. La position de cette bande dépend de la pression partielle du SO_2 dans l'atmosphère. Les fluorimètres actuellement utilisés dans le cas de SO_2 comportent comme source d'excitation une lampe pulsée qui permet d'obtenir une plus grande sensibilité. La fluorescence est mesurée à l'aide d'un photomultiplicateur ; elle est directement reliée à la concentration atmosphérique de SO_2 .

Méthodes de dosage des matières particulaires en suspension dans l'air*Echantillonneur grand volume*

Les matières particulaires en suspension (MPS) sont recueillies au moyen d'un échantillonneur grand volume. Ce dernier comprend un moteur et un ventilateur enfermés dans un carter. La surface du filtre est placée horizontalement, tournée vers le haut, sous la protection d'un toit qui protège le filtre de la pluie et de la neige et de façon générale, empêche la collecte de particules d'un diamètre supérieur à environ 100 μm . Les filtres sont en fibre de verre ou en fibre organique synthétique. Le débit d'air va de 1,1 à 1,7 m³/min. La concentration des MPS s'obtient en divisant le poids net des substances particulaires arrêtées par le filtre par le volume total de l'air constituant l'échantillon.

Echantillonneur sur ruban — transmittance

L'échantillonneur consiste en un ruban de papier filtre, un tube capteur et une pompe. Des zones successives du ruban sont mises en place et bloquées par serrage entre le tube capteur et le raccord de la pompe. On aspire de l'air à travers le filtre pendant un certain temps, généralement 1-4 h. On déplace ensuite une partie de la bande qui n'avait pas encore servi pour la mettre en place et l'on reprend l'échantillonnage. Le débit d'air est réglable et il varie généralement entre 4,2 et 5,7 m³/h. La mesure se fait en comparant la transmittance de la lumière à travers le filtre, d'une part sur une portion propre, d'autre part à travers les plages de dépôt. Dans les pays où l'on emploie cette méthode, la transmittance est généralement convertie en « unité d'opacité » (COH) pour mille pieds linéaires (304,8 m) traversant le filtre.

Néphélométrie

Plusieurs instruments ont été mis au point pour permettre d'apprécier la concentration des matières particulaires en suspension en mesurant la lumière diffusée par les particules contenues dans un volume d'air donné. Dans le néphélomètre intégrateur, un échantillon d'air chargé de particules est aspiré et l'appareil mesure la lumière diffusée dans toutes les directions. Le résultat est exprimé sous forme d'un « coefficient de diffusion » qui, par définition, est égal à « l'inverse de la distance au bout de laquelle 63% de la lumière d'un faisceau sont perdus par diffusion ». Le coefficient de diffusion est relié à la visibilité (« distance de vision locale ») et, dans certaines conditions, on peut directement en déduire la concentration massique des particules en suspension à condition que l'air soit suffisamment sec.

Méthode de réflectométrie des taches de fumée

Lorsqu'on fait passer de l'air à travers un papier filtre, les particules de fumée en suspension dans l'air sont arrêtées, formant une tache à la surface du papier. Les « fumées » englobent, par définition, des particules d'un diamètre approximatif ne dépassant pas 10 µm. La densité de la tache dépend en partie de la masse des particules de fumées recueillies et en particulier de la nature des fumées. Pour évaluer la concentration atmosphérique des fumées, on fait passer un volume connu d'air à travers un papier filtre et on mesure la densité de la tache ainsi obtenue au moyen d'un réflectomètre photoélectrique. En général, l'échantillon est d'environ 2 m³ d'air par jour. On a établi pour les « fumées urbaines types » une courbe d'étalonnage qui relie la densité de la tache au poids des particules déposées sur le papier filtre. On peut en déduire la concentration des fumées par unité de volume d'air et l'exprimer sous forme d'un équivalent aux « fumées types ».

Assurance de la qualité dans le réseau GEMS

Introduction

L'assurance de la qualité consiste en une procédure bien codifiée visant à faciliter l'obtention, dans un programme de surveillance, de données de qualité connue, compte tenu des objectifs fixés pour la surveillance. Comme le réseau GEMS est constitué de sites de surveillance répartis dans les divers pays participants, dont chacun possède son propre programme d'assurance de la qualité, on a fait porter les efforts au niveau mondial sur 4 domaines : l'implantation des sites, la formation, les comparaisons entre laboratoires et la validation des données.

Implantation

L'emplacement des stations de surveillance de la qualité de l'air dans diverses villes a été choisi par le personnel local, compte tenu de l'objectif local/national primordial assigné à la surveillance. Par exemple, on a pu choisir les sites de façon qu'ils soient représentatifs d'une grande zone résidentielle, d'un complexe industriel de banlieue ou d'un secteur commercial du centre ville. Pour que les caractéristiques de chaque site soient présentées de façon uniforme, une fiche d'identification doit être remplie pour chaque station. Elle prévoit l'indication du type de site (industriel, résidentiel, commercial) et son emplacement (centre ville ou banlieue). Sans être exigé, un exposé descriptif de chaque site est souvent utile, avec, notamment, l'indication des principales sources d'émission au voisinage et la présentation de la topographie générale.

Les échantillonneurs sont généralement placés à 3 à 15 m au-dessus de la surface du sol, en respectant pour toutes les stations des critères d'exposition identiques. La représentativité des échantillons et l'interprétation des données obtenues peuvent être influencés par divers facteurs : la variabilité et l'intensité des sources, les caractéristiques topographiques, les conditions météorologiques et les caractéristiques démographiques. Il est prévu que chaque site doit être régulièrement inspecté par des spécialistes extérieurs de façon à garantir la représentativité des mesures.

