

- [7] Mücke W. et al. Luftverunreinigungen in Kraftfahrzeugen. Staub-Reinhalt Luft 1984; 44: 374–77.
- [8] Anderson EW. et al. Effects of low-level carbon monoxide exposure on onset and duration of Angina pectoris. Ann intern Med 1973; 79: 46–50.
- [9] Roscovanu A. et al. Untersuchungen zum Carboxyhämoglobingehalt ausgewählter Bevölkerungsgruppen in unterschiedlich strukturierten und belasteten Gebieten Nordrhein-Westfalens. Zbl Bakt Hyg, I Abt Orig B 1985; 180: 359–80.
- [10] Schlipköter HW. Beurteilung von Schwermetallkontaminationen. In: Ministerium für Soziales Gesundheit und Umwelt, Hrsg. Schadstoffe in Lebensmitteln. Mainz: Ministerium für Soziales Gesundheit und Umwelt, 1984: 33–43.
- [11] Schlipköter HW. et al. Zelluläre und molekularbiologische Aspekte in der Umwelttoxikologie. Zbl Bakt Hyg (1985) zur Veröffentlichung eingereicht.
- [12] Drasch G. Kadmium-Belastung im südbayerischen Raum. Münch med Wschr 1982; 124: 1129–32.
- [13] Ewers U. et al. Environmental exposure to cadmium and renal function of elderly women living in cadmium-polluted areas of West-Germany. Zbl Bakt Hyg, I Abt Orig B 1985; 181: 10–11.
- [14] Roels HA. et al. Environmental exposure to cadmium and renal function of aged women in three areas of Belgium. Environ Res 1981; 24: 130.
- [15] Pott F. und Werner W. Analytik und Bewertung kanzerogener polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe aus lufthygienisch-toxikologischer Sicht. Z ges Hyg 1983; 29: 505–7.
- [16] Doll R. and Peto R. The causes of cancer: Quantitative estimates of risks of cancer in the United States today. J nat Cancer Inst 1981; 66: 1191–309.
- [17] Pott F. Untersuchungen zur Ätiologie asbestbedingter Tumoren. Atemw Lungenkrkh 1983; 9: 372–75.

Pollution atmosphérique et affections respiratoires chroniques

L'enquête nationale française PAARC

J. Lellouch

INSERM – Unité 169 – 16, avenue Paul Vaillant Couturier, 94807 Villejuif Cedex

Introduction

Au début des années 70, il y a maintenant une quinzaine d'années, les Ministères Français de l'Environnement et du Cadre de Vie et de la Santé prirent l'initiative d'une enquête épidémiologique sur les conséquences éventuelles sur la santé d'une pollution atmosphérique «modérée» telle que celle que l'on pouvait rencontrer dans des atmosphères urbaines «typiques».

A côté de considérations conjoncturelles (intérêt de plus en plus manifeste du grand public et des médias pour la qualité de l'environnement), des raisons de nature plus scientifique militaient en faveur d'une étude qui serait nécessairement lourde et coûteuse, même après la publication d'un assez grand nombre de travaux étrangers, essentiellement anglais (à la suite du très grave épisode londonien de 1952) et américains. Ces études avaient dans l'ensemble montré que les symptômes respiratoires étaient plus fréquents et la fonction pulmonaire diminuée dans les zones «fortement» polluées. Le plus souvent, c'était le complexe dioxyde de soufre/particules en suspension (ou fumées noires) qui était mis en cause, sans que les responsabilités respectives de chacun de ces deux types de polluants, dont les concentrations varient très généralement de façon parallèle, puissent être établies. D'autres polluants (oxydes d'azote, sulfates, ou, dans

des régions particulières, ozone) avaient été incriminés, mais les résultats restaient controversés. Par ailleurs, il apparaissait que des critiques d'ordre méthodologique pouvaient être formulées à l'encontre de ces études: comparaison d'un très petit nombre de zones (souvent deux seulement) empêchant toute tentative de détermination de relations «dose-effet», ou plus modestement de corrélations; mesures insuffisamment standardisées, et quelquefois même absentes, des niveaux réels de la pollution; non prise en compte satisfaisante d'importants facteurs de confusion (en particulier l'exposition professionnelle).

