

ÉTUDE ET MISE EN PLACE
DE PROGRAMMES DE SURVEILLANCE
DE L'AIR DANS LES SECTEURS
URBAINS ET INDUSTRIELS

Texte rédigé par les Secrétariats de

l'Organisation
mondiale
de la Santé

et de

l'Organisation
météorologique
mondiale

à la suite

d'une Consultation OMS/OMM sur la surveillance de la qualité de l'air
dans les secteurs urbains et industriels, Genève, 1976



ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ
GENÈVE

1977

Les publications offset de l'OMS ont pour objet de diffuser des documents qui, pour des raisons financières, techniques ou autres, ne peuvent trouver place dans le programme ordinaire de publications et risquent ainsi de n'atteindre qu'un public restreint. Elles sont généralement reproduites en offset plutôt qu'imprimées et ne font pas nécessairement l'objet d'une mise en forme aussi soignée que les autres publications de l'OMS.

ISBN 92 4 270033 9

© Organisation mondiale de la Santé, 1977

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 du 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 SUISSE

Table des matières

	<u>Pages</u>
Avant-propos	5
Introduction	6
Chapitre 1. Objectifs et méthodes de la surveillance	9
1.1 Objectifs	9
1.2 Comment mettre sur pied un programme de surveillance	12
Chapitre 2. Conception du réseau de surveillance	16
2.1 Données de base nécessaires	16
2.1.1 Sources et émissions	16
2.1.2 Données sanitaires et démographiques	16
2.1.3 Données météorologiques	17
2.1.4 Données topographiques	17
2.1.5 Renseignements antérieurs sur la qualité de l'air .	17
2.1.6 Considérations relatives à l'utilisation des sols .	18
2.2 Organisation et ressources nécessaires	18
2.2.1 Organisation	18
2.2.2 Personnel, matériel et crédits	19
2.3 Conception du programme	19
2.3.1 Choix des polluants	20
2.3.2 Choix de la zone à surveiller	20
2.3.3 Nombre et répartition des stations de prélèvement .	21
2.3.4 Durée et fréquence des prélèvements	24
Chapitre 3. Critères d'implantation des stations	26
3.1 Caractère représentatif	26
3.2 Impératifs de comparabilité	27
3.3 Impératifs physiques	28
Chapitre 4. Autres éléments essentiels du programme de surveillance	30
4.1 Moyens de laboratoire	30
4.2 Contrôle de la qualité	30
4.3 Enregistrement et traitement des données	31
4.4 Présentation des données	31
Bibliographie	32
<u>Annexe 1.</u> Principaux polluants et sources de pollution dans les zones urbaines	35
<u>Annexe 2.</u> Exemples destinés à illustrer les directives à suivre pour la mise au point d'un programme de surveillance de la pollution de l'air	36

	<u>Pages</u>
Exemple N° 1. Financement d'un programme de surveillance de la pollution de l'air faisant principalement appel à des instruments non automatiques	36
Exemple N° 2. Financement d'un programme de surveillance de la pollution de l'air en milieu urbain avec recours essentiellement à des instruments automatiques.....	39
Exemple N° 3. Financement d'un programme de surveillance de la qualité de l'air au voisinage d'une seule source importante de pollution	43
<u>Annexe 3.</u> Liste des participants à la consultation OMS/OMM sur la surveillance de la qualité de l'air dans les zones urbaines et industrielles, Genève, 21-25 juin 1976	46

AVANT-PROPOS

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM) coopèrent depuis de nombreuses années sur le plan technique avec les Etats Membres en vue de lancer ou de développer des programmes de protection de l'environnement. Les deux organisations ont déjà entrepris en commun plusieurs projets^{1,2} et leur coopération s'est encore resserrée avec la création du Système mondial de surveillance continue de l'environnement (GEMS) dans le cadre du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE).

L'Organisation météorologique mondiale a mis en place dans les régions rurales et les sites reculés un réseau mondial de surveillance de la pollution de fond de l'air.³ Comme la pollution atmosphérique compte parmi les facteurs affectant la santé de l'homme, l'Organisation mondiale de la Santé a commencé dès 1972⁴ à surveiller la qualité de l'air dans certains secteurs urbains et industriels. Les travaux de l'OMM et de l'OMS s'inscrivent dans le cadre du GEMS et sont réalisés avec la coopération et l'aide du PNUE.

En juin 1976, un groupe d'experts s'est réuni à Genève sous les auspices des deux organisations pour examiner les principes régissant la conception des réseaux urbains de surveillance de l'air, considérés notamment du point de vue météorologique. Les participants (voir l'annexe 3) ont étudié un rapport établi avant la réunion sur la base de documents de travail rédigés par M. G. Akland, le Dr D. Szepesi et M. R. Waller. Par la suite, un petit groupe, assisté de fonctionnaires de l'OMM et de l'OMS, a apporté la dernière main à ce document en vue de sa publication. Ce groupe comprenait le Dr J. Mahoney et M. R. Waller, qui avaient participé l'un et l'autre à la consultation, et le Dr D. Shearer, du Centre collaborateur OMS pour la lutte contre la pollution de l'environnement, United States Environmental Protection Agency, Washington (Etats-Unis d'Amérique).

INTRODUCTION

Cet ouvrage est destiné avant tout à ceux qui sont chargés d'étudier et de concevoir les programmes de surveillance de la qualité de l'air dans les zones urbaines et industrielles. Dès lors qu'on décide d'intervenir pour éviter ou réduire la pollution atmosphérique, de tels programmes s'imposent à tous les stades : évaluation de la situation existante, application de la réglementation en vigueur, mesure de l'efficacité des programmes de réduction de la pollution, adoption de nouvelles dispositions réglementaires. L'ouvrage que nous présentons ici facilitera - nous l'espérons - l'harmonisation des méthodes de surveillance de l'air et, par conséquent, la comparaison des données recueillies à travers le monde.

On trouvera ici des indications générales sur la mise en oeuvre de programmes de surveillance : choix du moment, détermination de l'objet de la surveillance, choix du lieu, choix des moyens.

Les méthodes de lutte contre la pollution de l'air ne seront pas abordées, encore qu'elles soient incontestablement liées aux méthodes de surveillance de la qualité de l'air. Quant aux méthodes d'analyse des polluants de l'air, elles ont été présentées ailleurs.⁵⁻¹⁰

Les informations que l'on trouvera ci-après devraient servir également à orienter les activités du Système mondial de surveillance continue de l'environnement (GEMS) dans les secteurs urbains. D'ailleurs cet ouvrage souligne la nécessité d'une coopération permanente et sans réserve entre les organismes de lutte contre la pollution atmosphérique chargés de la surveillance de la qualité de l'air et les services météorologiques locaux ou nationaux.

La surveillance de la qualité de l'air doit toujours être envisagée dans le cadre plus large de la gestion de l'environnement. L'agent de décision se trouve souvent placé devant la nécessité d'établir une priorité parmi la multitude des problèmes d'environnement qui se posent et il lui appartient de décider si tel programme de surveillance de la qualité de l'air est justifié et, dans l'affirmative, de déterminer l'importance du soutien technique à lui accorder. On se gardera d'établir un programme trop ambitieux si l'on ne sait pas exactement comment seront utilisées les données que l'on se propose de recueillir sur la qualité de l'air.

Cette publication s'adresse surtout aux administrateurs et au personnel technique des pays qui commencent à se préoccuper des problèmes de pollution atmosphérique qui se posent à une économie en voie d'industrialisation. Les directives que l'on trouvera ici devraient intéresser également les pays qui se sont déjà dotés d'un réseau de surveillance et qui ont à se prononcer sur son extension. Etant donné que les industries devraient surveiller non seulement les émissions nocives de leurs installations, mais également la qualité de l'air ambiant tant à l'intérieur qu'aux abords des usines, les directives présentées ici devraient leur faciliter cette tâche.

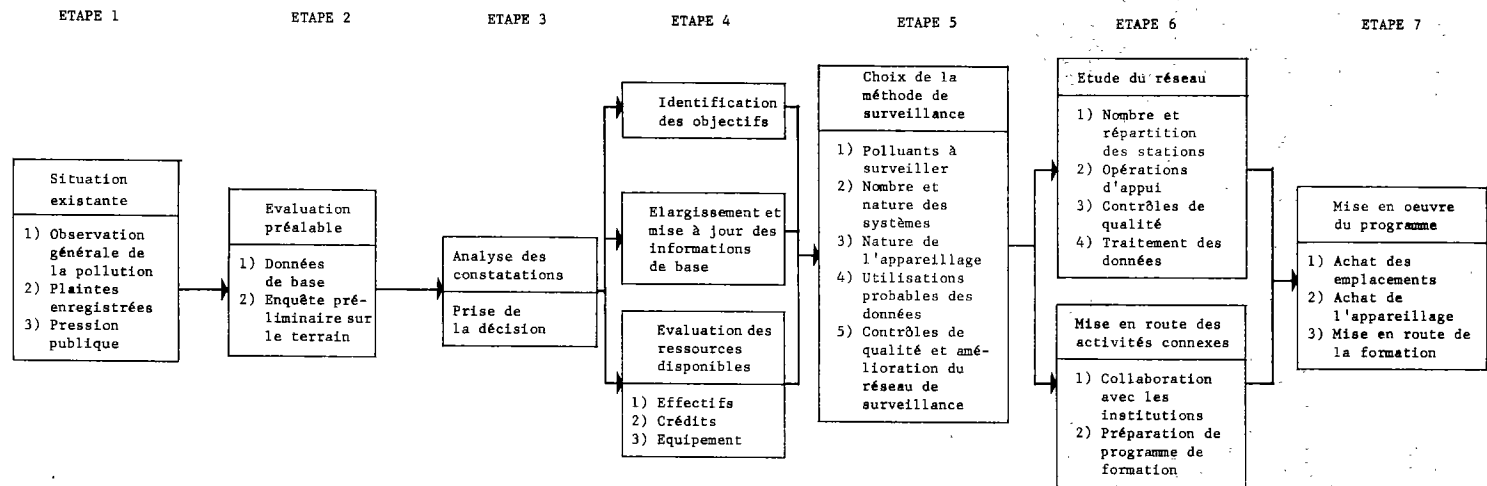
La figure 1 ci-après résume sous forme schématique les principales étapes de la mise en place d'un programme de surveillance de la qualité de l'air. On a suivi l'ordre chronologique des opérations, mais certaines étapes comportent plusieurs activités qui peuvent être simultanées.

Le texte s'articule en quatre chapitres : 1) objectifs et méthodes, 2) conceptions du réseau de surveillance, 3) critères d'implantation des stations et 4) autres éléments essentiels du programme de surveillance. Les principales

informations figurent aux chapitres 2 et 3 consacrés à la conception des réseaux de surveillance de la qualité de l'air. Le chapitre 1 sert avant tout d'introduction à ces deux chapitres, tandis que le chapitre 4 fournit d'autres renseignements utiles.

Enfin, l'annexe 2 propose trois exemples qui montrent comment on peut mettre en place différents programmes de surveillance de la qualité de l'air. Le premier exemple présente des opérations essentiellement manuelles, le second des opérations de surveillance automatisées, tandis que le troisième décrit la mise en place d'un programme de surveillance de l'air au voisinage d'une source unique mais importante de pollution atmosphérique. Ces exemples ne doivent être considérés que comme des illustrations générales, destinées à montrer quels types de programmes l'on peut adopter dans telle ou telle situation. On trouvera des indications sur le nombre des échantillonneurs et les prix de revient mais il va de soi que, dans chaque cas d'espèce, les décisions doivent être prises et les calculs doivent être faits sur place en tenant compte des directives contenues dans le corps de l'ouvrage.

FIG. 1. ETAPES DE LA MISE EN PLACE D'UN PROGRAMME DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR



1.1 Objectifs

Avant d'envisager la création ou l'extension d'un programme de surveillance de la qualité de l'air, il est indispensable d'en examiner attentivement les objectifs afin de pouvoir recueillir les données avec un minimum d'efforts et de dépenses. S'il est tentant de mettre en place un système qui puisse répondre à une multitude d'objectifs et de besoins en données, il semble bien que, dans la pratique, un réseau de surveillance donné ne peut répondre qu'à certaines combinaisons d'objectifs. Par exemple, d'une manière générale, il n'est pas possible d'enquêter sur telle pollution particulière au moyen d'un réseau conçu pour surveiller les tendances à long terme du niveau de la pollution atmosphérique. Bien entendu, on peut modifier un réseau pour lui faire jouer, additionnellement, un autre rôle que celui pour lequel il avait été primitivement conçu.

Les objectifs de la surveillance ont été classés en deux groupes : dans le premier (a et b ci-dessous et tableau 1) figurent les objectifs d'un programme de surveillance intéressant une ville industrielle d'importance moyenne confrontée à un problème de pollution réel ou potentiel. Les besoins essentiels en matière de surveillance sont indiqués et la plupart des chapitres restants présentent d'autres informations à ce sujet. Dans le deuxième groupe (c-i ci-dessous et tableau 1) figurent des objectifs plus spécifiques, généralement facultatifs (et aussi plus complexes sur le plan technique) et qui seront inclus ou non dans le programme de base en fonction des conditions locales.

Le programme de surveillance de base doit fournir les données indispensables à l'établissement des normes de qualité de l'air et doit, d'une manière générale, permettre d'arrêter un programme viable de lutte contre la pollution atmosphérique. Dans ce genre de programme, la surveillance porte habituellement sur les principaux polluants atmosphériques (voir annexe 1) : particules en suspension, dioxyde de soufre, oxyde de carbone, oxydes d'azote et oxydants. En outre, selon les caractéristiques industrielles de la zone surveillée, on ajoutera d'autres polluants tels que l'hydrogène sulfuré.¹² Les paramètres météorologiques à mesurer sont la vitesse et la direction du vent, et l'on enregistrera également, si possible, la fréquence des inversions.

Les objectifs du premier groupe sont les suivants :

a) Observer les tendances à long terme

Il s'agit de détecter toute détérioration de la qualité de l'air qui serait due au développement de l'habitat ou de l'industrie. Dans ce cas précis, un équipement à commande manuelle peut suffire; on fera des prélèvements intermittents sur 24 heures pendant une période relativement longue, et l'on n'effectuera les mesures qu'en trois ou quatre points d'une zone urbaine donnée (étant entendu que les mesures devront être faites aux mêmes emplacements pendant de nombreuses années). Le site devra être choisi avec le plus grand soin pour éviter toute interférence des sources de pollution voisines.