Formation

L'une des meilleures façons d'assurer la qualité des données consiste à former le personnel pour qu'il sache comment éviter bon nombre des

erreurs que comportent fréquemment les données relatives à la pollution atmosphérique. L'OMS a aidé plusieurs pays en développement à acheter et à mettre en place l'équipement de surveillance et à enseigner au personnel la façon de l'utiliser et de l'entretenir correctement. De plus, l'Organisation a fait paraître plusieurs publications sur les différents aspects de la surveillance de la pollution atmosphérique.^a

Comparaisons inter laboratoires

Deux comparaisons interlaboratoires ont été effectuées en 1975 et 1980 à propos du dosage du dioxyde de soufre par la méthode à la parosaniline (West-Gaeke). Dans chacune de ces études, la majorité des résultats se sont révélés parfaitement comparables, dans les limites des erreurs expérimentales normales. Cependant, le principal problème a été posé par la stabilité du réactif (le sulfite de sodium) qui était limitée dans le temps et dépendait de la température. D'autres réactifs possibles (échantillons de référence) traités par lyophilisation sont en cours de mise au point dans différents laboratoires en vue d'éviter des problèmes similaires lors des comparaisons futures.

Les particules ambiantes se rangent dans trois classes granulométriques : les noyaux (Aitken) ($< 0,1 \mu\text{m}$), les fines ($0,1-2,5 \mu\text{m}$) et les particules grossières ($> 2,5 \mu\text{m}$). Les deux méthodes les plus courantes pour doser les particules en suspension dans l'atmosphère, à savoir la réflectométrie pour les fumées noires et la gravimétrie pour les matières particulaires totales en suspension, utilisent des échantillons de classes granulométriques différentes : diamètre inférieur à $2,5 \mu\text{m}$ pour les fumées et à $25 \mu\text{m}$ pour les MTS. Comme il n'existe aucune procédure normalisée pour obtenir un échantillon de référence de concentration connue, la comparaison des mesures effectuées en différents endroits est utile.

Dans le cadre du réseau, des études comparatives ont été effectuées à Téhéran et à Copenhague. A Téhéran (1980), la seconde méthode (MTS) a donné des résultats deux fois plus élevés que la première (fumées) pour les faibles concentrations et 1,5 fois plus élevés pour les fortes concentrations. A Copenhague (1978), le même rapport variait de 2 à 2,5. De façon générale, il ne faut pas s'attendre à un rapport systématique entre les valeurs fournies par ces deux méthodes de mesure car elles portent sur des caractéristiques tout à fait différentes des matières particulaires en suspension (réflectance et masse) et sur des particules de dimensions inégales.

Ces études comparatives sont utiles pour effectuer un étalonnage, propre au site considéré, permettant d'établir une relation entre l'opacité

^a Choix de méthodes pour la mesure des polluants de l'air. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1976 (Publication offset n° 24) ; Etude et mise en place de programmes de surveillance de l'air dans les secteurs urbains et industriels. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1977 (Publication offset N° 33) ; Analyse et interprétation des données de surveillance atmosphérique. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1981 (Publication offset N° 51).

des fumées noires et la masse des particules arrêtées par un filtre taré. En l'absence d'un étalonnage spécifique du site, les données exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les fumées noires constituent une mesure de la masse d'une fumée de référence d'opacité normalisée. Un tel étalonnage permet de comparer utilement les divers emplacements et d'effectuer des analyses de tendance. Toutefois, il est clair qu'il convient d'éviter de comparer les résultats obtenus en divers endroits par différentes méthodes de dosage des matières particulaires en suspension.

Validation des données

La validation des données incombe au premier chef aux pays d'où elles émanent, lequel doit appliquer des méthodes de mesure normalisées, y compris des contrôles de qualité portant, par exemple, sur le zéro et la plage de mesure des appareils et, s'il y a lieu, faire procéder à des étalonnages en plusieurs points. La discussion qui suit porte sur la validation des données après leur réception par l'OMS.

La qualité des données qui entrent dans le système de collecte de l'OMS constitue une préoccupation essentielle.

L'expérience montre que ces données peuvent être entachées de divers types d'erreurs : erreurs de notification, erreurs d'identification, erreurs matérielles, erreurs de calcul et erreurs dues à des anomalies au niveau des échantillons, au mauvais fonctionnement des appareils, etc.

Pour identifier, supprimer ou corriger les données comportant de graves erreurs, il ne suffit pas d'appliquer des techniques statistiques automatisées. La complexité des types d'erreurs susceptibles d'être présents dans la base de données, l'éventualité que des valeurs apparemment anormales soient en fait valables et les étapes nécessaires pour évaluer la validité des données marquées d'un astérisque, tous ces éléments exigent la systématisation du processus complet de validation. Par exemple, on peut trouver dans une série de données de nombreux types de données non valables. Selon le cas, il peut s'agir d'observations isolées ou de sous-ensembles complets de données. Les erreurs peuvent être complètement indépendantes et aléatoires, ou au contraire, systématiques ou encore être corrélées d'une façon ou d'une autre.

Les méthodes initiales appliquées lors de la saisie et de la vérification des données consistent en procédures systématiques de validation, appliquées à la plupart des systèmes de gestion de données, par exemple la transcription des données en double, suivie d'épreuves de vérification croisée et de validité du format. Mais ces méthodes visent seulement à repérer les erreurs qualitatives que comporterait la base de données. Elles ne confirment pas la validité des valeurs numériques indiquées pour SO_2 et pour les MPS.

Les procédures d'acceptation sont destinées à comparer les valeurs effectives communiquées à des critères précis permettant d'en apprécier la vraisemblance. Ces procédures permettent de repérer dans les données divers types d'anomalies : valeurs aberrantes, valeurs multiples ou iso-

lées tombant en dehors de l'intervalle normal et sous-ensemble complet de données incorrectes.

Les principales procédures d'acceptation qui sont incorporées au système OMS de gestion des données font appel à épreuves de complétude et des épreuves de vraisemblance, par comparaison simple aux valeurs limites. Dans le premier cas, on s'assure que la base de données contient suffisamment d'éléments aux fins de l'analyse statistique et d'une récapitulation. Quand les statistiques calculées reposent sur des données incomplètes, elles sont signalées par un astérisque. D'autres procédures d'acceptation sont également possibles, mais elles ont leur maximum d'intérêt quand c'est le pays d'origine qui les applique aux données. L'adoption des mesures correctives éventuellement nécessaires permettra d'augmenter le nombre des données et d'en améliorer la qualité.