C'est pour l'ensemble de ces motifs que fut prise la décision de lancer une enquête coopérative nationale, associant de nombreuses équipes de pneumologues, épidémiologistes, et chimistes sous la coordination générale du D^r Denise Brille. Cette enquête s'est étalée sur les années 1974–1976 au cours desquelles les données concernant la pollution et la population ont été recueillies. Les premiers résultats d'ensemble ont été publiés en 1982 [1]. Le but de cette communication est d'insister sur la méthodologie utilisée, qui présente quelques particularités, avant de donner les conclusions.

Principe de l'étude

Il repose sur le calcul de corrélations entre d'une part, les niveaux des polluants dans des zones, d'autre part, la prévalence des symptômes respiratoires et la valeur de la fonction ventilatoire de groupes de populations vivant dans ces zones. La première originalité de PAARC, par rapport aux enquêtes qui l'avaient précé-

[1] Pollution Atmosphérique et Affections Respiratoires Chroniques ou à Répétition. Groupe Coopératif PAARC – Bull. Europ. Physiopath. Resp. 1982, 18, 87–116.

dée, réside dans le grand nombre de zones (24) incluses dans l'étude.

Toute enquête sur les effets de la pollution atmosphérique est a priori difficile, pour deux raisons principales: la faiblesse des effets escomptés et l'intervention de nombreux facteurs de confusion (le tabagisme en premier lieu, mais pas seulement lui) dont les relations avec la pathologie considérée peut masquer les corrélations recherchées. Ces difficultés rendent impératifs un choix judicieux des zones, un choix judicieux des populations sélectionnées, d'importants effectifs, enfin une prise en compte soigneuse des principaux facteurs de confusion.

Les zones d'enquête

Elles ont été choisies de façon à obtenir dans différentes villes françaises deux à quatre groupes d'environ 1000 personnes soumises à des pollutions aussi contrastées que possible en qualité et en quantité, et estimées à partir de mesures antérieures à l'aide d'un réseau existant permettant la mesure de SO₂ et des fumées noires. 24 zones ont été ainsi retenues dans 7 villes, très diversifiées par leur situation géographique et leur importance: 4 zones à Bordeaux, 4 à Lille, 4 à Lyon, 2 à Mantes, 4 à Marseille, 3 à Rouen et 3 à Toulouse. Dans chaque zone un nouveau poste de mesure a été installé. Par ailleurs, le recensement de la population française, qui datait de 1968, a servi de base à la délimitation des zones (et donc des groupes de population) autour des postes de mesure.

Les polluants

Les polluants suivants ont été étudiés: dioxyde de soufre (SO₂), particules en suspension, oxydes d'azote (NO_x) et sulfates. SO₂ a été mesuré par acidimétrie, et les poussières par réflectométrie (fumées noires), au moyen d'appareils SF par des techniques ayant fait l'objet de normes nationales. SO₂ a également été mesuré par une technique spécifique et les poussières en suspension par gravimétrie; les oxydes d'azote, NO et NO₂ ont été mesurés par une technique dérivée de celle de Griess-Saltzman et les sulfates par colorimétrie après réduction.

Les prélèvements ont été effectués de 1974 à 1976, en principe sur des périodes de 24 heures (48 à 96 pour les poussières mesurées par gravimétrie). Les sulfates, quant à eux, n'ont pu être dosés que sur 13 des 24 zones et seulement pendant une partie de l'enquête. Les analyses ont été réalisées dans les laboratoires des diverses villes concernées, mais un très important effort d'harmonisation avait été entrepris et des techniques d'intercalibration mises en œuvre. Les concentrations quotidiennes moyennes de polluants variaient fortement d'une zone à l'autre; c'est ainsi que les valeurs extrêmes (en µg/m³) suivantes ont été observées: SO₂ (spécifique): 22–85; SO₂ (acidimétrie): 13–127; fumées noires: 21–152; poussières (gravimétrie): 45–243; NO₂: 12–61; NO: 7–140. Seule la dispersion de la concentration en sulfates était beaucoup plus faible: 8 à 11 µg/m³.

Fait plus intéressant encore, il y avait une certaine indépendance entre les concentrations du SO₂ et des particules: c'est ainsi que, s'il y avait 12 zones «peu» polluées à la fois en SO₂ (<75 µg/m³) et fumées noires (<75 µg/m³) et 3 zones polluées en ces 2 polluants, il y avait 4 zones peu polluées en SO₂ mais polluées en fumées noires et 5 qui au contraire étaient peu polluées en fumées noires et polluées en SO₂. Cette circonstance rendait possible la tentative de séparer les effets de ces deux types de polluants.