On peut obtenir beaucoup d'informations supplémentaires et accroître la polyvalence du réseau en faisant des observations continues sur des périodes de 24 heures. On peut alors procéder à des analyses statistiques qui fourniront non seulement des moyennes annuelles mais aussi les distributions de

fréquence des valeurs quotidiennes. On pourra étudier séparément les tendances des jours ouvrables et celles des fins de semaine et établir des corrélations avec les facteurs météorologiques.

Comme les concentrations de certains polluants subissent d'amples variations saisonnières, il est toujours important, pour évaluer les tendances, de s'assurer que l'échantillonnage a été fait tout au long de l'année, ou du moins pendant des périodes représentatives. De grandes différences météorologiques d'une année à l'autre peuvent affecter les moyennes annuelles, d'où la nécessité, pour observer les tendances, de disposer des données d'au moins cinq années consécutives.

b) Vérifier si les normes de qualité de l'air sont respectées et évaluer les stratégies anti-pollution

Dans les recommandations concernant les normes de qualité de l'air, on s'est généralement trop peu soucié des méthodes de surveillance à adopter. Il est très important qu'elles soient précisées de façon très détaillée car les résultats dépendent beaucoup de l'emplacement exact des appareils de prélèvement et des périodes retenues pour le calcul des moyennes. Pour ce qui est des normes de qualité de l'air ambiant, on s'efforcera de mesurer des concentrations représentatives et l'on veillera à éliminer toute erreur systématique des données liées à des sources locales de pollution ou à des conditions inhabituelles de dispersion. Lorsqu'on adopte de nouvelles mesures anti-pollution, il faut, pour déterminer leur efficacité, disposer d'une longue série de données, portant sur cinq ans au moins, et le réseau de surveillance doit, si possible, être mis en place avant que les mesures anti-pollution n'entrent en vigueur. Des moyennes de 24 heures sont généralement nécessaires. Toutefois, dans certains cas - pour mesurer l'oxyde de carbone notamment - on a besoin de moyennes de moins de 24 heures.

Le second groupe comprend les objectifs suivants :

c) Intensifier les mesures d'urgence

Il s'agit ici principalement d'établir des prévisions météorologiques et, à partir de cette information, des prévisions pour les 24 heures à venir de la concentration des principaux polluants dans l'atmosphère. La première chose à faire est de construire des modèles mathématiques qui établissent une relation entre les concentrations de polluants atmosphériques et les variables météorologiques. Les prévisions obtenues à partir de ces modèles doivent être appuyées par des observations systématiques faites en zone urbaine pendant des périodes de prélèvement de l'ordre d'une heure. Les systèmes spécialement conçus en vue d'une action d'urgence peuvent être très complexes et comporter un système d'alerte précoce, mais ils ne se justifient que si l'alerte permet de protéger efficacement la population.

d) Évaluer les risques pour la santé humaine

Les effets des polluants atmosphériques dans les villes sont de deux sortes : les effets aigus, que la modification d'un jour sur l'autre d'un indice de santé permet généralement d'observer, et les effets chroniques, qui apparaissent progressivement après de nombreuses années d'exposition à la pollution. Pour ce qui est des effets aigus, il est indispensable de disposer de mesures faites à des intervalles rapprochés; une période de prélèvement de 24 heures suffit généralement mais, pour évaluer l'exposition aux concentrations maximales qui se produisent au cours de la journée, il peut être nécessaire d'établir des moyennes portant sur des périodes plus courtes.

Pour ce qui est des effets chroniques, des moyennes annuelles peuvent suffire mais, comme on peut avoir besoin de connaître les variations saisonnières et les valeurs de pointe, il est utile de disposer de séries d'observations portant sur des périodes de 24 heures, comme dans le cas des effets aigus.

Lorsque les concentrations varient fortement sur des distances de quelques mètres, comme c'est le cas pour l'oxyde de carbone ou le plomb dans la circulation automobile, des enquêtes spéciales sont généralement nécessaires dans chaque cas, avec recours parfois à des échantillonneurs personnels.

e) Evaluer les autres risques pour l'environnement

Les risques de dommage aux plantes et aux arbres des villes peuvent généralement être évalués grâce à des observations faites sur des périodes de 24 heures (comme en a) ou d) ci-dessus), mais étant donné que certaines fleurs délicates peuvent être endommagées lors d'une courte exposition à de fortes concentrations (de dioxyde de soufre ou d'ozone, par exemple), on peut le cas échéant faire appel à des instruments de surveillance continue.

Pour évaluer les dommages subis par les constructions en pierre ou en autres matériaux, du fait en particulier du dioxyde de soufre, le mieux est d'utiliser des échantillonneurs statiques, tels que les bougies au peroxyde de plomb, que l'on expose à l'air pendant des périodes d'un mois d'affilée. Une autre mesure utile est l'analyse d'échantillons de précipitations, notamment pour en déterminer le degré d'acidité.

f) Fournir les données de base nécessaires à la planification de l'utilisation des sols

Les modes d'occupation des sols et les activités qui les accompagnent déterminent très largement la nature et la quantité de polluants qui sont émis dans une zone urbaine. Etant donné que l'on se préoccupe de plus en plus de la qualité de l'environnement, il est nécessaire d'établir une corrélation entre les niveaux de pollution existants et les effets de la création ou de l'extension des complexes industriels dans les villes et de la mise en oeuvre de grands travaux publics.

Pour le dioxyde de soufre et les particules en suspension, les besoins en appareils de mesure et en données sont les mêmes que pour les objectifs a) et d) ci-dessus; les appareils doivent fonctionner généralement pendant des périodes de 24 heures. Le réseau doit comporter des emplacements représentatifs de chaque type d'occupation du sol : zones résidentielles à faible ou forte densité d'habitat, complexes industriels, zones commerciales, etc. Les stations régionales de l'OMM pourront fournir à cet égard d'utiles données supplémentaires.

g) Valider les modèles de dispersion

Les modèles de dispersion peuvent concerner les émissions en provenance d'une source unique ou celles provenant de sources multiples dans une collectivité importante; les besoins de surveillance varient en conséquence. Lorsqu'on détermine la fréquence des prélèvements, il faut aussi tenir compte de la nature du modèle : tel modèle servira à mesurer les variations à court terme de la pollution sur des périodes de 24 heures ou de quelques minutes, tel autre servira à établir des moyennes à long terme (1 mois-1 an). Le plus souvent, un vaste réseau de surveillance utilisant des appareils automatiques pendant une période d'environ 1 an est nécessaire pour "calibrer" le modèle.

h) Enquêter sur les plaintes enregistrées

Lorsqu'il s'agit d'enquêter sur des doléances, on peut, contrairement à ce qui a été dit plus haut, être amené à prélever des échantillons d'agents polluants en provenance de sources particulières. Comme les résultats sont influencés par de faibles changements dans la direction du vent, un grand nombre de prélèvements peuvent être nécessaires et l'on doit parfois recourir à des installations de surveillance continue pour observer les valeurs de pointe de la pollution. Un problème peut se poser si l'on n'a précisé d'avance quel polluant il convient de surveiller, car il n'est généralement pas possible d'installer des stations spéciales de prélèvement pour toute une série de polluants. En pareil cas, des stations mobiles peuvent être utiles.

i) Procéder à des enquêtes préalables

Quand aucune mesure n'a encore été faite ou lorsque surgit un nouveau problème de pollution, on peut procéder à une enquête préalable. Pendant un temps limité, on utilisera des échantillonneurs manuels ou, si possible, une station d'échantillonnage mobile. Pour déterminer les types de polluants à prélever, il est important de savoir quels combustibles sont utilisés et quelles sont les activités industrielles de la zone étudiée. Lorsque l'on ne chauffe que pendant une partie de l'année ou lorsque les conditions météorologiques varient beaucoup, l'enquête devra porter notamment sur les périodes de pollution atmosphérique maximale.

1.2 Comment mettre sur pied un programme de surveillance

L'élaboration d'un programme de surveillance doit toujours reposer sur l'examen d'un certain nombre de grandes questions - Que faut-il surveiller ? Où, pourquoi et comment ? - auxquelles il faut répondre avant d'organiser dans le détail le réseau de surveillance.¹³ Par exemple, tout réseau, moyen ou grand, relève d'une des deux formules de base ci-après : 1) de nombreuses stations ne mesurent chacune qu'un ou deux polluants; ou 2) des stations peu nombreuses mesurent chacune plusieurs polluants. Cette division élémentaire comporte cependant plusieurs autres dimensions : choix des types d'instruments, utilisation prévue des données, etc. Voici quels sont les principaux facteurs à considérer lorsqu'on envisage de créer un réseau de surveillance.

1) Polluants à mesurer. Certains réseaux ne seront équipés que pour mesurer les polluants urbains les plus courants : dioxyde de soufre et particules en suspension. D'autres seront dotés en outre d'instruments pour mesurer les autres polluants urbains courants, mentionnés à l'annexe 1.

2) Nombre des stations. Ce nombre sera fonction des objectifs assignés au réseau de surveillance et des ressources disponibles.

3) Déploiement des stations. Deux solutions sont possibles : stations fixes ou stations mobiles effectuant les mesures à différents endroits. Dans certains cas, c'est l'association de ces deux formules qui est la meilleure solution.

4) Types d'instruments. Le tableau 1 indique brièvement de quels instruments on dispose, compte tenu des objectifs susmentionnés et donne une estimation de leur coût. Cette question est traitée de façon plus détaillée dans l'ouvrage auquel renvoie la note de bas de page 14.

TABEAU 1. APPAREILS DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR NECESSAIRES EN FONCTION DES OBJECTIFS VISES

Polluant	Objectifs*	Appareil	Période d'échantillonnage	Dépenses		Observations
				d'équipement	d'exploitation	
Dioxyde de soufre	Tous	Appareils automatiques	Continue	Elevées	Modérées-élevées	Tout le processus d'analyse est automatisé; le bon fonctionnement des appareils exige les services d'un personnel qualifié.
	a,b,d,e,f,h,i	Barboteurs mécanisés	1-24 heures	Modérées	Modérées	L'analyse des échantillons se fait en laboratoire; les barboteurs sont souvent utilisés en association avec des échantillonneurs de fumée.
	a,b,d,e,h,i	Tubes à absorption	30 minutes	Faibles	Modérées	Cette méthode est utilisée dans les enquêtes intensives en zone urbaine; les prélèvements se font en de nombreux points qui sont visités selon un programme établi sur une base statistique.
	a,e,i	Bougies au peroxyde de plomb	1 mois	Faibles	Faibles	Cette méthode est utile pour indiquer la distribution relative autour des grandes sources de pollution; elle n'indique pas les concentrations absolues.
Particules en suspension	a,b,d,e,f,h,i	Echantillonneurs de fumée	24 heures	Modérées	Faibles	Les échantillonneurs fonctionnent à faible débit et ne prélèvent que de fines particules; certaines analyses chimiques du dépôt du filtre sont possibles.
	a,b,d,e,f,h,i	Echantillonneurs à grand volume	24 heures	Modérées	Modérées	Particules jusqu'à 100 μ m; il est possible de procéder à toute une série d'analyses chimiques du dépôt du filtre.
	Tous	Instruments automatiques	Continue (1-4 heures en chaque point)	Elevées	Modérées-élevées	Les instruments fonctionnent à faible débit; les échantillons sont recueillis sur bande filtrante; certaines analyses chimiques du dépôt du filtre sont possibles.

Matières déposées	a,h,i	Pulvimètres	1 mois	Faibles	Faibles	Ces dispositifs ne prélèvent que les particules de grande dimension; les résultats sont généralement sans rapport avec la santé; l'analyse chimique des dépôts est possible.
Oxyde de carbone	Tous	Instruments automatiques	Continue	Elevées	Modérées-élevées	En plus des mesures sur place, on peut recueillir des échantillons sur le terrain pour analyse en laboratoire.
Oxydes d'azote, oxydants	a,b,d,e,f,h,i	Barboteurs mécanisés	1-24 heures	Modérées	Modérées	Les échantillons sont analysés en laboratoire.
	Tous	Instruments automatiques	Continue	Elevées	Modérées-élevées	Tout le processus d'analyse est automatisé; le bon fonctionnement des appareils exige les services d'un personnel qualifié.
Oxydants (ozone par exemple)	h,i	Barboteurs mécanisés	30 minutes	Modérées	Modérées	L'analyse des échantillons doit se faire en laboratoire 30 à 60 minutes après le prélèvement.
	Tous	Instruments automatiques	Continue	Elevées	Modérées-élevées	Tout le processus d'analyse est automatisé; le bon fonctionnement des appareils exige les services d'un personnel qualifié.
<p>* Objectifs : a = Analyse des tendances. b = Evaluation des stratégies anti-pollution. c = Intensification des mesures anti-pollution. d = Evaluation des risques pour la santé humaine. e = Evaluation des risques pour l'environnement. f = Données de base pour la planification de l'utilisation des sols. g = Validation des modèles de dispersion. h = Enquêtes sur les plaintes enregistrées. i = Evaluation préalable.</p>						

5) Périodes de prélèvement. Trois grandes périodes de prélèvement sont à considérer : de courte durée (par exemple, une heure), de moyenne durée (un jour), de longue durée (un mois). Les appareils d'enregistrement continu peuvent fournir des données pour toutes ces durées. La durée du prélèvement est particulièrement importante lorsque les résultats doivent être comparés à des normes ou des critères.

6) Informations météorologiques. Il faudra s'assurer de l'existence des données météorologiques nécessaires à l'implantation de la station de surveillance et à l'interprétation des données. Le tableau 2 donne la liste des instruments météorologiques nécessaires à la réalisation des divers objectifs de la surveillance.

