

Connaissances épidémiologiques des effets de l'ozone sur la santé.

Implications pour les normes d'exposition

Epidemiological knowledges of impacts of ozone on health. Consequences for exposures limit values

Dr William DAB (*)
Dr Philippe QUENEL (**)

RÉSUMÉ

L'approche épidémiologique des effets de la pollution atmosphérique sur la santé est ancienne, mais les études concernant spécifiquement l'ozone n'ont été publiées que depuis les années 80.

On dispose aujourd'hui de résultats concernant l'effet de l'ozone sur tous les types de critères sanitaires : mortalité, morbidité respiratoire, symptômes déclarés, complications de la maladie asthmatique, admissions hospitalières, explorations fonctionnelles respiratoires. Les effets aigus survenant dans les heures qui suivent une exposition brève ont été mieux explorés que les effets à long terme en relation avec des expositions chroniques. Le niveau d'activité physique majore les effets observés.

La qualité méthodologique des travaux a fait des progrès notables, notamment en ce qui concerne les méthodes statistiques. Cependant, la métrologie environnementale fait souvent l'objet d'études trop sommaires. De plus, il convient de rester prudent quant à une interprétation étiologique trop stricte puisque les expositions ne sont jamais estimées au niveau individuel. En particulier, il est difficile de faire la part de ce qui revient exactement à l'ozone et de ce qui relève de l'action conjuguée d'un ensemble de polluants, notamment les particules. Il faut aussi noter que la plupart des études publiées ont été réalisées en Amérique du Nord.

Parce qu'elles mettent en cause la pollution d'origine automobile et que les effets à faibles concentrations ont été estimés dans un contexte d'incertitude relative, les normes d'exposition font actuellement l'objet d'un vif débat. Il paraît raisonnable d'admettre qu'il existe une relation exposition/risque sans seuil. Il apparaît aussi que des impacts sanitaires de l'exposition à l'ozone ont été observés pour des teneurs plus basses que celles qui sont autorisées. L'ensemble de ces résultats plaide donc en faveur d'un contrôle accru de la pollution oxydante, bien que l'efficacité à court terme que l'on peut en attendre soit faible.

ABSTRACT

The epidemiological approach of the health impact of air pollution is ancient but it only since the 80's that ozone has been specifically studied.

Actually, results regarding all types of health effects (mortality, respiratory morbidity and symptoms, asthma, hospitalization, respiratory function) are available. Acute effects are better estimated than long term one's. Physical activities are associated with an increased risk.

Methodological improvement are important in the recent studies. However the reliability of air pollutants measurement is still weak. A strict causal interpretation must remain cautious since the exposure is frequently estimated at an ecological level.

Because of the uncertain estimation of the risk at low level of exposure and because of the economic stakes, the issue of the threshold limit values is subject to hot debates. It seems reasonable to admit that the dose-response relationship is a non-threshold one. It is clear also that health impact of ozone exposure has been observed at levels which stands below the current standards. This speaks further in the direction of a better control of photo-oxidant pollution.

(*) Ecole Nationale de Santé Publique.

(**) Réseau National de Santé Publique.

Introduction

L'ozone est un gaz oxydant dont la toxicité pulmonaire est connue depuis plus d'un siècle. Ainsi Schonbein pouvait-il écrire en 1851 : « *When I began my researches on the chemical generation of ozone about ten years ago, I frequently inhaled strongly ozonised air, and the consequence was a really painful affection of the chest, a sort of asthma, connected with a violent cough, which forced me to discontinue, for a time, my investigations* ».