Les populations

L'enquête s'est déroulée en deux étapes: la première a consisté, dans chaque zone, en un recensement de la population à l'aide d'un questionnaire simple permettant de sélectionner les ménages à l'intérieur desquels seraient sélectionnés les sujets. Pour être admis, il fallait être âgé de 25 à 59 ans pour les adultes et de 6 à 10 ans pour les enfants et appartenir à un ménage sélectionné, c'est-à-dire dont le chef était de nationalité française (pour éviter d'éventuelles difficultés de compréhension des questions), résidait dans la zone depuis 3 ans au moins (pour une évidente raison) et appartenait à une des catégories socio-professionnelles suivantes: patrons de l'industrie et du commerce, professions libérales, cadres supérieurs, cadres moyens, employés et personnels de service. Le but de cette sélection était essentiellement d'exclure les ouvriers dont l'exposition professionnelle, souvent beaucoup plus importante que la pollution atmosphérique ici étudiée, ne pouvait être prise en compte sans une étude précise des postes de travail, présents et antérieurs, non réalisable dans le cadre du protocole envisagé. Cette décision d'exclure de l'étude les ouvriers représente la deuxième grande originalité de l'enquête française.

Une des villes n'ayant fourni ses données que tardivement, l'analyse n'a pu être effectuée que sur 6 villes soit 20 zones d'enquête. Près de 45000 ménages ont été recensés, dont 15005 sélectionnés, correspondant à un total de 23233 sujets admis. 20324 ont été effectivement examinés, soit un taux de couverture globale de 87%. Parmi ces personnes, 1133 ont été exclues de l'analyse pour des motifs divers (résidence dans la zone de moins de 3 ans; sujets ouvriers appartenant à un ménage dont le chef n'appartenait pas à cette catégorie; adulte ayant souffert d'une maladie pulmonaire professionnelle; enfant ayant souffert d'une maladie grave...). L'étude a finalement porté sur 19191 sujets se répartissant en 9083 femmes, 7581 hommes, 1236 filles et 1291 garçons.

Les symptômes respiratoires et la fonction ventilatoire

Le questionnaire était posé au domicile des sujets admis par des enquêteurs spécialement formés, au sujet lui-même pour les adultes (questionnaire dérivé du questionnaire CECA) et à un membre du ménage, le plus souvent la mère pour les enfants (questionnaire dérivé des questionnaires CECA et OMS).

Les symptômes suivants ont notamment été analysés en relation avec le niveau de la pollution:

– adultes: toux habituelle (toux habituelle au lever ou pendant la journée ou la nuit à la mauvaise saison), expectoration habituelle (expectoration habituelle au lever ou pendant la journée ou la nuit à la mauvaise saison); VRI ou affections des voies respiratoires inférieures (toux habituelle ou expectoration habituelle); bronchite chronique (expectoration presque tous les jours pendant trois mois de suite chaque année); VRS ou affections des voies respiratoires supérieures (nez habituellement bouché ou qui coule, plus d'une angine, plus d'une sinusite, une otite ou plus au cours des trois dernières années).

– enfants: toux habituelle (cf adultes); hypersécrétion bronchique (toux grasse pendant trois semaines au moins); bronchopneumopathie aiguë (épisode respiratoire aigu au cours des 12 derniers mois); VRI (l'un au moins des trois symptômes précédents); VRS (nez habituellement bouché ou qui coule, ou dormir la bouche ouverte, ou angine, rhino-pharyngite, otite, sinusite dans l'année).

Après le questionnaire, une exploration de la fonction ventilatoire était réalisée à l'aide d'un expirémètre à sec (Vitalograph). Trois épreuves au moins étaient enregistrées et seuls les tracés jugés de «bonne qualité» selon un protocole préétabli ont été conservés: le plus grand volume expiratoire maximal par seconde (VEMS) a été retenu; le débit expiratoire moyen entre 25 et 75 % de la capacité vitale forcée (DEM₂₅₋₇₅) a été calculé sur la courbe donnant le plus grand VEMS.