TABLEAU 2. INSTRUMENTS ET MESURES METEOROLOGIQUES NECESSAIRES A LA REALISATION DES OBJECTIFS DE LA SURVEILLANCE

Objectif visé	Instruments et mesures
Evaluation préalable.	Instruments de mesure du vent.
Analyse des tendances, évaluation des risques pour la santé humaine, et évaluation des risques pour l'environnement.	Instruments de mesure du vent, thermohygrographes, pluviomètres.
Evaluation des stratégies anti-pollution.	Instruments de mesure du vent, thermohygrographes et pluviomètres; l'observation du profil vertical de la température peut être utile; elle est fondée souvent sur des données de radiosondage communiquées par les services météorologiques locaux.
Validité des modèles de dispersion.	Observations faites par un groupe de stations météorologiques situées dans la zone étudiée; une des stations devrait être une station-tour permettant de relever les données sur la température et le vent à différentes hauteurs; à la rigueur, on peut estimer les conditions de stabilité atmosphérique au moyen de paramètres au sol : intensité des rayonnements, nébulosité et observation du vent; il est recommandé de consulter des experts en météorologie.
Intensification des mesures anti-pollution.	Comme ci-dessus; la collaboration avec les services météorologiques locaux est indispensable; l'accès direct aux observations concernant les paramètres des vents et des températures (stabilité) est nécessaire.
Enquêtes sur les plaintes enregistrées.	Instruments anémométriques portatifs, thermomètres et pluviomètres.
Données de base destinées à la planification de l'utilisation des sols.	Des stations anémométriques portatives sont utiles si la topographie de la zone est complexe; l'observation du profil vertical des températures est utile.

2.1 Données de base nécessaires

2.1.1 Sources et émissions

La mise sur pied d'un réseau de surveillance comporte certaines démarches préalables, notamment la collecte de données sur l'origine et la nature des polluants de la région et l'établissement d'un inventaire des émissions de polluants.

Dans une ville, les principales sources de pollution sont les industries, les véhicules à moteur, les centrales d'énergie, les incinérateurs et les installations de chauffage (voir annexe 1). Il convient de se renseigner sur le nombre de ces sources, leur nature, leur importance et leur emplacement, et de compléter ces renseignements par des données sur les divers combustibles utilisés, leur composition (soufre, cendres, éléments-traces) et les quantités consommées. On trouve parfois des publications qui indiquent les totaux sur le plan local, régional et national. La distinction doit être faite entre les combustibles utilisés dans les transports et ceux utilisés dans les installations fixes.

Il existe des manuels qui peuvent aider à faire l'inventaire des sources d'émission.^{15,16} Une fois cet inventaire établi, on peut procéder à une estimation grossière des concentrations de polluants dans l'air ambiant en se servant de modèles de calcul de la dispersion.^{17,18,19} On peut ainsi disposer en peu de temps, et pour un coût relativement faible, d'une estimation préalable des problèmes que l'on va rencontrer.

Lorsque l'on étudie la répartition des sources de pollution, il importe de faire la distinction entre les sources importantes qui souvent émettent par de très hautes cheminées et les sources de moindre importance qui émettent à une altitude relativement faible. Ces dernières peuvent favoriser de manière proportionnellement plus importante que les grandes sources industrielles les concentrations de polluants au niveau du sol au voisinage des sources polluantes. On doit également faire la distinction entre les polluants émis directement par les sources de pollution (polluants primaires) et ceux qui résultent de réactions photochimiques (polluants secondaires). Ce dernier phénomène se produit particulièrement dans le cas des polluants émis par les moyens de transport et par l'industrie pétrochimique. Comme les polluants secondaires se forment dans l'atmosphère, les plus fortes concentrations peuvent se trouver à une certaine distance des sources de pollution et il faut tenir compte de ce facteur lors de la planification du réseau de surveillance de l'air.

2.1.2 Données sanitaires et démographiques

La décision de mettre sur pied un programme de surveillance est souvent prise à la suite de doléances formulées par la population que gênent des nuisances telles que les odeurs nauséabondes ou les retombées de poussières. Des renseignements sur l'origine et la répartition géographique des doléances, sur leur nature et leur nombre, peuvent être utiles au stade de la conception du réseau de surveillance. Il est souvent utile aussi de recueillir des données sur les dégâts que les polluants causent à la faune, à la flore et aux matériaux dans la région avant de décider de l'implantation des stations de surveillance.

Il est nécessaire de connaître la répartition de la population dans la région, surtout lorsque le programme de surveillance a pour objet d'évaluer les risques d'exposition des habitants aux polluants. La surveillance de la qualité de l'air à des fins épidémiologiques se fait en général dans un certain nombre de zones résidentielles ayant des niveaux de pollution atmosphérique sensiblement différents. Il est utile aussi de disposer de renseignements sur l'âge et la situation socio-économique de la population de ces zones; ces renseignements sont fournis normalement par les recensements nationaux.

2.1.3 Données météorologiques

On aura soin de prendre contact le plus tôt possible avec les services météorologiques de la région pour savoir quel genre d'informations ils peuvent fournir. Les données météorologiques sont en général recueillies à des fins autres que la surveillance de la pollution de l'air : prévisions météorologiques, circulation aérienne, services agricoles et hydrologiques, etc. Il est d'ailleurs rare que l'on procède à des relevés météorologiques à l'intérieur des grandes villes. Il est donc indispensable de s'assurer la collaboration des services météorologiques et d'obtenir qu'ils complètent leur réseau en installant des appareils supplémentaires en des endroits qui relèvent du programme de surveillance de la pollution de l'air.

Les services météorologiques locaux disposent habituellement de renseignements généraux sur les conditions climatiques de la région. Certains des paramètres les plus fréquemment mesurés sont la vitesse du vent, la direction du vent, les variations de température selon l'heure du jour et la saison; on mesure aussi fréquemment les précipitations, les heures d'ensoleillement, l'humidité relative et absolue et les facteurs de formation de brouillard. Les données concernant les gradients de température et la hauteur d'inversion sont très utiles aussi mais ne sont pas toujours aisément disponibles.

2.1.4 Données topographiques

La topographie joue un rôle important dans le choix de l'emplacement des stations de surveillance, en raison de son effet sur les vents locaux et la stabilité de l'atmosphère. De nombreuses industries se sont établies dans les vallées, où les inversions de température ont tendance à se produire plus fréquemment et à maintenir la pollution au ras du sol. Dans les villes construites en terrain accidenté, on observe des variations notables dans la concentration des contaminants. De manière générale, plus le terrain est accidenté et plus il faudra d'échantillonneurs pour déterminer la répartition de la pollution. D'autres facteurs topographiques qui agissent sur la dispersion des polluants sont les montagnes, les lacs et les océans.

2.1.5 Renseignements antérieurs sur la qualité de l'air

Là où aucun programme de surveillance permanente de la qualité de l'air n'existe encore, on dispose souvent de renseignements sporadiques recueillis par exemple dans le cadre d'études spéciales faites par des services sanitaires ou météorologiques, des universités, des chercheurs ou même des étudiants préparant une thèse. Tous ces renseignements devraient être rassemblés et, si possible, mis en tableau. Il est parfois possible de parvenir ainsi à une première estimation de l'ampleur du problème. Il faut bien entendu faire preuve de circonspection, car ces données peuvent avoir été recueillies et analysées selon des méthodes très diverses.

2.1.6 Considérations relatives à l'utilisation des sols

Si l'on veut utiliser les données relatives à la pollution atmosphérique pour estimer les concentrations que l'on peut s'attendre à trouver dans des conditions similaires, il importe de classer les stations de surveillance selon les sources de pollution et les activités du voisinage. Cela peut se faire commodément en tenant compte de l'utilisation des sols. En général, il suffit de procéder à des observations sur place, mais dans certaines régions les services de planification ont dressé des cartes montrant l'utilisation des sols. Dans le National Survey du Royaume-Uni, par exemple, le voisinage immédiat de chaque station de surveillance a été classé comme résidentiel, commercial, industriel ou mixte et l'on a relevé d'autres facteurs tels que la densité des logements et la proximité de parcs ou d'autres espaces libres.

2.2 Organisation et ressources nécessaires

2.2.1 Organisation

La nature de l'organisation responsable de la surveillance de la qualité de l'air varie d'un pays à l'autre ainsi qu'à l'intérieur d'un même pays. Dans certains pays, cette surveillance a été confiée à des organismes spécialisés chargés de la lutte contre la pollution de l'environnement, dans d'autres au ministère de la santé, à un autre organisme public ou à une institution industrielle, scientifique ou éducative. Quel que soit l'organisme responsable, il est nécessaire qu'il s'assure le cas échéant la collaboration d'autres organismes aux stades de la planification, de la conception et de la gestion du réseau.

Parmi les autres organisations qui peuvent collaborer à la mise sur pied du programme de surveillance figurent les associations industrielles, les services du recensement et les services d'urbanisme. Bon nombre des données relatives aux émissions de polluants, à la densité démographique et à la distribution de la population, à l'emplacement des sources de polluants, aux axes de circulation, au zonage, etc., peuvent être obtenues auprès de ces organisations. Il importe également, surtout au stade de la planification, de s'assurer le concours des services météorologiques.

Il est utile aussi de faire appel à la compétence et à l'expérience des autres services qui mettent en oeuvre des programmes de surveillance de l'environnement. Ainsi, l'on consultera les organismes responsables du contrôle de la qualité de l'eau, de la surveillance des rayonnements et de la surveillance de l'exposition professionnelle, et l'on tirera parti, dans la mesure du possible, des services qu'ils peuvent offrir en matière de formation, de travaux de laboratoire et d'évaluation des données.

Si les caractéristiques de la dispersion des polluants atmosphériques - en liaison avec la topographie et la météorologie - de la zone à surveiller le justifient, il pourra être nécessaire d'établir une coopération entre plusieurs collectivités en vue de la lutte contre la pollution de l'environnement. En pareil cas, un mécanisme officiel de coopération - par exemple un comité consultatif ou un autre organisme du même ordre - rendra les plus grands services.

Il sera souvent utile de participer à des programmes de surveillance internationaux, comme ceux entrepris par l'OMS et l'OMM en collaboration

avec le Système mondial de surveillance de l'environnement (GEMS) du PNUÉ. Ces programmes comportent, par exemple, un élément "maintien de la qualité de l'air" dont les organismes locaux de lutte contre la pollution pourraient tirer parti.

2.2.2 Personnel, matériel et crédits

La mise sur pied d'un programme de surveillance de la qualité de l'air est parfois une opération difficile, mais il est possible d'obtenir dès le départ de bons résultats avec du matériel simple et un budget limité. Pour commencer, un petit groupe de personnes devrait être chargé des travaux initiaux. Un spécialiste, chargé de diriger le groupe à plein temps ou à temps partiel, pourrait avec le concours d'un ou deux techniciens commencer à rassembler les données disponibles en vue de préparer un rapport sur les conditions régnant dans la ville considérée.

Il est possible de recueillir des données sur la teneur de l'air en particules en suspension et en dioxyde de soufre avec un matériel peu coûteux, qu'un personnel semi-spécialisé peut manipuler facilement. Le coût d'une station simple complète est d'environ US \$2500, y compris le matériel d'analyse. Les stations complémentaires que l'on installera dans la même ville ne coûteront que US \$1000, puisque le matériel d'analyse de la première station servira à toutes les autres. Il faudra en outre compter environ US \$1000 par an pour l'achat des réactifs, du matériel et des pièces de rechange nécessaires. Les principales dépenses additionnelles seront les frais de personnel, de transport et d'utilisation des services d'un bon laboratoire.

Sur la base des renseignements recueillis et des premiers résultats des activités initiales de surveillance, il devrait être possible de développer le programme et d'y inclure la mesure d'autres polluants. Il faudrait à ce moment-là, si possible, élaborer un modèle de diffusion grossier sur lequel on puisse se fonder pour développer le réseau. On trouvera des exemples à ce sujet à l'annexe 2. Ces exemples indiquent les ressources en personnel et en crédits qui sont nécessaires pour l'extension d'un programme de surveillance dans différentes conditions et illustrent la progression par étapes du réseau.

2.3 Conception du programme

Les données préliminaires qui sont utiles au stade de la conception du programme de surveillance ont été mentionnées dans la section 2.1. Une fois ces données recueillies et analysées, on peut mettre en place l'infrastructure du programme de surveillance. Cette opération comporte les démarches suivantes :

- i) choix des polluants à mesurer dans l'immédiat et ultérieurement;
- ii) délimitation de la zone où se feront les mesures;
- iii) détermination du nombre et de la répartition des stations de surveillance; et
- iv) détermination de la durée et de la fréquence des prélèvements.

Des décisions doivent être subordonnées aux objectifs à atteindre (voir chapitre 1) et aux renseignements à fournir. Elles dépendront également de l'extension prévue du programme. Celle-ci devra presque toujours se faire

progressivement : la liste des polluants à surveiller sera complétée petit à petit et le nombre des stations de surveillance sera réduit ou augmenté au cours des années à mesure que l'on aura acquis de l'expérience et adapté le programme de manière à mieux répondre aux besoins.

2.3.1 Choix des polluants

Pour le choix des polluants à surveiller, on a recours généralement à l'une des deux méthodes ci-après. La première repose sur le postulat que les polluants atmosphériques les plus courants (voir annexe 1) sont présents en quantités variables dans presque toutes les zones urbaines. Le programme de surveillance commencera donc par la mesure des particules en suspension et du dioxyde de soufre; si l'intensité de la circulation le justifie, on y ajoutera la mesure de l'oxyde de carbone. Par la suite, on adjoindra progressivement à la liste d'autres polluants, dont la présence a déjà été confirmée dans d'autres villes dans le cadre des activités de surveillance de la qualité de l'air. Cette méthode est la plus courante. Il est nécessaire de faire référence à des normes là où les concentrations en polluants dépassent ou approchent les niveaux jugés nocifs,²⁰⁻²³ ou bien là où les niveaux de pollution restent admissibles, mais où l'on s'attend à une expansion considérable de la population ou des activités industrielles.

La deuxième méthode est moins empirique. Sur la base d'inventaires des sources d'émission, elle vise à déterminer non seulement quels polluants risquent d'être dangereux pour la santé de l'homme et pour l'environnement en général, mais aussi quel ordre de priorité il faut adopter pour assurer progressivement le développement du programme. L'idéal serait de procéder parallèlement à l'établissement de modèles permettant de calculer les niveaux escomptés des divers polluants atmosphériques. En général, on commence par établir un inventaire des sources d'émission des principaux polluants, puis on lance le programme. On procède ensuite à l'inventaire des différentes industries, car certaines peuvent émettre des polluants qui ne se rencontrent pas dans toutes les zones urbaines : par exemple, hydrogène sulfuré, arsenic, fluor, amiante, etc.

Nous avons, pour la clarté de l'exposé, présenté séparément ces deux méthodes, mais dans la plupart des cas on a recours à des combinaisons de l'une et de l'autre.