Centres collaborateurs OMS pour la pollution atmosphérique

- Australie — Centre collaborateur OMS pour la surveillance de la pollution atmosphérique — Région du Pacifique occidental, Queensland Air Pollution Control Division, Brisbane
- Etats-Unis d'Amérique — Centre collaborateur OMS pour la lutte contre la pollution du milieu, Environmental Protection Agency, Washington, DC
- Inde — Centre collaborateur OMS pour la pollution atmosphérique — Région de l'Asie du Sud-Est, National Environmental Engineering Institute, Nagpur
- Japon — Centre collaborateur OMS pour la pollution atmosphérique — Région du Pacifique occidental, Institut de Santé publique, Tokyo
- Malaisie — Centre régional du Pacifique occidental pour la promotion des études de planification et des études appliquées relatives à l'environnement Kuala Lumpur
- Pérou — Centre panaméricain de génie sanitaire et des sciences de l'environnement, Lima
- URSS — Centre collaborateur OMS pour les problèmes régionaux de pollution atmosphérique, Institut central des hautes études médicales, Moscou

Organismes et instituts nationaux

- Algérie — Institut national de santé publique, El Madania, Alger
- Allemagne, République fédérale d' — Institut universitaire de météorologie et de géophysique, Francfort-sur-le-Main
- Australie — Environmental Protection Agency of Victoria, Melbourne, Victoria ;
State Pollution Control Commission, Sydney, New South Wales
- Belgique — Institut d'hygiène et d'épidémiologie, Bruxelles
- Brésil — Fondation d'Etat pour le génie de l'environnement (FEEMA), Rio de Janeiro ;
Centre d'Etat pour la technologie environnementale et sanitaire (CETESB), São Paulo
- Canada — Direction générale de la lutte contre la pollution atmosphérique, Environnement Canada, Ottawa
- Chili — Institut de médecine du travail et d'étude de la pollution atmosphérique, Santiago
- Chine — Institut de la santé, Académie chinoise des sciences médicales, Beijing

- Colombie — Service sanitaire municipal, Bogota ;
 Service sanitaire d'Antioquia, Cali ;
 Service sanitaire du district de Medellín
- Cuba — Direction nationale de l'hygiène, Ministère de la santé publique, La Havane
- Danemark — Laboratoire national d'étude de la pollution atmosphérique, Roskilde
- Egypte — Département d'hygiène industrielle, Ministère de la Santé, Le Caire
- Espagne — Section d'hygiène de l'environnement, Ecole nationale de santé publique, Madrid
- Etats-Unis d'Amérique — Environmental Monitoring System Laboratory, US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina
- Fidji — Ministère de la santé, Suva
- Finlande — Service sanitaire municipal, Helsinki
- France — Ministère de l'environnement et de la qualité de la vie, Neuilly-sur-Seine
- Ghana — Environmental Protection Council, Accra
- Grèce — Projet de lutte contre la pollution du milieu, Athènes
- Hong Kong — Air pollution Control Unit, Department of Labour, Hong Kong
- Inde — National Environmental Engineering Research Institute, Nagpur
- Indonésie — Institut national de recherche et de développement sanitaires, Ministère de la santé, Djakarta
- Iran (République islamique d') — Direction de l'hygiène de l'environnement, Ministère de la santé et des affaires sociales, Téhéran
- Iraq — Ministère de la santé, Bagdad
- Irlande — Département de l'environnement, Dublin
- Israël — Division de la lutte contre la pollution atmosphérique et de la protection contre les rayonnements, Ministère de la santé, Tel Aviv
- Italie — Division de la lutte contre la pollution atmosphérique, Ministère de la santé, Rome
- Japon — Institut de santé publique, Tokyo
- Kenya — National Public Health Laboratory, Nairobi
- Koweït — Département de la protection de l'environnement, Al Sahab
- Malaisie — Division de l'environnement, Ministère de la science, de la technologie et de l'environnement, Kuala Lumpur
- Nigéria — Federal Ministry of Health and Social Welfare, Yaba
- Nouvelle-Zélande — Air Pollution Control Section, Ministry of Health, Wellington
- Pakistan — Institute of Public Health Engineering and Research, University of Engineering and Technology, Lahore
- Pays-Bas — Institut national de santé publique, Bilthoven
- Pérou — Institut de médecine du travail, Lima
- Philippines — Commission nationale de lutte contre la pollution, Ministère des établissements humains, Manille

- Pologne — Division de l'inspection sanitaire, Ministère de la santé et des affaires sociales, Varsovie
- Portugal — Laboratoire pour l'hygiène industrielle et la lutte contre la pollution atmosphérique, Lisbonne
- République de Corée — Bureau de gestion de la qualité de l'air, Office de l'environnement, Séoul
- Roumanie — Inspecteur général, Ministère de la santé, Bucarest
- Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord — Warren Spring Laboratory, Stevenage, Hertfordshire
- Soudan — Division de la médecine du travail, Ministère de la santé, Khartoum
- Sri Lanka — Division de la médecine du travail, Secrétariat au Travail, Colombo
- Suède — Laboratoire de protection de l'air, Bureau national suédois pour la protection de l'environnement, Nyköping
- Suisse — Inspecteur sanitaire de la ville de Zurich, Zurich
- Tchécoslovaquie — Institut d'hygiène, Prague
- Thaïlande — Division de l'hygiène de l'environnement, Ministère de la santé publique, Bangkok
- Venezuela — Ecole d'ingénieurs, Université centrale du Venezuela, Caracas
- Yougoslavie — Institut de recherche médicale et de médecine du travail, Zagreb

Récapitulation des données du projet
de surveillance continue de l'air, 1973-1980

Nombre de mesures disponibles, moyenne annuelle, 98^e percentile
et valeur maximale des concentrations de SO₂ et des MPS
(la présence d'un astérisque indique que la série de données n'est pas
jugée représentative de toute l'année)

Pays	Ville	Site	SO ₂										MPS															
			No.	Zone	Méthode	Année								Méthode		Année												
						73	74	75	76	77	78	79	80			73	74	75	76	77	78	79	80					
Allemagne, République fédérale d'		1	IB	Cond	n x P ₉₈ max	317 86 77 210 346	290 75 245 408	168* 58* 119* 132*	158* 75* 336* 390*	233* 58* 208* 278*	191* 40* 75* 139*	166* 32* 81* 104*			n x P ₉₈ max													
		2	CCV	Cond	n x P ₉₈ max	321 107 296 407	320 98 246 417	314 95 295 478	299 76 202 354	307 81 224 333	323 78 237 260	313 74 196 245	g-abs	n x P ₉₈ max		243* 33* 84* 163*	49 60* 154* 160*	210* 58* 178* 377*	161* 40* 103* 162*	334 33 76 92	301 30 76 94	196* 32* 84* 94*	318 27 67 94					
		3	RCV	Cond	n x P ₉₈ max	193* 16* 59* 97*	282* 30* 97* 150*	212* 26* 104* 135*	197* 37* 150* 220*						n x P ₉₈ max													