Les facteurs de confusion

Le questionnaire a également permis de recueillir, l'âge, la catégorie socio-professionnelle du sujet (ou du chef de ménage), le niveau d'éducation, le tabagisme, l'exposition professionnelle, les conditions de logement. Tous ces critères se sont révélés être plus ou moins liés à la prévalence des symptômes respiratoires ou à la fonction ventilatoire. Il en a donc été tenu compte dans l'établissement des corrélations entre ces critères et la pollution atmosphérique, de même que des données climatiques enregistrées dans chaque zone, essentiellement la température moyenne annuelle et l'humidité moyenne annuelle.

Les principaux résultats

Des divers polluants étudiés, seul SO₂ (mesuré de façon spécifique ou par acidimétrie) est apparu corrélé à la prévalence des symptômes respiratoires et à la fonction ventilatoire. Il n'y avait pas de corrélations cohérentes ni avec les oxydes d'azote ou les sulfates, ni plus curieusement avec les particules en suspension (mesurées par gravimétrie ou par réflectométrie).

Cependant, la configuration n'était pas la même chez les adultes et chez les enfants: chez les premiers, ce sont les symptômes des voies respiratoires inférieures qui sont plus fréquents dans les zones les plus polluées en SO₂; chez les seconds, ce sont les symptômes des

voies respiratoires supérieures. Les figures 1 à 6 illustrent ces résultats.

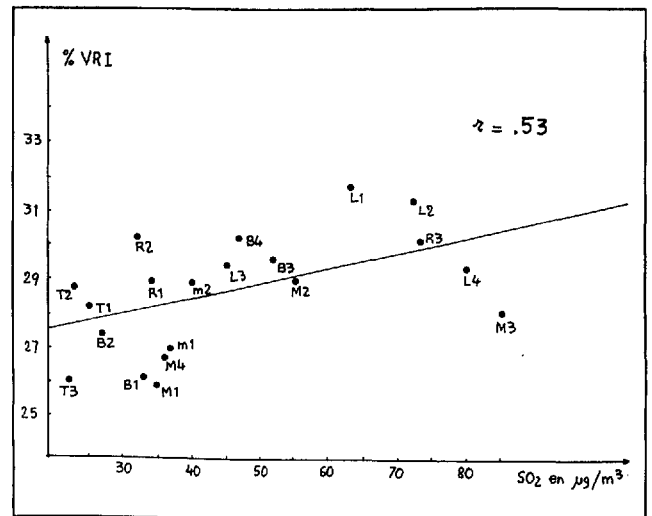


Fig. 1. Corrélation chez les hommes entre la prévalence de VRI (ajustée sur l'âge, la consommation de tabac, la CSP du chef de ménage et l'exposition professionnelle) et la pollution en SO₂ spécifique – B = Bordeaux, L = Lyon, m = Mantes, M = Marseille, R = Rouen, T = Toulouse.

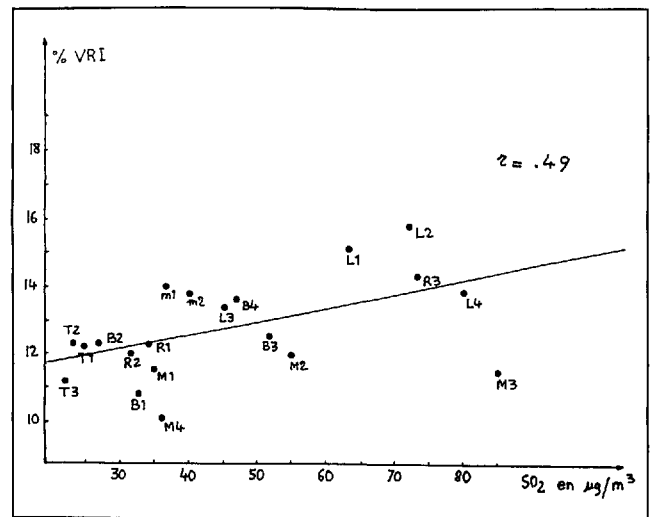


Fig. 2. Corrélation chez les femmes entre la prévalence de VRI (ajustée sur l'âge, la consommation de tabac, la CSP du chef de ménage et l'exposition professionnelle) et la pollution en SO₂ spécifique.