Cependant, les études épidémiologiques des effets de l'ozone sur la santé, en particulier pour de faibles concentrations, est récente puisque la première étude spécifiquement consacrée à cette question fût publiée en 1983 par LIPPMANN. On mentionnera cependant certains travaux qui furent l'œuvre de pionniers, notamment l'étude de WAYNE (1964) qui s'intéressa au retentissement de la pollution oxydante sur la fonction ventilatoire des athlètes. L'objectif de cet article est de passer en revue de façon critique les acquis des recherches épidémiologiques sur ce sujet et d'en discuter les implications concernant les normes d'exposition de la population générale. Si les études expérimentales, discutées dans un autre article de ce numéro, démontrent sans conteste une toxicité sur la fonction pulmonaire pour des concentrations ⁽¹⁾

(1) Dans cet article, toutes les mesures de concentrations sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'équivalence 1 ppb = $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été utilisée.

inférieures à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il importe néanmoins de quantifier le niveau de risque de la population générale pour des conditions habituelles d'exposition. Pour cela, cet article s'appuie sur des revues générales récentes (KINNEY, 1988 ; BATES, 1989 ; BIGNON, 1988 ; LIPPMANN 1993).

Les premières études

Les cinq premières études publiées figurent au tableau I. Elles portaient sur la fonction respiratoire d'enfants nord-américains (LEBOWITZ a également inclu des adultes jeunes). Il s'agit d'études de séries chronologiques réalisées chez les mêmes sujets suivis pendant quelques jours à quelques semaines (sauf pour LEBOWITZ dont l'étude a duré 11 mois). Trois des populations étudiées provenaient de colonies de vacances estivales. Les données ont été analysées au moyen de modèles de régression linéaire prenant l'ozone comme seul polluant étudié.

Ces études souffrent d'un certain nombre de faiblesses. Les effectifs concernés sont peu importants et leur durée de suivi est courte. L'exposition est estimée de façon approximative, parfois à partir de postes de mesures fixes situés à plus de 10 kms du lieu de résidence des individus. Les méthodes d'analyse statistique sont frustes, les facteurs de confusion n'étant pas ou peu pris en compte.

Elles fournissent néanmoins des indications intéressantes comme le souligne KINNEY dans la

Tableau I
Etudes épidémiologiques sur les effets de l'ozone (1983-1986)
Epidemiological studies on ozone effects

Auteur Année	Ozone ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Min-Max	Population	Exposition	Résultats
Lippman 1983	97-230	83 enfants, camp d'été spirométrie 1 semaine	stations 30 et 100 kms PS sur place	corrélation négative avec CVF
Bock 1985	42-84	62 enfants, camp d'été spirométrie sur 16 jours	station à 5 km PS sur place	corrélation négative avec DP
Lebowitz 1985	190-380	24 jeunes spirométrie sur 11 mois	stations en ville	corrélation négative avec DP
Sprengler 1985	30-160	52 enfants, camp d'été 50 % asthmatiques spirométrie sur 10 jours	distance non précisée	corrélation négative avec CVF (NS). Pas de relation avec l'asthme
Kinney 1986	7-130	154 enfants spirométrie 1 semaine	stations en ville	corrélation négative avec CVF, DEM_{25-75}

CVF : capacité vitale forcée.

DEM_{25-75} : débit expiratoire moyen entre 25 % et 75 % de la CVF.

DP : débit de pointe.

PS : particules en suspension.

revue critique qu'il en a faite en 1988. Il indique notamment que pour les quatre meilleures études, il existe une corrélation négative entre les concentrations d'ozone et les paramètres spirométriques. Il remarque que pour les études fournissant des résultats statistiquement significatifs, les pentes des droites de régression sont assez proches d'une étude à l'autre comme le montre le tableau II extrait de la publication de KINNEY. Le coefficient moyen de la droite de régression de la capacité vitale expiratoire forcée sur la concentration d'ozone est de $-0,23 \text{ ml}/\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tableau II
Principaux résultats des premières études épidémiologiques
Main results of the first epidemiological studies

Auteur	Régression CVF / ozone		
	Pente	Écart-type	p
Lippman	- 1,06	0,26	< 0,05
Bock	- 0,12	0,22	NS
Sprengler	- 0,14	0,35	NS
Kinney	- 0,92	0,36	< 0,05

CVF : capacité vitale forcée.

Cette concordance a stimulé les épidémiologistes et l'on dispose aujourd'hui d'un grand nombre d'études qui ont exploré les effets aigus liés à des expositions brèves et plus rarement les effets chroniques d'expositions prolongées.