[illegible]

[illegible]

Annexe 4 (suite)

Pays	Ville	Site	SO ₂										MPS															
			No.	Zone	Méthode	Année							Méthode		Année													
						73	74	75	76	77	78	79			80	73	74	75	76	77	78	79	80					
Danemark	Copen- hague	1	CCV	Acidim	n x P 98 max					168	228	176	191									348	365	355	349			
										53	30	27	21											30	35	33	31	
										131	150	102	84											85	87	81	77	
		2	CB	Acidim	n x P 98 max																		149	129	125	111		
Danemark	Copen- hague	2	CB	Acidim	n x P 98 max					174	195	174	192										385	350	354	364		
										37	18	13	16											15	14	16	24	
										150	70	61	78											34	35	47	57	
		3	IB	Acidim	n x P 98 max					595	212	135	109										48	45	63	66		
Egypte	Le Caire	1	CCV	Acidim	n x P 98 max					340	301	287*	51*										361	364	340	364		
										61	69	39*	7*											10	10	11	16	
										155	181	110*	70*											26	29	36	49	
		2	IB	Acidim	n x P 98 max					212	259	157*	78*										41	41	53	78		
Egypte	Le Caire	3	RB	Acidim	n x P 98 max					73*	135*	20*	14*															
										40*	16*	68*	2*															
										122*	58*	251*	LD*															
		1	CCV	Acidim	n x P 98 max					131*	65*	280*	3*															
Egypte	Le Caire	2	IB	Acidim	n x P 98 max					87*	185*	55*	72*															
										40*	16*	68*	105*															
										122*	58*	251*	239*															
		3	RB	Acidim	n x P 98 max					131*	65*	280*	300*															
Egypte	Le Caire	1	CCV	Acidim	n x P 98 max					340	301	287*	51*															
										61	69	39*	7*															
										155	181	110*	70*															
		2	IB	Acidim	n x P 98 max					212	259	157*	78*															
Egypte	Le Caire	3	RB	Acidim	n x P 98 max					73*	135*	20*	14*															
										40*	16*	68*	2*															
										122*	58*	251*	LD*															

[illegible]

Annexe 4 (suite)

Pays	Ville	Site	SO ₂										MPS																		
			No.	Zone	Méthode	Année										Méthode	n	x	P 98 max	Année											
						73	74	75	76	77	78	79	80	73	74					75	76	77	78	79	80						
Etats-Unis d'Amérique (suite)	Fair- field, AL		3	IB	Coul	n			268													EGV	n			340	279	272	267	289	
						x			32																84	81	83	72	78		
						P 98			110																168	162	164	128	150		
						max			262																200	209	242	142	216		
	Harris, TX		24	RB	FP	n						65*	132*									EGV	n		54	50	50	19*	22*		
						x						33*	8*												70	100	80	62*	64*		
						P 98						35*	35*											118	210	133	144*	140*			
						max							52*												134	1041	151	144*	140*		
					TCM	n			47	52	25																				
						x			3	3	10																				
						P 98			10	15	33																				
						max			13	19	33																				
Houston, TX		1	CCV	TCM	n					41	57	19*										EGV	n				39	47	51	52	
					x					4	16	14*															115	98	89	82	
					P 98					23	109	37*															300	192	147	142	
					max					38	141	37*															1333	209	198	156	
		34	RB	FP	n							58*	318													58	60	53	31*	31*	
					x							22*	20													95	113	106	97*	91*	
					P 98							68*	86													162	237	202	159*	152*	
					max							98*	108													198	842	206	166*	152*	
					TCM	n			56	55	42	21*																			
					x				3	7	14	22*																			
					P 98				16	34	32	49*																			
					max				21	42	149	49*																			
Long Beach, CA		1	CCV																			EGV	n		55	52	11*				
					x																					90	96	68*			
					P 98																					192	171	105*			
					max																					218	180	105*			
		4	RB	FP	n						155*	364	365													137	86	18*	36*	56	
					x						49*	48	43													60	64	48*	49*	51	
					P 98						147*	122	136													149	127	94*	93*	96	
					max						214*	204	229													177	149	94*	94*	100	
		10	RCV	FP	n						168*	339	362													95	110	25*	53	50	
					x						72*	80	75													77	79	64*	66	62	
					P 98						162*	212	191													150	146	117*	112	123	
					max						269*	292	312													178	153	117*	123	129	
New York City, NY		11	ICV	FP	n						59*	362	364														94*	23*	59	53	
					x						88*	56	52														76*	68*	64	63	
					P 98						203*	130	112														131*	121*	109	123	
					max						204*	160	147														159*	121*	126	124	

[illegible]

Annexe 4 (suite)

Pays	Ville	Site	SO ₂										MPS														
			No.	Zone	Méthode	Année										Méthode		Année									
						73	74	75	76	77	78	79	80	73	74			75	76	77	78	79	80				
France	Gourdon (Paris)	1	IB	Acidim	<i>n</i> x P 98 max					364 122 404 851	364 131 352 485	364 105 403 547	364 95 270 466	Réfléct	<i>n</i> x P 98 max								364 38 110 432	365 41 148 211	365 40 141 222	366 40 116 220	
		2	CCV	Acidim	<i>n</i> x P 98 max					365 77 290 431				Réfléct	<i>n</i> x P 98 max							365 47 140 274					
		3	RCV	Acidim	<i>n</i> x P 98 max					361 101 339 428	354 95 324 396	360 87 273 382		Réfléct	<i>n</i> x P 98 max							362 41 131 262	364 44 149 219	365 45 134 194	365 44 137 199		
		4	RCV	Acidim	<i>n</i> x P 98 max						365 95 305 687	364 84 308 417	366 81 252 330	Réfléct	<i>n</i> x P 98 max								363 52 171 207	364 50 156 201	334 51 137 199		
	Toulouse	1	ICV	Acidim	<i>n</i> x P 98 max					216 6 40 88	209 4 16 87	309 6 35 66		Réfléct	<i>n</i> x P 98 max							331 22 72 133	176* 23* 93* 137*	290 26 99 203			
		2	CCV	Acidim	<i>n</i> x P 98 max					303 39 108 153	214* 42* 110* 166*			Réfléct	<i>n</i> x P 98 max							303 179 450 637	203* 136* 407* 485*				
		3	REV	Acidim	<i>n</i> x P 98 max					228 7 34 49	217 5 21 57	301 7 37 48		Réfléct	<i>n</i> x P 98 max							332 15 52 89	215 17 67 95	300 18 65 180			