Conclusions

L'enquête nationale française PAARC, malgré le soin mis dans sa planification et sa réalisation, peut certainement être critiquée sous divers aspects. Elle a eu au moins le mérite d'attirer l'attention sur le danger potentiel de l'acidité, plus que sur celui représenté par les particules en suspension (bien que les concentrations de ces deux types de polluants soient très généralement corrélées). Il est certain que ce n'est pas

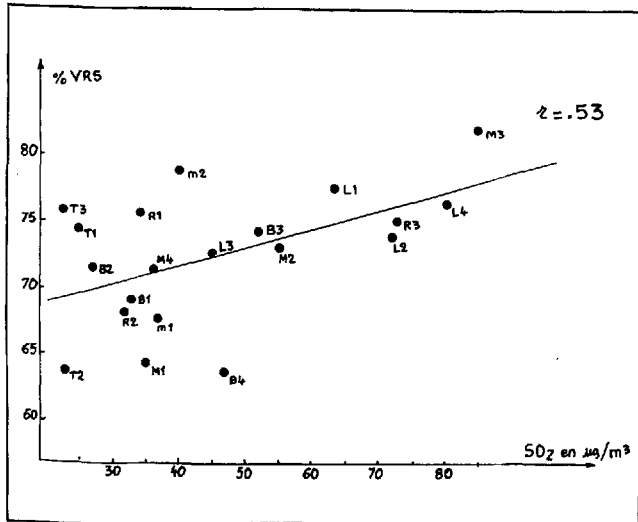


Fig. 3. Corrélation chez les enfants entre la prévalence de VR5 (ajustée sur le sexe, l'âge et la CSP du chef de ménage) et la pollution en SO₂ spécifique.

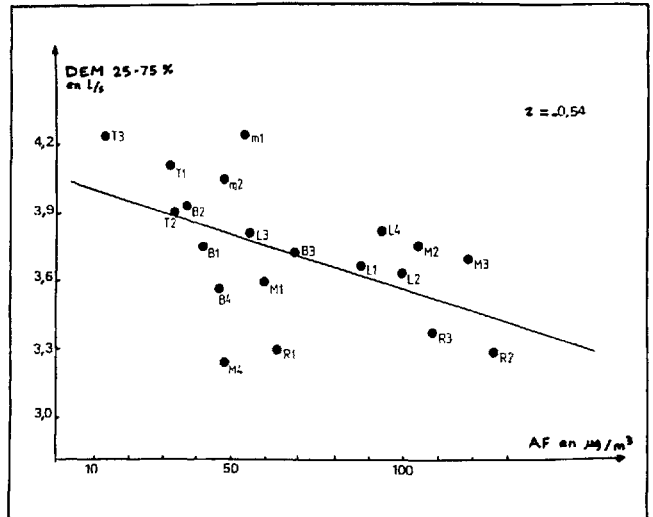


Fig. 4. Corrélation chez les hommes entre le DEM 25-75 % moyen (ajusté sur l'âge, la taille, la consommation de tabac, la CSP du chef de ménage et l'exposition professionnelle) et la pollution en SO₂ (acidimétrie).

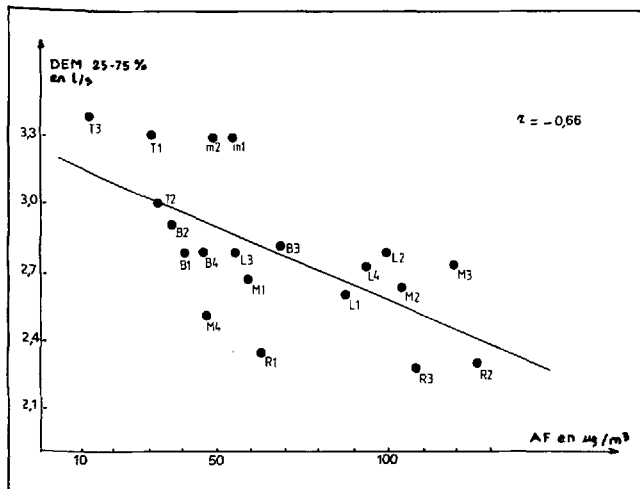


Fig. 5. Corrélation chez les femmes entre le DEM 25-75 % moyen (ajusté sur l'âge, la taille, la consommation de tabac, la CSP du chef de ménage et l'exposition professionnelle) et la pollution en SO₂ (acidimétrie).