2.3.2 Choix de la zone à surveiller

Dans la plupart des cas, le réseau de surveillance doit couvrir l'ensemble de la zone urbaine. En effet, les polluants atmosphériques peuvent être entraînés sur de grandes distances et leurs effets peuvent se produire à de nombreux kilomètres du point d'émission, surtout lorsque les émissions proviennent de hautes cheminées comme celles des usines.

Pour pouvoir étudier à fond le problème, il est éminemment souhaitable que le bassin aérien tout entier soit couvert par le réseau de surveillance. La région à surveiller s'étendra souvent sur plus d'une circonscription administrative, ce qui exigera une coopération avec les collectivités voisines.

Il importe de tenir compte de certaines particularités topographiques pour délimiter la région à étudier. Par exemple, une haute chaîne de montagnes ou une vaste étendue d'eau peut fort justement marquer la frontière

de la zone à étudier. Lorsqu'il faut se renseigner sur les concentrations de polluants dans l'atmosphère aux alentours d'une source unique, la délimitation de la zone dépendra essentiellement de la hauteur de la cheminée émettrice et des conditions topographiques et météorologiques. Certaines stations de prélèvement devront être situées aux endroits où l'on doit s'attendre à trouver les concentrations atmosphériques maximales. De manière générale, les concentrations maximales au niveau du sol se trouvent en aval de la source à une distance égale à 10-20 fois la hauteur de la cheminée émettrice.

2.3.3 Nombre et répartition des stations de prélèvement

Le nombre des stations dépend 1) de la superficie de la zone que doit couvrir le réseau, 2) de la variabilité des concentrations de polluants et 3) des besoins en données, qui sont eux-mêmes fonction des objectifs du programme de surveillance.

On trouvera au tableau 3 des indications générales concernant le nombre de stations qui sont nécessaires pour surveiller les tendances des polluants ordinaires dans les zones urbaines. Le chiffre de la population est censé être un indicateur de la superficie de la région et de la variabilité de la pollution. Le nombre de stations recommandé est fondé essentiellement sur l'expérience acquise dans certaines villes et n'a donc qu'une valeur d'indication. On a en outre énuméré un certain nombre de conditions qui justifient l'augmentation ou la réduction de ce nombre. Si l'on fait d'autres mesures encore, notamment à des fins épidémiologiques, il conviendra en général d'augmenter le nombre des stations.

Pour répartir un nombre donné de stations dans une zone déterminée, on a le choix entre deux formules, 1) le réseau géométrique en grille, où les stations sont situées aux points d'intersection du quadrillage ou à l'intérieur de chacun des rectangles, ou 2) un réseau sélectif où l'on tient compte, pour l'implantation des stations, de facteurs tels que la situation des sources de pollution, la population, etc.²⁴

La formule du réseau en grille a été adoptée dans un certain nombre de pays à des fins diverses.^{25,26} Dans de nombreux cas, il s'agissait de déterminer le nombre de stations nécessaires pour bien mesurer le niveau de pollution atmosphérique dans une région; dans d'autres cas, le réseau en grille sert à mesurer systématiquement la pollution de l'air.

Le réseau en grille comporte plusieurs variantes. On peut placer une station de surveillance à tous les points d'intersection du quadrillage ou en certains points seulement (les autres étant parfois éliminés lorsque l'analyse des données a montré qu'il est possible de réduire le nombre des stations sans que les données y perdent en précision). Il est également possible d'utiliser des stations mobiles que l'on installe provisoirement en des points d'intersection selon un programme (aléatoire) utilisant des méthodes statistiques pour calculer les niveaux de pollution de la région.

Bien que l'on utilise encore à l'heure actuelle les réseaux en grille, on n'en recommande généralement pas l'emploi en raison de certaines lacunes qui leur sont inhérentes. Par exemple, les possibilités d'utilisation de techniques peu onéreuses d'échantillonnage et d'analyse sont très limitées et, en outre, l'exploitation de ces réseaux exige beaucoup de personnel.

TABLEAU 3. NOMBRE MOYEN DE STATIONS RECOMMANDE POUR SURVEILLER LA QUALITE DE L'AIR
DANS DES ZONES URBAINES AYANT UN CHIFFRE DE POPULATION DONNE*

Population urbaine (millions)	Nombre moyen de stations par polluant					
	Total des particules en suspension	Dioxyde de soufre	Oxydes d'azote	Oxydants	Oxyde de carbone	Vitesse et direction du vent
< 1,0	2	2	1	1	1	1
1,0-4,0	5	5	2	2	2	2
4,0-8,0	8	8	4	3	4	2
> 8,0	10	10	5	4	5	3

* Conditions justifiant une modification du nombre de stations recommandé :

- 1) Dans les villes fortement industrialisées, on augmentera le nombre des stations de prélèvement des particules en suspension et du dioxyde de soufre.
- 2) Dans les régions à forte consommation de fuel lourd, on augmentera le nombre des stations de prélèvement du dioxyde de soufre.
- 3) Dans les régions où la consommation de fuel lourd est faible, on pourra réduire le nombre des stations de prélèvement du dioxyde de soufre.
- 4) En terrain accidenté, il pourra être nécessaire d'augmenter le nombre des stations.
- 5) Dans les villes où la circulation est particulièrement intense, il pourra être nécessaire de doubler le nombre des stations de prélèvement des oxydes d'azote, des oxydants et de l'oxyde de carbone.
- 6) Dans les villes comptant 4 millions d'habitants ou plus, où la circulation est relativement faible, on pourra réduire le nombre des stations de prélèvement des oxydes d'azote, des oxydants et de l'oxyde de carbone.

Le réseau sélectif requiert le choix de points de prélèvement plus représentatifs et permet en général d'avoir une idée plus précise des niveaux de pollution de l'air dans les zones les plus polluées et les plus peuplées, grâce à l'installation d'un nombre de stations plus élevé dans ces zones, accompagnée d'une réduction parallèle du nombre des stations à la périphérie, où la qualité de l'air est généralement meilleure. Le nombre des stations que l'on peut installer ne permet pas en général d'élucider pleinement les modes de pollution de l'air ambiant dans la région concernée. Cependant, le recours à des modèles de dispersion permet, par exemple par interpolation, d'obtenir des renseignements supplémentaires sur les concentrations maximales escomptées ou sur la répartition spatiale des concentrations ambiantes entre des stations de prélèvement éloignées les unes des autres.²⁷

Le tableau 4 donne un exemple de la répartition des stations de prélèvement entre le centre de la ville ou les zones industrielles urbaines et les zones résidentielles. On se sert souvent d'une même station pour surveiller plusieurs polluants, mais cette solution ne permet pas en général de recueillir le maximum de renseignements concernant les divers types de polluants. Par exemple, les postes de surveillance du dioxyde de soufre et des particules en suspension peuvent souvent être répartis comme indiqué dans le tableau 4; mais il faudra adopter un autre mode de répartition pour les échantillonneurs de l'oxyde de carbone, qui devront presque tous être installés dans les zones à forte circulation automobile, car on constate que les concentrations d'oxyde de carbone décroissent rapidement à mesure que l'on s'en éloigne. Par contre, on trouve en général les concentrations maximales d'oxydants à la périphérie urbaine située sous le vent ou au-delà, en raison du temps que prend la formation de ces substances dans l'atmosphère. Si l'on veut surveiller les oxydants, il faut donc toujours prévoir quelques stations de prélèvement à la périphérie voire en dehors de l'agglomération urbaine.

TABLEAU 4. EXEMPLE DE REPARTITION DES STATIONS DE PRELEVEMENT

Nombre total de stations	Nombre de stations	
	Au centre de la ville ou dans les quartiers industriels	Dans les quartiers résidentiels
1	1	0
2	1	1
3	2	1
4	2	2
5	3	2
10	6	4

On peut souvent recourir à des stations mobiles pour compléter les données provenant des stations fixes. Il faut dans ce cas vérifier de près que le fonctionnement du matériel n'a pas été modifié en cours de transport et l'on sera donc amené à procéder plus fréquemment au calibrage des appareils. D'autre part, les données fournies par ces stations mobiles sont

fondées sur l'analyse d'échantillons généralement recueillis pendant quelques mois de l'année seulement. On devra donc veiller à ce que les mesures représentent bien les conditions de pollution réelle au moment des prélèvements et ne soient pas appliquées à d'autres périodes de l'année.

2.3.4 Durée et fréquence des prélèvements

La durée d'un programme de surveillance de la qualité de l'air est variable. La surveillance entreprise peut être : 1) à court terme; 2) intermittente; et 3) permanente.

La surveillance à court terme est normalement entreprise à des fins spéciales. Elle sert par exemple à procéder à une estimation préliminaire des niveaux de pollution avant la mise sur pied d'un programme de surveillance plus complet. L'inconvénient de la surveillance à court terme est que les données recueillies peuvent ne pas être pleinement représentatives, en raison des conditions météorologiques ou des conditions d'émission particulières à la période de prélèvement. La surveillance intermittente (par exemple, un mois par saison ou un jour sur six) est économique, surtout lorsqu'on emploie des échantillonneurs manuels. Si cette surveillance intermittente est pratiquée assez longtemps (par exemple pendant plusieurs années) les données peuvent être très utiles pour analyser les tendances et évaluer les stratégies anti-pollution. On veillera cependant à ne pas donner une interprétation trop rigoureuse des données qui risquent d'être biaisées par suite de la discontinuité de l'échantillonnage. La surveillance permanente est en général instituée lorsqu'un service chargé de la lutte contre la pollution de l'air décide, en se fondant sur les mesures fournies par la surveillance à court terme ou intermittente, qu'il faut passer à l'échantillonnage permanent. Dans la plupart des cas, on commencera par établir un petit réseau de surveillance, étant entendu que le nombre des stations sera accru à mesure que progresseront l'urbanisation et l'industrialisation.

On notera qu'avec la surveillance permanente, l'analyse des tendances à long terme des données joue un rôle important car elle permet de mettre sur pied l'indispensable programme anti-pollution et de préparer les textes législatifs et/ou les règlements nécessaires. Il importe donc que les stations de surveillance soient situées longtemps aux mêmes endroits.

En ce qui concerne la fréquence des prélèvements, deux facteurs jouent un rôle dominant, 1) la variabilité inhérente du polluant (par exemple dans la journée, selon le jour de la semaine, selon la saison), et 2) la précision requise des données relatives à la qualité de l'air, qui dépend de l'objectif de la surveillance.

On sait par expérience que les concentrations de dioxyde de soufre et de particules en suspension présentent des fluctuations diurnes qui tiennent à la nature de la source et aux variations météorologiques journalières. Les concentrations d'oxyde de carbone par contre présentent des variations diurnes dues essentiellement aux courants de trafic et à la densité de la circulation. Les différences saisonnières observées dans les niveaux de pollution de l'air sont liées aux variations des émissions de polluants et des conditions météorologiques.

L'échantillonnage pendant les jours ouvrables et en fin de semaine s'est avéré très utile pour estimer les émissions industrielles, car la plupart des

usines réduisent ou arrêtent le travail pendant le week-end. L'échantillonnage en fin de semaine, s'il est pratiqué assez longtemps, peut également donner des indications très utiles relatives aux effets de la circulation automobile sur le niveau de pollution de l'air.

Si l'on veut déterminer les fluctuations caractéristiques des concentrations de polluants, la fréquence des prélèvements devra être supérieure à la fréquence des variations prévues. Par exemple, pour mesurer la variation diurne, on prélèvera des échantillons toutes les heures. Si les mesures ne sont pas continues, les observations isolées devront être également réparties sur toute la journée afin d'obtenir un profil représentatif. De même, pour obtenir un profil hebdomadaire des moyennes journalières, on prélèvera des échantillons à la fois les jours ouvrables et le week-end.

Pour pouvoir calculer une moyenne annuelle à partir des données recueillies, il est essentiel que toutes les parties de l'année soient également représentées. La variation saisonnière dans les mesures de certains polluants montre pourquoi cela est essentiel. En règle générale, on peut admettre que le programme de surveillance est bien équilibré si durant chaque trimestre on ne rassemble pas moins de 20 % du nombre total des observations faites au cours de l'année.

L'exactitude de la moyenne des différentes fréquences de prélèvement a été calculée théoriquement et déterminée empiriquement en un certain nombre de points du monde.²⁸ De toute évidence, l'exactitude décroît avec la fréquence de l'échantillonnage. Si, par exemple, on prélève des échantillons tous les deux jours, l'écart par rapport à la moyenne annuelle obtenue par échantillonnage quotidien est inférieur à ± 2 %. Si le prélèvement est fait tous les douze jours, l'écart se situe aux environs de ± 10 %.

Si l'on veut pouvoir comparer les données relatives à la qualité de l'air avec les normes ou les critères établis en la matière, il faut que la période d'échantillonnage corresponde au temps sur lequel a été calculée la moyenne qui a servi à établir la norme.²⁹ Des temps de calcul différents donnent des résultats qui ne sont pas directement comparables. La raison en est la forte influence exercée par le temps de calcul sur la variance d'un échantillon et partant sur les valeurs maximales et les percentiles.³⁰ Dans toute la mesure possible, on fera en sorte que la période d'échantillonnage et le temps sur lequel a été calculée la moyenne soient comparables.

CHAPITRE 3. CRITERES D'IMPLANTATION DES STATIONS

L'emplacement exact de chaque station de surveillance joue un rôle extrêmement important dans la mise en place du réseau; en effet, un choix malheureux risque de réduire considérablement, parfois pour des années, la valeur des données recueillies.

L'emplacement d'une station de surveillance de la qualité de l'air doit répondre aux conditions suivantes :

- 1) il doit être représentatif du secteur choisi;
- 2) de par son dispositif et son exploitation, la station doit permettre de recueillir des données susceptibles d'être comparées à celles que fournissent les autres stations du réseau;
- 3) les aménagements de la station doivent respecter certains impératifs physiques.

En dernière analyse, le choix de chaque emplacement résulte du meilleur compromis possible entre les différents impératifs.

3.1 Caractère représentatif

La station est représentative si les données recueillies mesurent bien les niveaux de concentration et les fluctuations des polluants de l'air dans le secteur considéré.