[illegible]

Annexe 4 (suite)

Pays	Ville	Site	SO ₂										MPS																	
			No.	Zone	Méthode	n x P ₉₈ max	Année										Méthode	n x P ₉₈ max	Année											
							73	74	75	76	77	78	79	80	73	74			75	76	77	78	79	80						
Inde	Bombay	1	CCV	TCM	n x P ₉₈ max								40	28	29				n x P ₉₈ max						40	27	29			
													26	20	21										136	179	142			
													78	83	58										286	314	323			
													123	86	59										381	326	337			
		2	RB	TCM	n x P ₉₈ max								75	67	26*				n x P ₉₈ max						75	68	29*			
													110	61	71*										466	174	194*			
	3	CB	TCM	n x P ₉₈ max								75	69	27*				n x P ₉₈ max						69	69	31*				
												96	83	48*										234	275	211*				
												245	203	98*											474	551	427*			
												262	304	112*											518	560	441*			
	Calcutta	1	CCV	TCM	n x P ₉₈ max			91	58*	52	57	40	41	48	31				n x P ₉₈ max		45	45	23	29	40	41	48	31		
								40	62*	37	41	47	40	43	48				n		365	519	547	356	419	393	439	482		
								221	173*	139	135	177	148	152	127				n		651	917	1038	806	789	730	881	899		
								244	367*	149	161	366	158	227	229				n		724	1090	1038	853	812	751	917	997		
	3	IB	TCM	n x P ₉₈ max			86	54*	49	63	35	45	43	30				n x P ₉₈ max		43	41	22	31	35	45	42	30			
							46	68*	40	39	58	54	48	48				n		330	454	530	380	373	353	413	356			
							156	241*	151	170	168	183	201	155				n		893	841	807	640	701	658	845	641			
							225	282*	212	279	223	251	215	196				n		1019	1011	807	680	731	700	897	881			
		4	RB	TCM	n x P ₉₈ max			92	56*	52	65	39	40	30	27				n x P ₉₈ max		44	41	22	33	39	40	30	27		
								36	39*	28	22	22	20	34	17				n		300	365	395	326	354	292	498	394		
							197	142*	116	73	82	74	90	69				n		878	699	807	627	775	648	1044	811			
							252	160*	128	105	95	115	106	74				n		878	813	807	667	1763	713	1111	1415			
Delhi	1	CCV	TCM	n x P ₉₈ max								44	41	34				n x P ₉₈ max							44	42	35			
												34	39	50				n							408	474	535			
												98	108	121				n							914	812	1148			
												130	109	135				n							980	845	2221			
	2	RCV	TCM	n x P ₉₈ max								33	41	39				n x P ₉₈ max							33	41	39			
												8	11	19				n							326	305	322			
	3	ICV	TCM	n x P ₉₈ max								34	41	40				n x P ₉₈ max							34	41	40			
												58	31	47				n							432	440	453			
												181	122	122				n							739	830	732			
												474	135	151				n							972	875	879			

[illegible]

[illegible]

Annexe 4 (suite)

Pays	Ville	Site	SO ₂										MPS																	
			No.	Zone	Méthode	Année										Méthode	n	x	P 98 max	Année										
						73	74	75	76	77	78	79	80	73	74					75	76	77	78	79	80					
Kenya	Nairobi	1	RCV	TCM	n					5°	8°							n	x	P 98 max						6°	8°			
		2	IB	TCM	n					6°	36°	56°						n	x	P 98 max						6°	51°	80°	124°	
Malaisie	Kuala Lumpur	1	IB	TCM	n					140	125	118						n	x	P 98 max						114	125	137		
		2	RB	TCM	n					140	102	45°						n	x	P 98 max						130	90	79	98	110
Nouvelle-Zélande	Auckland	1	IB	Acidim	n					78°	142°	356	310	349	341			n	x	P 98 max						96°	145°	354	309	340
		2	CCV	Acidim	n					345	303	330	358					n	x	P 98 max						279°	335	350	321	349
		3	RCV	Acidim	n						331	332	359					n	x	P 98 max									337	349
Christchurch	Christchurch	1	RB	Acidim	n					84°	235°	323	330	323				n	x	P 98 max						112°	241°	353	358	325
		2	IB	Acidim	n					259	304	349						n	x	P 98 max						286°	19°	21°	308	354
		3	CB	Acidim	n					337	335	316						n	x	P 98 max						339	20	29	32	316

Annexe 4 (suite)

Pays	Ville	Site	SO ₂										MPS																			
			No. Zone	Méthode	Année										Méthode	n	x	P 98 max	Année													
					73	74	75	76	77	78	79	80	73	74					75	76	77	78	79	80								
Pologne	Munich	1 RB	Cond	n			348	349	361	354	272	251			341	346	361	366	257	219	n	x	P 98 max									
		2 CCV	Cond	n			353	291	136*	291	139*	183*			354	345	291	319	331	271	n	x	P 98 max									
		3 IB	Cond	n			360	330	307	173*	146*	168*			368	337	305	218*	181*	178*	n	x	P 98 max									
	Varsovie	1 RCV	TCM	n						161	160	192						163	157	188	n	x	P 98 max									
		2 ICV	TCM	n						155*	203	208						158*	190	205	n	x	P 98 max									
		3 CCV	TCM	n						158*	213	198						159*	212	193	n	x	P 98 max									
	Wrocław	1 CCV	TCM	n						291	297	295						284	298	293	n	x	P 98 max									
		2 ICV	TCM	n						280	295	291						290	291	291	n	x	P 98 max									
		3 RCV	TCM	n						263	292	288						261	289	291	n	x	P 98 max									