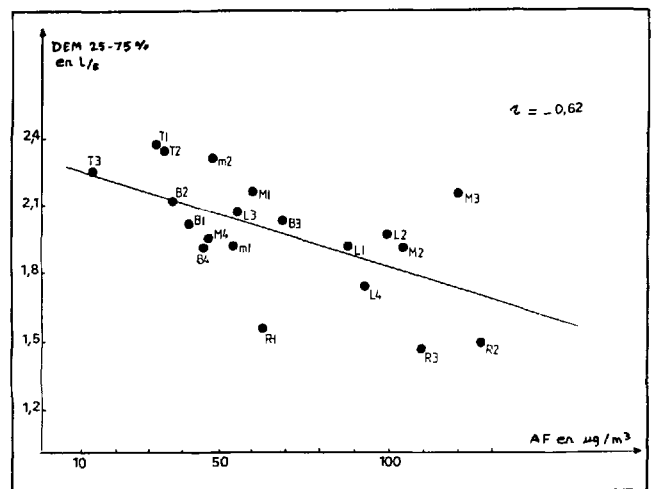


Fig. 6. Corrélation chez les enfants entre le DEM 25-75 % moyen (ajusté sur le sexe, l'âge, la taille et la CSP du chef de ménage) et la pollution en SO₂ (acidimétrie).

le gaz SO₂ qui est nocif, puisqu'on sait qu'il est très rapidement absorbé dans les voies respiratoires. Sans doute est-il le marqueur de composés qui rendent toxiques ce qu'il est maintenant convenu d'appeler les «pluies acides».

Résumé

Une enquête coopérative nationale a été conduite de 1974 à 1976 dans 24 zones, appartenant à 7 villes françaises pour étudier l'existence de relations entre d'une part la nature et le niveau de la pollution atmosphérique et d'autre part, la fonction respiratoire et la prévalence de symptômes respiratoires. Les polluants suivants ont été mesurés quotidiennement: SO₂, poussières en suspension,

oxydes d'azote et sulfates. La population d'étude était composée d'hommes et femmes, âgés de 25 à 59 ans, non ouvriers et d'enfants de 6 à 10 ans. Sur chacun des sujets on a mesuré la fonction ventilatoire à l'aide d'un expirymètre à sec et relevé l'existence de divers symptômes et de nombreuses caractéristiques. Environ 8000 hommes, 9000 femmes et 2500 enfants ont été ainsi examinés. L'étude des corrélations entre la concentration atmosphérique moyenne des divers polluants et la prévalence des symptômes respiratoires et la fonction ventilatoire, a fourni les résultats suivants: 1) La prévalence des affections des voies respiratoires inférieures est chez les adultes, hommes ou femmes, d'autant plus élevée que la pollution en SO₂ est plus forte. 2) Chez les enfants, c'est la prévalence des affections des voies supérieures qui est associée au niveau de SO₂. 3) Tant chez les adultes que chez les enfants, le volume expiratoire maximal par seconde est d'autant plus bas que la pollution en SO₂ est plus forte. 4) Il n'existe pas d'associations significatives entre le niveau des autres polluants et les affections respiratoires.

Zusammenfassung

Luftverunreinigung und chronische Atemwegserkrankungen

Von 1974 bis 1976 wurde in Frankreich in 24 Gebieten, verteilt auf 6 Städte, eine Studie durchgeführt, um die Beziehung zwischen dem Ausmass der Luftverunreinigung einerseits und der Lungenfunktionen sowie der Häufigkeit von Atemwegserkrankungen andererseits zu ermitteln. Gemessen wurden Schwefeldioxid, Schwebstaub, Stickstoffdioxid und Sulfate. Untersucht wurden Frauen und Männer im Alter von 25 bis 59 Jahren (keine Arbeiter) sowie Kinder im Alter von 6 bis 10 Jahren. Bei allen untersuchten Personen wurden die Lungenfunktionen mit einem Spirometer gemessen. Insgesamt wurden 8000 Männer, 9000 Frauen und 2500 Kinder erfasst.

Zwischen den Belastungen durch die Luftschadstoffe und dem Vorkommen charakteristischer Symptome von Atemwegserkrankungen ergaben sich folgende Zusammenhänge: Die Häufigkeit von Erkrankungen der unteren Atemwege bei Erwachsenen und der oberen Atemwege bei Kindern wird um so grösser, je höher die Konzentration von Schwefeldioxid ist. Sowohl bei den Erwachsenen wie auch bei den Kindern sind die Erstsekundenvolumen in Abhängigkeit der Schwefeldioxidverbindungen reduziert. Zwischen den

übrigen Luftschadstoffen und den Atemwegserkrankungen bestehen keine nennenswerten Beziehungen.