Il est difficile, en pratique, d'énoncer des directives dans ce domaine. Cependant, on pourra vérifier que l'emplacement a été bien choisi en procédant simultanément à des mesures au moyen d'une ou de plusieurs stations temporaires mises en place dans le périmètre considéré. L'emplacement de la station doit être choisi de manière à limiter au maximum les risques d'interférence dans le voisinage immédiat. C'est ainsi que la station devra :

- 1) être éloignée des sources de pollution atmosphérique voisines; la distance recommandée dépend de la hauteur et de la force d'émission des sources polluantes; la station devra en tout cas être placée à plus de 25 m des cheminées domestiques, surtout si ces dernières sont plus basses que le point de prélèvement; la distance devra être plus grande si la source de pollution est plus importante;
- 2) être éloignée des surfaces absorbantes (feuillages et matériaux de construction absorbants). La distance tolérée sera fonction des propriétés absorbantes du matériau à l'égard du polluant considéré; un dégagement de 1 m est normalement à prévoir;
- 3) être éloignée des sites appelés à subir d'importants bouleversements dans un proche avenir (reconstruction, nouveau plan d'occupation des sols), surtout si l'on veut observer les tendances à long terme.

Les directives ci-dessus s'appliquent aux stations chargées de mesurer le niveau général de la pollution, ainsi qu'à celles qui procèdent à la plupart des mesures nécessaires pour réaliser les objectifs énoncés au chapitre 1.

Lorsqu'il s'agit d'objectifs tels que l'étude des effets sur la santé, l'évaluation des dommages causés à la végétation ou aux matériaux de construction, ou l'examen des doléances des habitants, on considérera que l'emplacement des stations est représentatif si les données recueillies mesurent le degré d'exposition effective des personnes ou des choses. Dans le cas des personnes, cela signifie que les déplacements du groupe de population étudié doivent être surveillés par un certain nombre de stations de manière à mesurer l'exposition moyenne. Cependant, il se pose ici un problème fondamental. En effet, alors que les activités de surveillance de la qualité de l'air se déroulent généralement en plein air, la population passe normalement une bonne partie de son temps à l'intérieur des maisons. Les concentrations de certains polluants, notamment le dioxyde de soufre, se trouvent fréquemment réduites du fait de leur absorption par les murs et autres surfaces. Par contre, dans certains cas, les concentrations de la pollution atmosphérique sont plus élevées à l'intérieur des maisons qu'en plein air.³¹ Les concentrations mesurées à l'intérieur des habitations sont soumises à une telle diversité de facteurs qu'on ne saurait recommander d'inclure ce type d'échantillonnage dans un programme général de surveillance. En revanche, c'est un élément à retenir dans les études épidémiologiques.

La mesure de la pollution de l'air due à la circulation automobile mérite qu'on s'y arrête, en raison des fortes concentrations auxquelles elle peut donner lieu. Cependant, cette mesure ne sera pas nécessairement faite par toutes les stations du réseau. En ce qui concerne les polluants primaires de la circulation (oxyde de carbone, oxydes d'azote, hydrocarbures, plomb et gaz d'échappement des véhicules diesel), il faut s'attendre à trouver les concentrations les plus fortes dans les rues animées du centre des villes, surtout dans les endroits où de grands immeubles bordant de chaque côté les avenues limitent l'aération naturelle. S'il s'agit d'une rue très fréquentée par les piétons, la mise en place d'une station d'échantillonnage pourra s'imposer, à condition de trouver un emplacement convenable.³²

Un groupe hétérogène de polluants appelés oxydants photochimiques, qui ont l'ozone pour principal constituant, se présentent dans l'air ambiant par suite de réactions complexes entre les polluants dégagés par la circulation automobile, dans certaines conditions atmosphériques. Etant donné que ces oxydants prennent du temps pour se former, leurs concentrations peuvent être plus fortes à la périphérie ou au-delà de la périphérie des villes qu'en leur centre. Il faut en tenir compte lorsqu'on décide de l'emplacement des instruments de mesure des oxydants.

3.2 Impératifs de comparabilité

Pour faciliter la comparaison des données recueillies en différents points sur la qualité de l'air, on s'efforcera de normaliser autant que possible les caractéristiques de chacun des emplacements.

Si l'on mesure des polluants émis par des sources stationnaires, on placera de préférence le dispositif de prélèvement à 3-4 m au-dessus du sol et à 1-1,5 m de la surface verticale ou horizontale la plus proche, toutes les autres directions devant être dégagées; autrement dit, le dispositif de prélèvement ne devra pas se trouver dans un espace confiné (cour fermée ou patio), ni dans un angle, ni en dessous ou au-dessus d'un balcon, etc.

Lorsqu'il s'agit de mesurer la pollution de la circulation automobile, le point de prélèvement devra être situé à 3 m au-dessus du niveau de la chaussée et, horizontalement, à 1 m du bord du trottoir. Tout écart par rapport à ces normes est à déconseiller et, s'il est inévitable, il devra être le même pour toutes les stations du réseau. La hauteur de 3 m est recommandée pour éviter que les particules provenant de la rue ne soient réentraînées, pour assurer le libre passage des piétons et pour protéger le dispositif de prélèvement contre les actes de vandalisme.

Certains instruments de surveillance (par exemple, les échantillonneurs à grand débit) doivent être placés à l'extérieur; pour des raisons pratiques, on les installe souvent sur le toit de bâtiments bas, de caravanes, etc.

Les instruments servant à l'observation des polluants gazeux, de même que certains appareils d'échantillonnage des particules en suspension (par exemple, les dispositifs de mesure des fumées), sont normalement placés à l'intérieur ou dans des abris spéciaux. Ils sont reliés à l'air extérieur par un tube de prélèvement se terminant par un entonnoir inversé destiné à empêcher l'admission, avec l'air prélevé, des précipitations et des grosses particules. Si l'on prélève des particules en suspension, les caractéristiques du flux d'admission (débit et diamètre de l'entonnoir) doivent être normalisées, et le tuyau ne devra pas comporter des coudes prononcés. Il devra être aussi court que possible, 3 m au maximum de préférence, et fait d'un matériau qui ne réagisse pas avec le polluant prélevé et ne dégage pas de vapeurs susceptibles d'interférer avec lui. Le diamètre du tube, qui dépendra du débit d'admission, devra être normalisé pour l'ensemble du réseau.

Etant donné qu'il est souvent difficile de satisfaire à tous les impératifs énumérés aux sections 4.1 et 4.2, il faudra tenir compte des différences éventuelles et de leurs effets, surtout lorsqu'il s'agira de comparer les résultats fournis par les différentes stations.

On sait que les niveaux de pollution atmosphérique d'un secteur urbain varient avec les caractéristiques générales du lieu où l'on procède aux mesures. C'est pourquoi il est utile que l'on dispose d'un descriptif de l'entourage de chacun des points de prélèvement, de façon à pouvoir s'y reporter lors de l'analyse des données. Le plus souvent, la description figure sur une formule spéciale qui, outre l'adresse de la station, précise si elle est située au centre de la ville ou dans les faubourgs, et s'il s'agit d'un secteur industriel, résidentiel ou commercial. Le fuseau horaire, la hauteur au-dessus du sol, etc. pourront également être précisés.

3.3 Impératifs physiques

L'emplacement de la station doit satisfaire à une ou plusieurs des conditions ci-après, selon le type des appareils utilisés :

- 1) il devra pouvoir être utilisé pendant une longue période;
- 2) si possible, il devra être accessible 24 heures sur 24, et d'un bout à l'autre de l'année;
- 3) la présence d'une énergie électrique suffisamment puissante est nécessaire;

- 4) l'emplacement doit être à l'abri des actes de vandalisme;
- 5) la station devra au besoin être protégée des températures extrêmes.

Les bâtiments publics, qui présentent souvent les conditions voulues, sont fréquemment utilisés pour abriter les stations de surveillance.

4.1 Moyens de laboratoire

L'exploitation des réseaux de surveillance de la qualité de l'air ne peut se passer de l'appui des moyens de laboratoire. La nature et l'importance de ces moyens varieront en fonction des polluants auxquels on s'intéresse, de la nature des appareils de surveillance utilisés, de la dimension du réseau et de la fréquence des opérations d'échantillonnage.

En règle générale, tout laboratoire qui s'occupe de qualité de l'air a besoin au minimum du matériel suivant : balance d'analyse, colorimètre, appareils pour la distillation de l'eau ou l'échange d'ions, dispositifs de mesure du volume de l'air et du débit de l'air, verrerie de laboratoire, étuve, matériel d'étalonnage et étalons, et si possible suffisamment de réactifs et de fournitures pour durer un an et assurer ainsi la qualité uniforme des mesures. Un réflectomètre ou un transmissiomètre pourra être nécessaire pour évaluer les taches de fumée sur les papiers filtres. Il faudra aussi prévoir un appareillage de rechange pour assurer la continuité des observations en cas de panne.

Il est à conseiller, au début de l'exploitation d'un réseau, de solliciter les avis et l'assistance du personnel d'un laboratoire ou d'une organisation internationale ayant l'expérience de ces questions. En effet, l'analyse des polluants même les plus courants peut présenter des difficultés pour les novices; quant à l'analyse des polluants présents à l'état de traces, elle exige un appareillage complexe et coûteux et un personnel hautement qualifié.

Dans tous les cas, la préférence ira aux méthodes normalisées, agréées sur le plan international, afin de mieux garantir la comparabilité tant à l'intérieur du réseau qu'entre les différents réseaux nationaux et internationaux.⁵

4.2 Contrôle de la qualité

Tout programme de surveillance doit comporter un élément "Contrôle de la qualité", car il faut s'assurer que les données recueillies sont acceptables au regard des méthodes arrêtées. Etant donné qu'un grand nombre d'institutions procèdent à des mesures de la pollution de l'air dans de nombreuses stations de surveillance et de nombreux laboratoires, ce contrôle sert également à déterminer et à vérifier la comparabilité qualitative des données fournies par les différentes stations.

On peut distinguer entre le contrôle interne et le contrôle externe.³³ Par contrôle interne on entend l'ensemble des mesures d'ordre intérieur : étalonnages périodiques, vérifications en double, échantillons fractionnés, échantillons "manipulés", tenue d'archives complètes et ordonnées. Quant au contrôle extérieur, il comprend des activités plus occasionnelles, qui n'entrent généralement pas dans le cadre de l'exploitation régulière et quotidienne des stations : visites sur place, vérification des installations par des experts indépendants, comparaisons entre laboratoires, évaluation périodique des données du contrôle de qualité interne.

4.3 Enregistrement et traitement des données

Lorsqu'il s'agit de consigner les résultats fournis par des installations manuelles, on peut se contenter de formules standards; en revanche, lorsque le réseau comporte du matériel à fonctionnement continu, il faut mettre en balance le coût et les avantages d'un système d'enregistrement automatique des données. Dans bien des cas, les enregistreurs à style suffisent.

Le flux des données sera traité dans l'ordre suivant :

- 1) Collecte des données brutes (bandes enregistreuses, données numériques d'imprimante, listes d'observations manuscrites) et des données d'appui : débits, relevés de volumètre, relevés des conditions atmosphériques, données d'étalonnage, remarques sur les caractéristiques de fonctionnement des appareils, changements de réactifs, observation d'événements exceptionnels (brûlis, etc.), réétalonnage avec ou sans réglage de l'instrument correspondant, remplacement de pièces d'un instrument.
- 2) Validation : rejet des données erronées, correction des données en fonction des résultats de l'étalonnage et des débits, et corrélation avec l'heure d'observation.
- 3) Stockage des données : remplissage des formules normalisées, perforation des cartes et inscription des données sur imprimante et sur bande.
- 4) Récupération des données : mise en place de systèmes facilitant l'accès aux séries de données.
- 5) Analyse : application de méthodes statistiques en vue de produire certaines données quantitatives caractéristiques : distributions de fréquence, variations saisonnières, moyennes, écarts-types, etc.

Il existe des systèmes perfectionnés de traitement des données qui, non seulement convertissent les signaux analogiques en données numériques pour les stocker, mais permettent également d'ajuster automatiquement le zéro et la gamme des concentrations et de relever les variables caractéristiques des instruments. Les données peuvent également être transmises par liaison téléphonique entre les stations éloignées et l'ordinateur central qui les traite et les stocke. En règle générale on a intérêt, avant d'acheter un ordinateur, à profiter de l'expérience des établissements qui exploitent déjà ce genre de matériel et à commencer avec une seule station pour se faire la main.

4.4 Présentation des données

La présentation des données doit permettre de les interpréter en fonction de l'objectif initial du réseau de surveillance. Le plus souvent, elles sont présentées sous forme de moyennes (arithmétiques ou géométriques), de valeurs maximales, de distributions de fréquences sur une certaine période de temps.

Les moyennes annuelles indiquent les tendances à long terme, tandis que les moyennes mensuelles permettent de connaître les variations saisonnières. Les moyennes journalières permettent d'obtenir une plus grande résolution et indiquent les variations selon le jour de la semaine et les effets des changements de temps. Les données horaires sont intéressantes dans la mesure où elles mettent en évidence les variations liées à l'activité humaine et au cycle météorologique diurne.

Les distributions de fréquences cumulées renseignent utilement sur la fraction de temps durant laquelle telle valeur a été dépassée, tandis que les représentations graphiques facilitent la présentation d'une grande masse de données.

Si les points sont suffisamment nombreux, ils peuvent être présentés sous forme d'isoplèthes. La rose des vents des concentrations est également utile : jointe à des données topographiques, elle peut renseigner sur la localisation des sources de pollution dans le secteur étudié.