[illegible]

Annexe 4 (suite)

Pays	Ville	Site	SO ₂										MPS															
			No.	Zone	Méthode	Année										Méthode	Année											
						73	74	75	76	77	78	79	80	73	74		75	76	77	78	79	80						
Suède	Stockholm	1	CCV	Coul	n x P 98 max					152* 63* 157* 233*	293 60 139 239	295 49 186 200	293 58 186 395	119* 70* 144* 227*														
		2	RB	Coul	n x P 98 max					149* 16* 50* 106*	268 17 52 262	270 19 61 93	314 16 55 91	123* 19* 51* 60*														
		3	CCV	Coul	n x P 98 max					58* 35* 84* 88*	162* 44* 108* 180*	287 44 162 501	313 56 202 284	48* 44* 118* 168*														
		4	IB	Coul	n x P 98 max					152* 28* 80* 145*	261 30 114 146	212* 50* 170* 214*	257 39 180 283	117* 48* 164* 185*														
		5	ICV	Coul	n x P 98 max					151* 19* 55* 76*	271 26 73 122	187* 23* 73* 109*	300 23 78 127	88* 22* 58* 80*														
Suisse	Zürich	1	CCV	Cond	n x P 98 max					92* 78* 218* 239*	181* 77* 211* 345*																	
				Acidim	n x P 98 max					184* 64* 216* 259*																		
Tchécoslo- vaquie	Prague	1	CCV	TCM	n x P 98 max	358 148 480 874	363 126 348 462	363 138 486 704	360 130 414 602	326 140 411 607	168* 184* 381* 516*							n x P 98 max	126* 239* 530* 735*	237 262 860 1200	238 143 320 375	202 156 550 755	107* 136* 385* 382*					
		2	RV	TCM	n x P 98 max	335 126 381 683	336 107 272 531	380 129 421 619	350 131 316 411	345 131 447 857	181* 129* 376* 480*							n x P 98 max	335 139 366 758	319 135 414 529	348 124 345 599	354 125 291 399	344 115* 315 570	181* 115* 256* 311*				
		3	ICV	TCM	n x P 98 max	250 75 260 377	226 56 177 267	276 58 246 412	231 71 223 273	280 64* 180* 459	172* 64* 236 237*							n x P 98 max	116* 121* 250* 355*	235 191 555 929	176* 132* 295* 370*	223 154 561 835	105* 118* 342* 634*					

[illegible]

Les publications de l'OMS peuvent être commandées, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un libraire, aux adresses suivantes:

AFRIQUE DU SUD	Van Schaik's Bookstore (Pty) Ltd, P.O. Box 724, Church Street 268, PRETORIA 0001.
ALGÉRIE	Société Nationale d'Édition et de Diffusion, 3 bd Zirout Youcef, ALGER.
ALLEMAGNE, RÉPUBLIQUE FÉDÉRALE D'	Govi-Verlag GmbH, Ginnheimerstrasse 20, Postfach 5360, 6236 ESCHBORN — W. E. Saarbach, Postfach 101 610, Follerstrasse 2, 5000 COLOGNE 1 — Alex. Horn, Spiegelgasse 9, Postfach 3340, 6200 WIESBADEN.
ARGENTINE	Carlos Hirsch SRL, Florida 165, Galerías Güemes, Escritorio 453/465, BUENOS AIRES.
AUSTRALIE	Hunter Publications, 58A Gipps Street, COLLINGWOOD, VIC 3066 — Australian Government Publishing Service (Mail order sales) P.O. Box 84, CANBERRA A.C.T. 2600; or over the counter from Australian Government Publishing Service Bookshops at: 70 Alinga Street, CANBERRA CITY A.C.T. 2600; 294 Adelaide Street, BRISBANE, Queensland 4000; 347 Swanston Street, MELBOURNE VIC 3000; 309 Pitt Street, SYDNEY N.S.W. 2000; Mt Newman House, 200 St. George's Terrace, PERTH WA 6000; Industry House, 12 Pirie Street, ADELAIDE SA 5000; 156-162 Macquarie Street, HOBART TAS 7000 — R. Hill & Son Ltd., 608 St. Kilda Road, MELBOURNE, VIC 3004; Lawson House, 10-12 Clark Street, CROW'S NEST, NSW 2065.
AUTRICHE	Gerold & Co., Graben 31, 1011 VIENNE 1.
BANGLADESH	Coordonnateur des Programmes OMS, G.P.O. Box 250, DHAKA 5 — The Association of Voluntary Agencies, P.O. Box 5045, DHAKA 5.
BELGIQUE	<i>Pour toute commande hors abonnement:</i> Office International de Librairie s.a., avenue Marnix 30, 1050 BRUXELLES. <i>Abonnements:</i> Office International des Périodiques, avenue Marnix 30, 1050 BRUXELLES — <i>Abonnements à Santé du Monde seulement:</i> Jean de Lannoy, 202 avenue du Roi, 1060 BRUXELLES.
BHOUTAN	<i>voir Inde, Bureau régional de l'OMS.</i>
BIRMANIE	<i>voir Inde, Bureau régional de l'OMS.</i>
BOTSWANA	Botsalo Books (Pty) Ltd., P.O. Box 1532, GABORONE.
BRÉSIL	Biblioteca Regional de Medicina OMS/OPS, Unidade de Venda de Publicações, Caixa Postal 20.381, Vila Clementino, 04023 SÃO PAULO, S.P.
CANADA	Association canadienne d'Hygiène publique, 1335 Carling Avenue, Suite 210, OTTAWA, Ontario K1Z 8N8. <i>Les demandes d'abonnement, accompagnées d'un chèque au nom de la Banque Royale du Canada, Ottawa, compte Organisation mondiale de la Santé, peuvent également être envoyées à l'Organisation mondiale de la Santé, PO Box 1800, Postal Station B, OTTAWA, Ont. K1P 5R5.</i>
CHINE	China National Publications Import & Export Corporation, P.O. Box 88, BEIJING (PEKING).
CHYPRE	"MAM", P.O. Box 1722, NICOSIA.
DANEMARK	Munksgaard Export and Subscription Service, Nørre Søgade 35, 1370 COPENHAGUE K. (Tel: +45 1 12 85 70).
ÉGYPTE	Osiris Office for Books and Reviews, 50 Kasr El Nil Street, LE CAIRE.
ÉQUATEUR	Libreria Científica S.A., P.O. Box 362, Luque 223, GUAYAQUIL.
ESPAGNE	Comercial Athenium S.A., Consejo de Ciento 130-136, BARCELONE 15; General Moscardó 29, MADRID 20 — Libería Díaz de Santos, Lagasca 95 y Maldonado 6, MADRID 6; Balmes 417 y 419, BARCELONE 22.
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE	<i>Pour toute commande hors abonnement:</i> WHO Publications Centre USA, 49 Sheridan Avenue, ALBANY, NY 12210. <i>Abonnements:</i> <i>Les demandes d'abonnement, accompagnées d'un chèque au nom de Chemical Bank, New York, Account World Health Organization, doivent être envoyées à World Health Organization, PO Box 5284, Church Street Station, New York, NY 10249. La correspondance concernant les abonnements doit être adressée à l'Organisation mondiale de la Santé, Distribution et Vente, 1211 GENEVE 27, Suisse. Les publications sont également disponibles auprès de United Nations Bookshop, New York, NY 10017 (vente au détail seulement).</i>
FIDJI	Coordonnateur des Programmes OMS, P.O. Box 113, SUVA.
FINLANDE	Akateeminen Kirjakauppa, Keskuskatu 2, 00101 HELSINKI 10.
FRANCE	Librairie Arnette, 2, rue Casimir-Delavigne, 75006 PARIS.
GABON	Librairie Universitaire du Gabon, B.P. 3881, LIBREVILLE.
GHANA	Fides Enterprises, P.O. Box 1628, ACCRA.
GRÈCE	G. C. Eleftheroudakis S.A., Librairie internationale, rue Nikis 4, ATHÈNES (T. 126).
HAÏTI	Max Bouchereau, Librairie «A la Caravelle», Boîte postale 111-B, PORT-AU-PRINCE.
HONG KONG	Hong Kong Government Information Services, Beaconsfield House, 6th Floor, Queen's Road, Central, VICTORIA.
HONGRIE	Kultura, P.O.B. 149, BUDAPEST 62 — Akadémiai Könyvesbolt, Váci utca 22, BUDAPEST V.
INDE	Bureau régional de l'OMS pour l'Asie du Sud-Est, World Health House, Indraprastha Estate, Mahatma Gandhi Road, NEW DELHI 110002 — Oxford Book & Stationery Co., Scindia House, NEW DELHI 110001; 17 Park Street, CALCUTTA 700016 (<i>Sous-agent</i>).
INDONÉSIE	P. T. Kalman Media Pusaka, Pusat Perdagangan Senen, Block 1, 4th Floor, P.O. Box 3433/Jkt, DIJAKARTA.
IRAN (RÉPUBLIQUE ISLAMIQUE D')	Iran University Press, 85 Park Avenue, P.O. Box 54/551, TÉHÉRAN.
IRAQ	Ministry of Information, National House for Publishing, Distributing and Advertising, BAGDAD.
IRLANDE	TDC Publishers, 12 North Frederick Street, DUBLIN 1 (Tél: 744835-749677).
ISLANDE	Snaebjörn Jonsson & Co., P.O. Box 1131, Hafnarstraeti 9, REYKJAVIK.
ISRAËL	Heiliger & Co., 3 Nathan Strauss Street, JÉRUSALEM 94227.
ITALIE	Edizioni Minerva Medica, Corso Bramante 83-85, 10126 TURIN; Via Lamarmora 3, 20100 MILAN.
JAPON	Maruzen Co. Ltd., P.O. Box 5050, TOKYO International, 100-31.
JORDANIE, ROYAUME HACHÉMITE DE	Jordan Book Centre Co. Ltd., University Street, P.O. Box 301, (Al-Jubeiha), AMMAN.
KOWEÏT	The Kuwait Bookshops Co. Ltd., Thunayan Al-Ghanem Bldg, P.O. Box 2942, KOWEÏT.
LIBAN	The Levant Distributors Co. S.A.R.L., Box 1181, Makdassi Street, Hanna Bldg, BEYROUTH.
LUXEMBOURG	Librairie du Centre, 49 bd Royal, LUXEMBOURG.

Les publications de l'OMS peuvent être commandées, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un libraire, aux adresses suivantes:

MALAISIE	Coordonnateur des Programmes OMS, Room 1004, 10th Floor, Wisma Lim Yong (formerly Fitzpatrick's Building), Jalan Raja Chulan, KUALA LUMPUR 05-10; P.O. Box 2550, KUALA LUMPUR 01-02; Parry's Book Center, K. L. Hilton Hotel, Jln. Treacher, P.O. Box 960, KUALA LUMPUR.
MALAWI	Malawi Book Service, P.O. Box 30044, Chichiti, BLANTYRE 3.
MALDIVES	voir Inde, Bureau régional de l'OMS.
MAROC	Editions La Porte, 281 avenue Mohammed V, RABAT.
MEXIQUE	Libreria Internacional, S.A. de C.V., Av. Sonora 206, 06100-MÉXICO, D.F.
MONGOLIE	voir Inde, Bureau régional de l'OMS.
MOZAMBIQUE	INLD, Caixa Postal 4030, MAPUTO.
NÉPAL	voir Inde, Bureau régional de l'OMS.
NIGÉRIA	University Bookshop Nigeria Ltd, University of Ibadan, IBADAN.
NORVÈGE	J. G. Tanum, A/S, P.O. Box 1177 Sentrum, OSLO 1.
NOUVELLE-ZÉLANDE	Government Printing Office, Publications Section, Mulgrave Street, Private Bag, WELLINGTON 1; Walter Street, WELLINGTON; World Trade Building, Cubacade, Cuba Street, WELLINGTON. <i>Government Bookshops at:</i> Hannaford Burton Building, Rutland Street, Private Bag, AUCKLAND; 159 Hereford Street, Private Bag, CHRISTCHURCH; Alexandra Street, P.O. Box 857, HAMILTON; T & G Building, Princes Street, P.O. Box 1104, DUNEDIN — R. Hill & Son Ltd, Ideal House, Cnr Gillies Avenue & Eden Street, Newmarket, AUCKLAND 1.
PAKISTAN	Mirza Book Agency, 65 Shahrah-E-Quaid-E-Azam, P.O. Box 729, LAHORE 3; Sasi Limited, Sasi Centre, G.P.O. Box 779, I.I. Chundrigar Road, KARACHI.
PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINÉE	Coordonnateur des Programmes OMS, P.O. Box 646, KONEBOBU.
PAYS-BAS	Medical Books Europe BV, Noorderwal 38, 7241 BL LOCHEM.
PHILIPPINES	Bureau régional de l'OMS pour le Pacifique occidental, P.O. Box 2932, MANILLE — The Modern Book Company Inc., P.O. Box 632, 922 Rizal Avenue, MANILLE 2800.
POLOGNE	Skladnica Księgarska, ul Mazowiecka 9, 00052 VARSOVIE (sauf périodiques) — BKWZ Ruch, ul Wronia 23, 00840 VARSOVIE (périodiques seulement).
PORTUGAL	Livraria Rodriguez, 186 Rua do Ouro, LISBONNE 2.
RÉPUBLIQUE DE CORÉE	Coordonnateur des Programmes OMS, Central P.O. Box 540, SÉOUL.
RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE ALLEMANDE	Buchhaus Leipzig, Postfach 140, 701 LEIPZIG.
RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE POPULAIRE LAO	Coordonnateur des Programmes OMS, P.O. Box 343, VIENTIANE.
RÉPUBLIQUE POPULAIRE DÉMOCRATIQUE DE CORÉE	voir Inde, Bureau régional de l'OMS.
ROYAUME-UNI	H.M. Stationery Office: 49 High Holborn, LONDRES WC1V 6HB; 13a Castle Street, EDIMBOURG EH2 3AR; 80 Chichester Street, BELFAST BT1 4JY; Brazennose Street, MANCHESTER M60 8AS; 258 Broad Street, BIRMINGHAM B1 2HE; Southey House, Wine Street, BRISTOL BS1 2BQ. <i>Toutes les commandes postales doivent être adressées de la façon suivante:</i> HMSO Publications Centre, 51 Nine Elms Lane, LONDRES SW8 5DR.
SIERRA LEONE	Njala University College Bookshop (University of Sierra Leone), Private Mail Bag, FREETOWN.
SINGAPOUR	Coordonnateur des Programmes OMS, 144 Moulmein Road, SINGAPOUR 1130; Newton P.O. Box 31, SINGAPOUR 9122 — Select Books (Pte) Ltd, 215 Tanglin Shopping Centre, 2/F, 19 Tanglin Road, SINGAPOUR 10.
SRI LANKA	voir Inde, Bureau régional de l'OMS.
SUÈDE	Pour toute commande hors abonnement: Aktiebolaget C.E. Fritzes Kungl. Hovbokhandel, Regeringsgatan 12, 103 27 STOCKHOLM. Abonnements: Wennergren-Williams AB, Box 30004, 104 25 STOCKHOLM.
SUISSE	Medizinischer Verlag Hans Huber, Länggass Strasse 76, 3012 BERNE 9.
TCHÉCO-SLOVAQUIE	Artia, Ve Smeckach 30, 111 27 PRAGUE 1.
THAÏLANDE	voir Inde, Bureau régional de l'OMS.
TUNISIE	Société Tunisienne de Diffusion, 5 avenue de Carthage, TUNIS.
TURQUIE	Haset Kitapevi, 469 Istiklal Caddesi, Beyoglu, ISTANBUL.
URSS	Pour les lecteurs d'URSS qui désirent les éditions russes: Komsomolskij prospect 18, Medicinskaja Kniga, MOSCOU — Pour les lecteurs hors d'URSS qui désirent les éditions russes: Kuzneckij most 18, Meždunarodnaja Kniga, MOSCOU G-200.
URUGUAY	Libreria Agropecuaria S. R. L., Casilla de Correo 1755, Alzaibar 1328, MONTEVIDEO.
VENEZUELA	Libreria del Este, Aptdo 60.337, CARACAS 106 — Libreria Médica Paris, Apartado 60.681, CARACAS 106.
YOUgoslavie	Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27/II, 11000 BELGRADE.
ZAÏRE	Librairie universitaire, avenue de la Paix N° 167, B.P. 1682, KINSHASA I.

Des conditions spéciales sont consenties pour les pays en développement sur demande adressée aux Coordonnateurs des Programmes OMS ou aux Bureaux régionaux de l'OMS énumérés ci-dessus ou bien à l'Organisation mondiale de la Santé, Service de Distribution et de Vente, 1211 Genève 27, Suisse. Dans les pays où un dépositaire n'a pas encore été désigné, les commandes peuvent être adressées également à Genève, mais le paiement doit alors être effectué en francs suisses, en livres sterling ou en dollars des États-Unis.

Prix: Fr. s. 11.—

Prix sujets à modification sans préavis.

Dans la plupart des grandes villes, la pollution atmosphérique pose de nos jours un grave problème écologique. La surveillance de la qualité de l'air constitue une première étape importante dans la lutte contre cette nuisance.

On trouvera dans la présente publication l'analyse de toutes les données rassemblées de 1973 à 1980 dans le cadre d'un projet conjoint OMS/PNUF de surveillance de la qualité de l'air. Après un exposé d'ensemble de la situation de la pollution atmosphérique à l'échelle mondiale, des études détaillées sont consacrées à l'importance de la concentration atmosphérique du dioxyde de soufre, des matières particulaires en suspension et des fumées depuis le début du projet. Viennent ensuite des analyses approfondies portant sur la situation de quelques villes prises pour exemple et sur les tendances mondiales de la pollution atmosphérique.

Ces analyses seront utiles pour les organismes responsables de la santé publique au niveau national et pour certaines autorités municipales ainsi que pour les planificateurs désireux de réduire l'intensité de la pollution dans les agglomérations urbaines.