Summary

Air Pollution and Chronic Respiratory Diseases

A national cooperative study was conducted from 1974 to 1976 in twenty-four areas located in six French cities, in order to investigate the relationships of air pollution to ventilatory function and the prevalence of respiratory symptoms. The concentrations of the following pollutants were daily measured: SO₂, suspended particulates, NO_x. The population included men and women, non manual workers, aged 25 to 59, and children, aged 6 to 10. The respiratory symptoms and other characteristics of the subjects were recorded and their ventilatory function was measured with a dry expirograph.

The main results were as following: a) in adults of both sexes, the pollution in SO₂ was associated with the prevalence of lower respiratory symptoms. b) in children, it was associated with the prevalence of upper respiratory symptoms. c) in both adults and children, the higher the SO₂ concentration, the lower the FEV₁. d) no other pollutant was related to respiratory diseases.

Luftverschmutzung und Lungenkrankheiten beim Erwachsenen

R. Keller

Pneumologische Abteilungen der Klinik Barmelweid und des Kantonsspital Aarau

Der Zusammenhang zwischen atmosphärischer Luftverunreinigung und Lungenkrankheiten beim Menschen wurde in den letzten Jahrzehnten eingehend anhand experimenteller und epidemiologischer Studien untersucht. Mittlerweile gilt als erwiesen, dass Luftschadstoffe wie Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxide (NO_x) und Photooxydantien (z. B. Ozon) ab bestimmten Konzentrationen zu krankhaften Veränderungen der Atmungsorgane mit messbaren Störungen der Lungenfunktion führen können [1, 8, 10].

1. Inhalative Schadstoffwirkungen:

Die akute Einwirkung der inhalativen Noxen SO₂, NO₂ und O₃ verursacht spezifische Reaktionen an den Atemwegen, wie man sie sonst in der Humanmedizin als akute Tracheobronchitis und als Asthma bronchiale beobachten kann. Ausmass und Schweregrad der akuten Schädigungen sind dabei abhängig von der Menge des inhalierten Schadstoffes, d. h. von der Konzentration und der Dauer der Immission. Im weiteren steht auch fest, dass die Reizschwelle bei überempfindlichen oder vorgeschädigten Atemwegen wesentlich tiefer liegt als bei gesunden Atmungsorganen. In der Tat reagieren beispielsweise Kinder, Asthmatiker, Bronchitiker und ganz allgemein Patienten mit anderweitiger bronchopulmonaler Abwehrschwäche, wie auch die Mehrzahl der Raucher wesent-

lich früher und heftiger auf die erwähnten inhalativen Schadstoffe. So verursachen kurzdauernde Immissionen von SO₂ beim Gesunden erst in einer Konzentration von 5 ppm (ca. 14000 µg/m³) messbare asthmatische Atemwegsreaktionen, wogegen der symptomfreie Asthmatiker bereits bei 1 ppm (ca. 2500 µg/m³) reagiert [9].

Bei den Stickoxiden (NO₂) wiederum ist ein Bronchospasmus beim Gesunden ab einer Konzentration von 1,5 ppm (3000 µg/m³) zu erwarten [2], beim Asthmatiker jedoch bereits mit 0,1 ppm (200 µg/m³). Als besonders aggressiver Schadstoff hat sich inzwischen auch das Ozon erwiesen, indem eine deutliche Erhöhung der bronchialen Strömungswiderstände beim Gesunden unter körperlicher Belastung schon bei 0,25 ppm (500 µg/m³) gemessen wurde [5].

Der asthmogene Mechanismus der inhalativen Luftschadstoffe [6] beruht einerseits auf einer direkten reflektorischen Bronchokonstriktion, wie sie experimentell beim SO₂ und beim Ozon nachgewiesen wurde (Abb. 1). Andererseits können sowohl Ozon wie auch Stickoxide durch Irritation und Aktivierung spezifischer Zellen in der Bronchialschleimhaut – sog. Mastzellen – einen komplexen humoralen Prozess in Gang setzen, wodurch ähnlich wie beim allergischen Asthma eine längerdauernde Reaktion mit Bronchospasmus, Schleimhautschwellung und übermässiger Schleimpro-