Pour assurer l'uniformité des données dans le monde entier, un système OMS de notification des données est disponible pour le traitement des données relatives à la qualité de l'air.⁵ L'OMS présente également des exemples de formules pour la récupération des données : graphique des moyennes mensuelles pour un polluant donné, distribution cumulative des fréquences de toutes les valeurs d'une année, etc.⁴

BIBLIOGRAPHIE

1. Organisation météorologique mondiale. Urban climates, Genève, 1970 (document N° 254.T.P.141)
2. Organisation météorologique mondiale. Observation and measurement of atmospheric pollution, Genève, 1974 (document N° 368)
3. Wallén, C. C. Global atmospheric monitoring. Environm. Sci. Technol., 9: 30-34 (1975)
4. Air quality in selected urban areas, 1973-1974. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1976 (OMS, Publication offset N° 30)
5. Choix de méthodes pour la mesure des polluants de l'air. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1976 (OMS, Publication offset N° 24)
6. Organisation météorologique mondiale. Operations manual for sampling and analysis techniques for chemical constituents in air and precipitation, Genève, 1974 (document N° 299)
7. Organisation panaméricaine de la Santé. Annex 1: Manual of operations. In: Pan American Air Pollution Monitoring Network. Report of results, June 1967-December 1970, Lima, CEPIS, 1972, pp. 103-126 (CEPIS Technical Series N° 10)
8. Gallay, W. et al. Environmental pollutants - selected analytical methods, Londres, Butterworths, 1975 (Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) Report N° 6)
9. Schneider, R., ed. Automatic air quality monitoring systems, Amsterdam, Elsevier, 1974
10. International Conference on Environmental Sensing and Assessment Las Vegas, 1975, New York, Institute of Electrical and Electronic Engineers, 1976, vol. 1 and 2

11. Munn, R. E. Global Environment Monitoring System (GEMS): Action plan for phase 1, Toronto, Conseil international des unions scientifiques, 1973 (Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) Report N° 3)
12. Suess, M. J. & Craxford, S. R., ed. Manual on urban air quality management, Copenhagen, CMS; Bureau régional de l'Europe, 1976
13. Agence internationale de l'Energie atomique. Surveillance de la contamination radioactive de l'environnement : objectifs et moyens, Vienne, 1975 (Collection Sécurité N° 41)
14. Environmental Instrumentation Group, Lawrence Berkeley Laboratory. Instrumentation for environmental monitoring, Berkeley, CA, University of California, 1975, vol. 1, 1A and 2
15. Düwel, L. & Zündorf, O. J. Erhebung und Katastermäßige Dokumentation der Emissionen luftfremder Stoffe in die Atmosphäre, Cologne, Technischer Überwachungs-Verein Rheinland, 1974
16. United States Environmental Protection Agency. Guide for compiling a comprehensive emission inventory (revised), Research Triangle Park, NC, 1973 (Publication N° APTD-1135)
17. Turner, D. B. Workbook of atmospheric dispersion estimates, Cincinnati, OH, Public Health Service, 1970 (Public Health Service Publication N° 99-AP-26)
18. Organisation météorologique mondiale. Dispersion and forecasting of air pollution, Genève 1972 (Note technique de l'OMS N° 319)
19. Delance, O. M. An urban diffusion model for estimating long-term values of air quality, J. Air. Pollut. Control Ass., 21: 16-19 (1971)
20. Série de Rapports techniques de l'OMS, N° 506, 1972 (Rapport d'un Comité d'experts de l'OMS sur les critères de qualité de l'air et indices relatifs aux polluants de l'atmosphère urbaine)
21. Organisation mondiale de la Santé. Risques pour la santé du fait de l'environnement, Genève, 1972
22. United States Environmental Protection Agency. The world's air quality management standards, Washington, DC, 1974, vol. 1 and 2 (EPA Publications N° EPA-650/9-75-001a and b)
23. Larsen, R. I. A mathematical model for relating air quality measurements to air quality standards, Research Triangle Park, NC, 1971 (Office of Air Programs Publication N° AP-89)
24. Gorshko, B. B. Nombre optimum de stations d'échantillonnage et fréquence d'échantillonnage pour la mesure de la pollution atmosphérique urbaine, Trudy Glavnoj Geofiziceskoj Observatorii, 254: 140-150 (1971)

25. Williams, J. D. & Edmisten, N. G. An air resource management plan for the Nashville metropolitan area, Cincinnati, OH, Public Health Service, 1965 (Public Health Service Publication N° 999-AP-18)
26. Stratman, H. Basic principles of the management of gaseous air pollutants, Staub-Reinh. Luft, 25(9): 10-16 (1965)
27. Air pollution. Proceedings of the Sixth International Technical Meeting on Air Pollution Modeling and its Application, Batelle Institute, Frankfurt a/M, 1975 (NATO Committee on the Challenges to Modern Society publication N° 42)
28. Nehls, G. J. & Akland, G. G. Procedures for handling aerometric data, J. Air Pollut. Control Ass., 23: 180-184 (1973)
29. Prinz, B. Ambient air quality standards and their application. In: Manual on urban air quality management, Copenhagen, OMS, Bureau régional de l'Europe, 1976, pp. 51-66
30. McGuire, J. & Holl, V. E. Relationship between concentrations of atmospheric pollutants and averaging time, Atmospheric Environment, 5: 291-298 (1971)
31. Biersteker, K., de Graaf, H. & Nass, A. G. Indoor pollution in Rotterdam Homes, Int. J. Air Water Pollut., 9: 343-350 (1965)
32. Ludwig, F. L., Berg, N. J. & Hofman, A. J. The selection of sites for air pollutant monitoring: paper N° 76-11.5 presented at the 69th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, Portland, OR, 1976
33. United States Environmental Protection Agency. Quality assurance handbook for air pollution measurement systems. Volume 1 - principles, Research Triangle Park, NC, 1976 (EPA Publication N° EPA/600/9-76-005)

ANNEXE 1

PRINCIPAUX POLLUANTS ET SOURCES DE POLLUTION DANS LES ZONES URBAINES

Source de pollution	Combustibles et carburants	Principaux polluants
Chauffage domestique	Bois, tourbe, bouse, etc.	Particules en suspension Oxyde de carbone Oxydes d'azote
	Charbon	Particules en suspension Dioxyde de soufre Oxyde de carbone Oxydes d'azote
	Fuel léger, gaz	Oxydes d'azote Dioxyde de soufre
Chaudières industrielles Centrales électriques	Charbon, mazout	Dioxyde de soufre Oxydes d'azote Particules en suspension
Procédés industriels de fabrication et de transformation	-	Le type de polluant varie selon le procédé utilisé : par exemple, du dioxyde de soufre et des mercaptans sont produits par les usines de pâte, des métaux lourds sont rejetés par les fonderies, des fluorures sont émis par les usines d'aluminium, de l'oxyde de fer par les aciéries, des poussières par les cimenteries, etc.
Transports	Essence	Oxyde de carbone Oxydes d'azote Plomb Hydrocarbures Oxydants*
	Carburant diesel	Particules en suspension Oxydes d'azote Odeurs Dioxyde de soufre

* Polluant secondaire produit par réaction photochimique avec d'autres polluants présents dans l'atmosphère.

ANNEXE 2

EXEMPLES DESTINES A ILLUSTRER LES DIRECTIVES A SUIVRE POUR LA MISE AU POINT D'UN PROGRAMME DE SURVEILLANCE DE LA POLLUTION DE L'AIR

Le but de cette annexe est d'illustrer, à l'aide de trois exemples, les principes directeurs énoncés dans la partie principale du document en ce qui concerne la mise au point d'un programme de surveillance de la pollution de l'air. Les deux premiers exemples décrivent deux méthodes possibles de mise en oeuvre d'un programme de surveillance en milieu urbain. La première méthode est essentiellement manuelle et exige un investissement relativement faible, tandis que la deuxième est entièrement automatisée. Il s'agit là de deux exemples extrêmes parmi une vaste gamme de possibilités. C'est ainsi que l'on pourra utiliser des échantillonneurs automatiques sans recourir à la télémesure, ce qui exigera moins de dépenses en capital mais alors le personnel devra consacrer plus de temps à rassembler et évaluer les données. De même, on pourrait concevoir une grande installation centrale dotée de tout l'équipement manuel et automatique nécessaire et des installations secondaires qui ne feraient qu'un nombre limité d'observations. Les exemples donnés ici visent à bien montrer qu'un système de surveillance doit être mis en place en plusieurs étapes et s'échelonner sur plusieurs années et qu'il est nécessaire, pour le mener à bien, de former du personnel local d'encadrement et d'appui.

Le troisième exemple donne un aperçu des mesures à prendre pour mener à bien un programme de surveillance de la pollution de l'air au voisinage d'une source industrielle existante ou projetée. Cet exemple a été choisi de façon à montrer combien il est important, dans l'élaboration de ce genre de programme, de tenir compte des caractéristiques topographiques et météorologiques propres à chaque site.

Dans l'exposé de ces trois programmes nous donnerons des indications précises concernant le nombre de stations, les crédits et le personnel nécessaires. Ces précisions n'ont cependant qu'un caractère indicatif, car dans la pratique tout programme de surveillance de la pollution de l'air doit être conçu en fonction des conditions propres à chaque zone considérée.

Exemple N° 1. Financement d'un programme de surveillance de la pollution de l'air, faisant principalement appel à des instruments non automatiques

Ce programme est conçu pour une agglomération d'un peu plus de deux millions d'habitants qui compte 12 000 établissements industriels, dont 2500 constituent des sources potentielles importantes de pollution atmosphérique. Il existe dans cette ville une centrale thermique alimentée au mazout et une usine d'incinération municipale. Une partie des ordures ménagères va à une décharge publique assez primitive où elle brûle en partie spontanément. On compte quelque 15 000 immeubles collectifs équipés d'incinérateurs d'ordures. Le climat est tempéré, de sorte que le chauffage n'est nécessaire que pendant de courtes périodes. La circulation est particulièrement dense dans le centre de la ville et l'entretien de bon nombre de véhicules laisse à désirer. Les données d'observation météorologique sont fournies par deux stations, l'une située dans la banlieue, l'autre à l'aéroport voisin.

Objectifs du programme

- 1) Evaluer les conditions générales de la qualité de l'air dans l'agglomération et rassembler les données requises en vue d'une étude sur l'évolution à long terme des concentrations de polluants.
- 2) Fournir les données nécessaires à la mise sur pied ultérieurement d'un programme de prévention et de lutte contre la pollution dans l'agglomération.

Exécution du programme de surveillance

Première année

- 1) Recueillir et intégrer les données générales sur la pollution : nature, emplacement et caractéristiques d'émission des sources de pollution fixes, nombre et nature des sources mobiles, données météorologiques fournies par les stations d'observation locales, répartition géographique des plaintes enregistrées.
- 2) Prendre contact avec d'autres organismes, notamment avec le service météorologique et l'université, pour les inviter à collaborer avec les autorités sanitaires.
- 3) Créer deux stations pour mesurer les particules en suspension et le dioxyde de soufre; l'une sera située au centre de la ville et l'autre dans une zone industrielle; l'emplacement exact de ces stations sera choisi en consultation avec le service météorologique.
- 4) Installer dans ces deux stations fixes les instruments météorologiques nécessaires.
- 5) Se procurer un instrument portatif pour mesurer, à heures fixes, la teneur en oxyde de carbone afin d'évaluer la pollution due à la circulation.
- 6) Se procurer un véhicule à moteur pour desservir les stations fixes et mesurer les taux de concentration d'oxyde de carbone (dans un premier temps ce véhicule pourra être partagé avec un autre service).
- 7) Se procurer l'équipement de laboratoire nécessaire pour mesurer les concentrations en particules en suspension et en dioxyde de soufre des échantillons d'air.
- 8) Organiser un cours d'environ deux semaines à l'intention du personnel du service de la pollution de l'air et du personnel d'encadrement affecté par le service météorologique, l'université et les milieux industriels au programme de surveillance; le cours sera donné par un spécialiste.

Deuxième année

- 1) Poursuivre les mesures entreprises durant la première année.
- 2) Construire un modèle de diffusion simple.
- 3) Obtenir les crédits de déplacement nécessaires pour permettre au directeur du programme de se rendre dans d'autres villes afin d'y étudier le réseau de stations de surveillance.
- 4) Rédiger un rapport sur la première année d'exécution du programme.

Troisième année

- 1) Sélectionner, sur la base des résultats fournis par le modèle de diffusion, trois autres emplacements qui seront équipés d'instruments pour la mesure des particules en suspension et du dioxyde de soufre.
- 2) Envisager éventuellement de déplacer un ou deux instruments météorologiques, en prévision d'une expansion du réseau.
- 3) Détacher un des membres du personnel auprès d'un service de surveillance de la pollution de l'air, établi de longue date, pour y suivre un stage de formation de trois mois.
- 4) Rédiger un rapport sur la deuxième année d'exploitation du service, en précisant s'il convient d'élaborer un programme de lutte contre la pollution.

Quatrième année

- 1) Rédiger un rapport complet contenant une analyse de tous les renseignements recueillis durant les trois années d'exécution du programme, et formuler des recommandations sur les points suivants : a) nouvelles activités à entreprendre dans le cadre du programme; b) nouvelles précisions concernant la nécessité de mettre au point un programme de prévention et de lutte contre la pollution, et propositions concernant les mesures législatives ou réglementaires à adopter.

Activités complémentaires

Au fur et à mesure que progressera le programme de surveillance, il faudra adopter quelques mesures de réglementation, notamment pour tenir compte des plaintes enregistrées et pour réduire les émissions de fumées denses.

Personnel

L'exécution du programme sera assurée par le personnel suivant. Durant les troisième et quatrième années, un inspecteur sera adjoint à l'équipe; il sera chargé, dans le cadre du programme de surveillance, d'entreprendre la lutte contre la pollution.

Personnel	Nombre d'années-homme			
	1ère année	2ème année	3ème année	4ème année
Ingénieur	1	1	2	2
Chimiste	1/2	1/2	1	1
Inspecteur	-	-	1	1
Assistant	1	1	2	2
Technicien	1	1	1	1
Chauffeur	1/2	1/2	1	1
Total	4	4	8	8

Etat des coûts (chiffres de 1976)

Les dépenses indiquées dans le tableau ci-après ne comportent pas les frais de transport, de douane et d'installation du matériel importé; il sera donc nécessaire peut-être d'affecter ces prévisions de dépenses d'un coefficient de sécurité de 2.

Il n'a pas été tenu compte des dépenses de personnel, en raison des différences importantes d'un pays à l'autre. Les dépenses de personnel peuvent être calculées d'après le tableau précédent.

Poste	US \$				
	1ère année	2ème année	3ème année	4ème année	Total
Dispositifs de prélèvement des particules en suspension et du SO ₂	2 500	-	3 000	-	5 500
Echantillonneur portatif de CO	2 000	-	-	-	2 000
Instruments météorologiques	4 000	-	-	-	4 000
Matériel de laboratoire	2 000	-	1 000	500	3 500
Réactifs	500	500	500	500	2 000
Véhicule à moteur	4 000	-	-	-	4 000
Carburants et entretien	2 000	3 000	3 000	3 000	11 000
Formation	4 000	3 000	4 000	-	11 000
Matériel et fournitures de bureau	2 000	1 000	1 000	1 000	5 000
Divers	1 500	1 300	1 000	1 000	4 800
Total	24 500	8 800	13 500	6 000	52 800

Exemple N° 2. Financement d'un programme de surveillance de la pollution de l'air en milieu urbain avec recours essentiellement à des instruments automatiques

Ce programme est conçu pour une agglomération dont les caractéristiques générales sont les mêmes que celles de la ville du premier exemple, mais qui, en raison de la densité des émissions et des conditions météorologiques, est exposée à un risque réel d'accidents dus à la pollution. Le programme repose sur l'hypothèse que la mise en place d'un système de surveillance entièrement automatique, capable de fournir des observations d'utilisation immédiate, se justifie et que l'on dispose à cet effet de ressources suffisantes.

Objectifs du programme

- 1) Evaluer les taux de concentration de polluants en provenance de sources fixes et des véhicules à moteur, en termes de valeurs moyennes et de valeurs maximales, en un certain nombre de points de la zone urbaine.
- 2) Recueillir les données de base requises pour analyser les tendances à long terme de la pollution.
- 3) Orienter les stratégies de lutte contre la pollution.
- 4) Mettre au point et expérimenter des modèles de dispersion atmosphérique pour pouvoir mesurer toutes les émissions de polluants dans la zone urbaine.
- 5) Renforcer les mesures d'urgence en cas de concentrations élevées en polluants.

Mise en oeuvre du programme de surveillance

Première année

- 1) Passer en revue l'équipement disponible, établir des spécifications détaillées pour les instruments de mesure et de calcul et élaborer le plan d'exploitation du réseau.
- 2) Prendre contact avec tous les organismes compétents en vue de la mise au point d'un plan d'action pour le réseau de surveillance.
- 3) Se procurer des instruments de mesure des particules en suspension (échantillonneur à grand volume plus un échantillonneur à faible volume pour la fumée) et du dioxyde de soufre pour deux stations manuelles; l'installation et la mise en service des instruments doivent intervenir avant la fin de l'année.
- 4) Se procurer deux instruments portatifs de mesure de l'oxyde de carbone en vue d'une évaluation préalable de la pollution due aux véhicules à moteur.
- 5) Mettre au point des formules d'enregistrement des données pour tous les paramètres.
- 6) Etablir un avant-projet d'inventaire des émissions en provenance des sources fixes et des véhicules à moteur.
- 7) Déterminer les besoins en personnel et établir un programme de formation.
- 8) Se procurer deux jeux d'instruments météorologiques, dont le premier sera installé sur une tour (à une hauteur de 10 m), proche de l'un des premiers sites d'échantillonnage, tandis que le deuxième sera, si possible, installé sur une haute tour (à 100 m par exemple).

Deuxième année

- 1) Acheter deux jeux d'instruments automatiques pour la mesure en permanence du dioxyde de soufre, des oxydes d'azote, des oxydants et de l'oxyde de carbone; ces instruments seront mis en place dans les deux stations manuelles déjà installées; il n'est pas question, à ce stade, d'acheter un calculateur; on se contentera des relevés des enregistreurs à style, etc.

- 2) Utiliser les deux premières stations pour former le personnel technique et le personnel d'entretien des instruments.
- 3) Entreprendre un programme de contrôle de la qualité et d'étalonnage des instruments automatiques.
- 4) Agrandir le laboratoire d'analyses pour pouvoir exécuter les travaux d'étalonnage.
- 5) Prévoir un stage spécial de formation (d'une durée de trois mois) pour le directeur du programme et pour l'ingénieur principal.
- 6) Procéder à des calculs sur modèles pour faciliter le choix des emplacements des nouvelles stations de surveillance à installer l'année suivante.

Troisième année

- 1) Acheter six jeux supplémentaires d'instruments automatiques de mesure (du dioxyde de soufre, des oxydes d'azote, des oxydants et de l'oxyde de carbone), ainsi qu'un ordinateur destiné au laboratoire d'analyses. Les instruments seront installés aux emplacements désignés par les calculs sur modèles; cependant, si des stations intégrées doivent mesurer tous les polluants, il conviendra d'en établir une près du centre de la circulation urbaine, en se fondant sur les résultats de l'enquête préalable relative à l'oxyde de carbone et l'on installera une autre station en un point situé sous le vent de la zone urbaine, où l'on peut relever de fortes concentrations d'oxydants. Etant donné qu'il ne sera sans doute pas nécessaire de surveiller les émanations d'oxyde de carbone en des points éloignés du trafic automobile, on pourra, dans au moins deux des stations, ne pas installer d'instrument de mesure de l'oxyde de carbone.
- 2) Acheter six jeux d'instruments supplémentaires pour mesurer les particules en suspension et les installer aux nouveaux emplacements; le personnel technique devra visiter régulièrement ces stations.
- 3) Préparer les liaisons entre les stations de prélèvement et le centre d'analyses.
- 4) Dispenser une formation au personnel technique chargé de l'exploitation du réseau.

Quatrième année

- 1) Mettre en service les liaisons entre les stations de prélèvement et le centre d'analyses et installer l'ordinateur dans ce centre; il convient de noter que l'exploitation des deux séries d'instruments à commande manuelle et l'enregistrement ponctuel des données fournies par les instruments automatiques devront se poursuivre au moins jusqu'à la fin de la quatrième année.
- 2) Entreprendre l'exploitation intégrale de l'ensemble du réseau.
- 3) Entreprendre un programme de notification périodique des données.
- 4) Mettre en oeuvre un programme d'intervention immédiate en cas de pollution grave, en faisant appel aux moyens d'alerte en temps réel du réseau.

Activités complémentaires

Au cours des troisième et quatrième années, il conviendra, compte tenu des résultats fournis par les instruments manuels et automatiques, d'établir des résumés périodiques des observations, et d'étudier les dispositions réglementaires et les techniques anti-pollution dont il y aurait lieu de proposer l'adoption.

Personnel

On recrutera du personnel pour l'analyse et l'interprétation des données, ainsi que du personnel pour assurer l'exploitation du réseau. La quatrième année, au moment de l'exploitation totale du réseau, l'effectif total devrait être porté à 20 personnes, y compris notamment deux inspecteurs.

Personnel	Nombre d'années-homme			
	1ère année	2ème année	3ème année	4ème année
Directeur	1	1	1	1
Ingénieur spécialiste des instruments	1/2	2	2	2
Spécialiste de l'analyse des données	1/2	1/2	1	1 1/2
Opérateur sur ordinateur	-	1/2	1	1
Programmeur	-	1/2	1/2	1
Chimiste de laboratoire d'analyses	1	1	1 1/2	2
Météorologiste	1/2	1/2	1	1
Inspecteur	-	-	-	2
Technicien	2	3	3	5
Secrétaire	1	2	2	3
Chauffeur	1	1	1	1
Total	7 1/2	12	14	20 1/2

Etat des coûts (chiffres de 1976)

D'après l'expérience acquise en la matière aux Etats-Unis, on peut estimer que les coûts afférents à l'exécution du programme se ventileront comme suit :

<u>Première année</u>	US \$
Equipement manuel d'échantillonnage de l'oxyde de carbone et des particules en suspension (deux jeux)	2 500
Deux échantillonneurs portatifs de l'oxyde de carbone	4 500
Deux jeux d'instruments météorologiques, enregistreurs et tour	30 000
Services d'un expert-conseil au stade de l'étude du système	10 000
Divers	3 000
	<hr/>
Total	50 000

<u>Deuxième année</u>	US \$
Deux jeux d'instruments de mesure automatique avec enregistreurs (SO ₂ , CO, NO/NO ₂ et oxydants), avec des abris pour chaque jeu d'instruments	100 000
Instruments et fournitures de laboratoire	40 000
Formation du directeur et de l'ingénieur principal	10 000
Véhicules à moteur plus frais d'exploitation	14 000
Fournitures de bureau	3 000
Divers	3 000
Total	170 000
 <u>Troisième année</u>	
Instruments de mesure automatique et abris (6 jeux)	280 000
Petit ordinateur	20 000
Matériel pour assurer la liaison avec 8 stations	24 000
Cours de formation de courte durée	15 000
Entretien des véhicules	6 000
Total	345 000
 <u>Quatrième année</u>	
Entretien des véhicules	6 000
Fournitures de bureau	2 000
Etablissement des liaisons entre les 8 stations et le centre d'analyses	16 000
Total	24 000
Dépenses totales du système sur quatre ans	589 000
Réserve (10 %) pour l'achat d'autres matériels et fournitures	59 000
Total	648 000

Etant donné que l'on ne connaît pas le montant exact des dépenses afférentes à l'importation et à l'installation du matériel importé, il est recommandé d'affecter ces coûts estimatifs d'un coefficient de sécurité de 2. On peut donc conclure que les dépenses afférentes à l'organisation du système varieront entre US \$650 000 et 1 300 000. Il faudra aussi, dans le budget, tenir compte des dépenses afférentes au personnel et aux locaux et prévoir des crédits pour l'achat d'au moins un jeu d'instruments de réserve, de façon à pouvoir poursuivre le programme d'observation en cas de panne.

Exemple N° 3. Financement d'un programme de surveillance de la qualité de l'air au voisinage d'une seule source importante de pollution

La source de pollution est une centrale d'énergie de 500 MW, chauffée au charbon et située près d'un cours d'eau aux abords d'une ville de taille moyenne. La plupart des autres industries de la zone urbaine sont des usines

de transformation qui polluent assez peu l'atmosphère. On envisage actuellement de doubler la puissance installée de la centrale.

Objectifs du programme

- 1) Déterminer la distribution spatio-temporelle de la pollution atmosphérique provoquée par la centrale.
- 2) Recueillir un ensemble de données permettant d'évaluer les effets d'un accroissement de puissance installée de la centrale sur la qualité de l'air ambiant.

Mise en oeuvre du programme de surveillance

Première étape

- 1) Calculer les taux d'émission des différents polluants rejetés par les cheminées de la centrale (dioxyde de soufre, particules, etc.).
- 2) Etudier la topographie de la région, en notant la présence de crêtes et de vallées pouvant jouer un rôle dans la dispersion des polluants.
- 3) Inspecter soigneusement le terrain, noter les modes d'occupation du sol et les régimes de végétation, relever les indices éventuels de dégâts causés à la végétation, et classer les plaintes enregistrées selon leur répartition géographique.
- 4) Etablir pour la région considérée une rose des vents en se fondant sur les observations météorologiques locales; il conviendra de demander à un météorologiste expérimenté de vérifier la représentativité de cette rose des vents en terrain accidenté. Si les observations météorologiques disponibles sont suffisantes, on calculera les risques de pollution de la région en tenant particulièrement compte de la fréquence des jours où l'air ne se mélange pas (par exemple lorsque l'inversion se situe juste au-dessus de la hauteur habituelle du panache de fumée).
- 5) Effectuer, au moyen d'un modèle de diffusion, des calculs pour les différentes conditions météorologiques observées, de façon à évaluer les concentrations de polluants au niveau du sol que l'on exprimera de préférence sous la forme de distributions de fréquence des valeurs horaires en différents points du réseau quadrillé de la zone entourant la centrale.

Deuxième étape

- 1) Sur la base des calculs de diffusion susmentionnés et des indices de dégâts subis par la végétation, dresser la liste des stations de surveillance à établir et des polluants à doser. Pour la surveillance d'une seule source importante de pollution, on choisit souvent (mais pas toujours) un réseau de trois à six stations. Un réseau de moins de trois stations serait insuffisant mais d'autre part il ne serait guère utile, sauf pour l'exécution de programmes de vaste envergure, de recueillir les données de plus de six stations. Dans le cas des centrales d'énergie alimentées au charbon, on surveille généralement les concentrations en dioxyde de soufre et en particules en suspension dans l'air ambiant. Dans certains programmes, on mesure aussi les oxydes d'azote et les traces de métaux présentes dans les particules en suspension dans l'atmosphère.

- 2) Installer, aux emplacements appropriés, un ou plusieurs anémomètres fonctionnant en permanence. L'un des anémomètres devra être installé en terrain plat et dégagé, à la hauteur normale de 10 m, afin que l'on puisse comparer les données avec d'autres observations relatives au vent. On installe souvent un deuxième anémomètre sur une tour, à une hauteur correspondant à celle de la cheminée de l'usine, de façon à pouvoir déterminer les conditions de dispersion du panache sous l'effet du vent.
- 3) Calculer les émissions de la cheminée de la centrale soit en effectuant des mesures directes à l'intérieur de la cheminée, soit en extrapolant à partir des données relatives à la consommation de combustible ou au fonctionnement de la chaudière.
- 4) Etalonner le modèle de diffusion en se fondant sur les données des stations d'échantillonnage et sur la mesure des émissions. En cas de concentrations élevées, on procédera à des évaluations spéciales, de façon à déterminer les conditions de pollution maximale.
- 5) Evaluer les répercussions d'un accroissement éventuel de puissance de la centrale sur la qualité de l'air ambiant dans la région.

Personnel

Pour exécuter le programme décrit ci-dessus, il conviendra de s'assurer les services d'un ingénieur, d'un météorologiste, d'un programmeur, d'un ou deux techniciens et d'une secrétaire. L'exécution de toutes les activités prévues dans les deux étapes prendra le plus souvent quatre à six mois. Il serait toutefois souhaitable d'étaler le programme de surveillance sur l'année entière, à raison d'un mois d'activités sur le terrain durant chaque saison, de façon à suivre l'évolution de la situation tout au long de l'année.

Coûts

Si l'on envisage de mettre en place un à deux anémomètres et trois à six stations de surveillance des concentrations en dioxyde de soufre et en particules en suspension, les dépenses de matériel et d'équipement varieront entre US \$35 000 et 70 000, à quoi il faut ajouter une somme de US \$5000 à 15 000 pour le fonctionnement de l'ordinateur et les fournitures. Ces prévisions ne tiennent pas compte des dépenses de personnel.

ANNEXE 3

LISTE DES PARTICIPANTS A LA CONSULTATION OMS/OMM
SUR LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR
DANS LES ZONES URBAINES ET INDUSTRIELLES
GENEVE, 12-25 JUIN 1976

- M. G. Akland, United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, Etats-Unis d'Amérique
- Dr K. Biersteker, Service de Santé municipal, Rotterdam, Pays-Bas
(Vice-Président)
- M. F. Burmann, United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, Etats-Unis d'Amérique
- Mme M. Fugas, Institut de recherche médicale et de médecine du travail, Zagreb, Yougoslavie
- Dr O.-H. Killingmo, Laboratoire pour la protection de la qualité de l'air, Nyköping, Suède
- M. A. Kulmala, Institut météorologique finlandais, Helsinki, Finlande
- Dr J. Mahoney, ERT International, Concord, MA, Etats-Unis d'Amérique
- Dr R. Munn, Department of the Environment, Downsview, Ontario, Canada
(Président)
- Dr M. Pinigin, Académie de Médecine de l'URSS, Moscou, URSS
- Dr B. Prinz, Service de lutte contre la pollution de l'air et de protection des sols, Essen, République fédérale d'Allemagne
- Dr D. Szepesi, Institut central de physique de l'atmosphère, Budapest, Hongrie
- Dr K. Takeuchi, Service météorologique japonais, Tokyo, Japon
- Dr R. Waller, St Bartholomew's Hospital Medical College, Londres, Royaume-Uni (Rapporteur)
- M. E. Weber, Ministère fédéral de l'Intérieur, Bonn, République fédérale d'Allemagne

Représentants d'autres organisations

- Programme des Nations Unies pour l'Environnement
Dr F. Sella, Système mondial de surveillance continue de l'environnement (GEMS), Nairobi, Kenya
- Agence internationale de l'Energie atomique
M. G. Dillon, Division de la sécurité nucléaire et de la protection de l'environnement, Vienne, Autriche
- Commission des Communautés européennes
Dr A. Berlin, Direction de la protection sanitaire, Direction générale des Affaires sociales, Luxembourg

Conseil international des Unions scientifiques

Professeur T. Hutchinson, Monitoring and Assessment Research Centre, Chelsea
College, Londres, Royaume-Uni

Organisation de coopération et de développement économiques

M. A. Bromley, Direction de l'Environnement, Paris, France

Secrétariat

Dr H. de Koning, Lutte contre la pollution du milieu et contre les risques
liés à l'environnement, OMS, Genève, Suisse (Secrétaire)

M. E. Giroult, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague, Danemark

M. R. Haddad, OPS, Centre panaméricain du génie sanitaire et des sciences
de l'environnement, Lima, Pérou

Mme S. Jovičić, Applications industrielles et climatologie, OMM, Genève,
Suisse

M. A. Köhler, consultant, OMM, Genève, Suisse

M. G. Ozolins, Lutte contre la pollution du milieu et contre les risques
liés à l'environnement, OMS, Genève, Suisse

Dr C. Wallén, Division de l'environnement et des applications spéciales,
OMM, Genève, Suisse

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, PRETORIA
- ALGÉRIE** : Société Nationale d'Édition et de Diffusion, 3 Bd Zirout Youcef, ALGER
- ALLEMAGNE, RÉPUBLIQUE FÉDÉRALE D'** : Govi-Verlag GmbH, Ginnheimerstrasse 20, Postfach 5260, 6236 ESCHBORN — W. E. Saarbach, Postfach 1510, Follerstrasse 2, 5 COLOGNE 1 — Alex. Horn, Spiegelgasse 9, Postfach 3340, 62 WIESBADEN
- ARGENTINE** : Librería de las Naciones, Cooperativa Ltda, Alsina 500, BUENOS AIRES — Editorial Sudamericana S.A., Humberto 1º 545, BUENOS AIRES
- AUSTRALIE** : Mail Order Sales, Australian Government Publishing Service, P.O. Box 84, CANBERRA, A.C.T. 2600; *or over the counter from Australian Government Publications and Inquiry Centres at*: 113 London Circuit, CANBERRA CITY; 347 Swanston Street, MELBOURNE; 309 Pitt Street, SYDNEY; Mr. Newman House, 200 St. George's Terrace, PERTH; Industry House, 12 Pirie Street, ADELAIDE; 156-162 Macquarie Street, HOBART; Hunter Publications, 58A Gipps Street, COLLINGWOOD, Vic. 3066
- AUTRICHE** : Gerold & Co., I. Graben 31, VIENNE 1
- BANGLADESH** : Représentant de l'OMS, G.P.O. Box 250, DACCA 5
- BELGIQUE** : Office international de Librairie, 30 av. Marnix, BRUXELLES
- BIRMANIE** : voir Inde, Bureau régional de l'OMS
- BRÉSIL** : Biblioteca Regional de Medicina OMS/OPS, Unidad de Venta de Publicaciones, Caixa Postal 20.381, Vila Clementino, 01000 SÃO PAULO, S.P.
- CANADA** : Information Canada Bookstore, 171 Slater Street, OTTAWA, Ontario K1A 0S9; Main Library, University of Calgary, CALGARY, Alberta; 1683 Barrington Street, HALIFAX, N.S. B3J 1Z9; 640 Ste Catherine West, MONTRÉAL, Québec H3B 1B8; 221 Yonge Street, TORONTO, Ontario M5B 1N4; 800 Granville Street, VANCOUVER, B.C. V6Z 1K4; 393 Portage Avenue, WINNIPEG, Manitoba R3B 2C6. *Pour les commandes postales*: 171 Slater Street, OTTAWA, Ontario K1A 0S9
- CHINE** : China National Publications Import Corporation, P.O. Box 88, PÉKIN
- CHYPRE** : MAM, P.O. Box 1674, NICOSIE
- COLOMBIE** : Distribuidora Inca S.A., Carrera 4a, N° 36-119, CARTHAGÈNE
- COSTA RICA** : Imprenta y Librería Trejos S.A., Apartado 1313, SAN JOSÉ
- DANEMARK** : Ejnar Munksgaard Ltd, Nørregade 6, COPENHAGUE
- ÉGYPTE** : Nabaa El Fikr Bookshop, 55 Saad Zaghloul Street, ALEXANDRIE — Anglo Egyptian Bookshop, 165 Mohamed Farid Street, LE CAIRE
- EL SALVADOR** : Librería Estudiantil, Edificio Comercial B No 3, Avenida Libertad, SAN SALVADOR.
- ÉQUATEUR** : Librería 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 — Librería Diaz de Santos, Lagasca 95, MADRID 6; Balmes 417 y 419, BARCELONE 6
- ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE** : *Pour toute commande hors abonnement*: Q Corporation, 49 Sheridan Avenue, ALBANY, NY 12210. *Abonnements*: les demandes d'abonnement doivent être accompagnées d'un chèque au nom de Chemical Bank, New York, Account World Health Organization, et envoyées à World Health Organization, P.O. Box 5284, Church Street Station, NEW YORK, NY 10249. La correspondance concernant les abonnements doit être adressée à l'Organisation mondiale de la Santé, Service de Distribution et de Vente, 1211 GENÈVE 27, Suisse. *Les publications sont également disponibles auprès de United Nations Bookshop, NEW YORK, NY 10017 (vente au détail seulement)*
- FIDJI (Îles)** : Représentant de l'OMS, P.O. Box 113, SUVA
- FINLANDE** : Akateeminen Kirjakauppa, Keskuskatu 2, HELSINKI 10
- FRANCE** : Librairie Arnette, 2, rue Casimir-Delavigne, PARIS 6º
- GRÈCE** : G.C. Eleftheroudakis S.A., Librairie internationale, rue Nikis 4, ATHÈNES (T. 126)
- HAÏTI** : Max Bouchereau, Librairie « A la Caravelle », Boite postale 111-B, PORT-AU-PRINCE
- 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, Ring Road, NEW DELHI 1 — Oxford Book & Stationery Co., Scindia House, NEW DELHI; 17 Park Street, CALCUTTA 16 (Sous-agent)
- INDONÉSIE** : voir Inde, Bureau régional de l'OMS
- IRAN** : Iranian Amalgamated Distribution Agency, 151 Khlaban Soraya, TÉHÉRAN
- IRLANDE** : The Stationery Office, DUBLIN
- ISLANDE** : Snaebjörn Jonsson & Co., P.O. Box 1131, Hafnarstraeti 9, REYKJAVIK
- ISRAËL** : Heiliger & Co., 3 Nathan Strauss Street, JÉRUSALEM
- ITALIE** : Edizioni Minerva Medica, Corso Bramante 83-85, TURIN; Via Lamarmora 3, MILAN
- JAPON** : Maruzen Co., Ltd, P.O. Box 5050, Tokyo International, 100-31 Japan
- KENYA** : The Caxton Press Ltd, Head Office: Gathani House, Huddersfield Road, P.O. Box 1742, NAIROBI
- KOWEÏT** : The Kuwait Bookshops Co. Ltd, Thunayan Al-Ghanem Bldg, P.O. Box 2942, KOWEÏT.
- LIBAN** : Documenta Scientifica/Redico, P.O. Box 5641, BEYROUTH
- LUXEMBOURG** : Librairie du Centre, 49 Bd Royal, LUXEMBOURG
- MALAISIE** : Représentant de l'OMS, Room 1004, Fitzpatrick Building, Jalan Raja Chulan, KUALA LUMPUR 05-02 — Jubilee (Book) Store Ltd, 97 Jalan Tuanku Abdul Rahman, P.O. Box 629, KUALA LUMPUR — Parry's Book Center K.L. Hilton Hotel, KUALA LUMPUR
- MAROC** : Editions La Porte, 281, avenue Mohammed V, RABAT
- MEXIQUE** : La Prensa Médica Mexicana, Ediciones Científicas Paseo de las Facultades 26, MEXICO 20, D.F.
- MONGOLIE** : voir Inde, Bureau régional de l'OMS
- NÉPAL** : voir Inde, Bureau régional de l'OMS
- NIGÉRIA** : University Bookshop Nigeria, Ltd, University of Ibadan, IBADAN
- NORVÈGE** : Johan Grundt Tanum Bokhandel, Karl Johansgt. 43, OSLO 1
- NOUVELLE-ZÉLANDE** : Government Printing Office, Government Bookshops at: Rutland Street, P.O. Box 5344, AUCKLAND; 130 Oxford Terrace, P.O. Box 1721, CHRISTCHURCH; Alma Street, P.O. Box 857, HAMILTON; Princes Street, P.O. Box 1104, DUNEDIN; Mulgrave Street, Private Bag, WELLINGTON — R. Hill & Son, Ltd, Ideal House, Cnr. Gilles Avenue & Eden St., Newmarket, AUCKLAND S.E.1.
- OUGANDA** : voir adresse sous KENYA
- PAKISTAN** : Mirza Book Agency, 65 Shahrah Quaid-E. Azam, P.O. Box 729, LAHORE 3
- PARAGUAY** : Agencia de Librerías Nizza S.A., Estrella No. 721, ASUNCIÓN
- PAYS-BAS** : N. V. Martinus Nijhoff's Boekhandel en Uitgevers Maatschappij, Lange Voorhout 9, LA HAYE
- PÉROU** : Distribuidora Inca S.A., Apartado 3115, Emilio Althaus 470, LIMA
- PHILIPPINES** : Bureau régional de l'OMS pour le Pacifique occidental, P.O. Box 2932, MANILLE — The Modern Book Company Inc., P.O. Box 632, 926 Rizal Avenue, MANILLE
- POLOGNE** : Skladnica Ksiegarska, ul. Mazowiecka 9, VARSOVIE (*sauf périodiques*) — BKWZ Ruch, ul. Wronia 23, VARSOVIE (*périodiques seulement*)
- PORTUGAL** : Livraria Rodrigues, 186, Rua Aurea, LISBONNE
- RÉPUBLIQUE DE CORÉE** : Représentant de l'OMS, Central P.O. Box 540, SÉOUL
- RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE ALLEMANDE** : Buchhaus Leipzig, Postfach 140, 701 LEIPZIG.
- RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE POPULAIRE LAO** : Représentant de l'OMS, P.O. Box 343, VIENTIANE
- RÉPUBLIQUE-UNIE DE TANZANIE** : voir adresse sous KENYA
- ROYAUME-UNI** : H.M. Stationery Office: 49 High Holborn, LONDRES WC1V 6HB; 13a Castle Street, EDMONBURG EH2 3AR; 41 The Hayes, CARDIFF CF1 1JW; 80 Chichester Street, BELFAST BT1 4JY; Brazennose Street, MANCHESTER M60 8AS; 258 Broad Street, BIRMINGHAM B1 2HE; Southey House, Wine Street, BRISTOL BS1 2BQ. *Toutes les commandes postales doivent être adressées de la façon suivante*: P.O. Box 569, LONDRES SE1 9NH
- SINGAPOUR** : Représentant de l'OMS, 144 Moulin Road, G.P.O. Box 3457, SINGAPOUR 1
- SRI LANKA** : voir Inde, Bureau régional de l'OMS
- SUÈDE** : Aktiebolaget C. E. Fritzes Kungl. Hovbokhandel, Fredsgatan 2, STOCKHOLM 16
- SUISSE** : Medizinischer Verlag, Hans Huber, Länggass Strasse 76, 3012 BERNE 9
- TCHÉCOSLOVAQUIE** : Artia, Smecky 30, 111 27 PRAGUE 1
- THAÏLANDE** : voir Inde, Bureau régional de l'OMS
- TUNISIE** : Société Tunisienne de Diffusion, 5, avenue de Carthage, TUNIS
- TURQUIE** : Librairie Hachette, 469, av. de l'Indépendance, ISTANBUL
- URSS** : *Pour les lecteurs d'URSS qui désirent les éditions russes*: Komsomolskiy prospekt 18, Medicinskaja Kniga, MOSCOU — *Pour les lecteurs hors d'URSS qui désirent les éditions russes*: Kuzneckij most 18, Meždunarodnaja Kniga, MOSCOU G-200
- VENEZUELA** : Editorial Interamericana de Venezuela C.A., Apartado 50785 CARACAS — Librería del Este, Av. Francisco de Miranda 52, Edificio Galipán, CARACAS
- YUGOSLAVIE** : Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27/II, BELGRADE

Dans les pays où un dépositaire n'a pas encore été désigné, les commandes peuvent être adressées également à

l'Organisation mondiale de la Santé, Service de Distribution et de Vente, 1211 Genève 27, Suisse,

mais le paiement doit alors être effectué en francs suisses, en livres sterling ou en dollars des États-Unis d'Amérique.

Prix : Fr.s. 6.—

Prix sujets à modification sans préavis