Les études épidémiologiques récentes

Etudes des effets aigus

Etudes comportant une spirométrie

On dispose actuellement de nombreuses études qui ont mis en relation les variations journalières des teneurs en ozone avec l'évolution de paramètres de la fonction ventilatoire chez l'enfant (SPEKTOR 1988a ; KINNEY 1989 ; HIGGINS 1990 ; SPEKTOR 1991 ; BERRY 1991) et chez l'adulte (SPEKTOR 1988b ; KORRICK 1992). Ces études donnent des résultats cohérents avec notamment des coefficients de régression négatifs de l'ordre de $-0,5$ à $-1 \text{ ml}/\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'ozone. KINNEY et SPEKTOR ont observés une altération fonctionnelle qui persiste le lendemain de la survenue de pics d'ozone de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il faut aussi remarquer que des études réalisées dans la partie Est du continent Nord-américain (LIOY 1985 ; RAIZENNE 1989)

retrouvent des altérations fonctionnelles moins marquées que les études précédemment citées qui concernaient l'Ouest du continent.

Etudes comportant un questionnaire

OSTRO a publié en 1989 une étude s'appuyant sur la grande enquête transversale sur la santé des américains (National Health Interview Survey). Ils rapportent une association peu importante entre l'ozone et des critères d'incapacité (durée d'alitement).

SCHWARTZ (1990), réanalysant une étude basée sur les déclarations quotidiennes d'infirmières étudiantes à Los Angeles a observé un risque relatif significatif de 1,2 concernant les déclarations pour gêne thoracique et irritation des yeux lorsque les concentrations d'ozone dépasse la concentration de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Etudes portant sur les hospitalisations

De nombreuses études ont analysé la relation entre les admissions hospitalières et la pollution atmosphérique acido-particulaire ou photo-oxydante (QUENEL 1993 ; QUENEL sous presse). LIPFERT (1993) les a récemment synthétisées. Plusieurs études se sont plus particulièrement intéressées à l'impact de l'ozone (BATES 1989 ; OZKAYNAK 1990 ; THURSTON 1992). Elles montrent une association positive qui peut expliquer jusqu'à 20 % des admissions hospitalières quotidiennes pour certaines pathologies spécifiques. Mais le résultats dépendent de la méthode d'analyse statistique utilisée qui varie selon les auteurs.

Etudes de mortalité

KINNEY a publié en 1991 une étude sur la mortalité à Los Angeles en relation avec la pollution atmosphérique, incluant l'ozone. Il a observé une association faible mais positive avec les concentrations de ce polluant en prenant en compte le rôle de la température. Une analyse similaire a été réalisée en 1992 à New York. Dans les deux villes, l'ozone explique environ 10 % de la variance de la mortalité journalière estimée par un modèle de régression linéaire multiple prenant en compte les polluants habituellement mesurés et les variables météorologiques, dont la température et l'humidité. L'estimation correspondante est qu'une augmentation de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de la teneur en ozone est associée à un accroissement de 0,2 décès avec un décalage d'une journée.

Etudes des effets à long terme

En complément des nombreuses études sur les effets à court terme de l'ozone, quelques études

apportent un éclairage sur les effets à long terme d'une exposition à des concentrations élevées de ce polluant.

DETELS (1991) a comparé l'évolution de la fonction ventilatoire des habitants de deux zones contrastées pour leurs teneurs en ozone. Sur une période de six ans, il a retrouvé une altération significative dans la zone où la teneur moyenne d'ozone est de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la zone de référence ayant une teneur deux fois plus faible. Mais cette étude est obérée par une forte proportion de « perdus de vue ».

ZWICK en Autriche, utilisant un protocole semblable, a trouvé des résultats analogues avec en plus une altération des fonctions immunitaires des lymphocytes T chez les enfants les plus exposés.

KINNEY a étudié la fonction ventilatoire après exercice physique de cadets militaires dans un fort où la teneur moyenne en ozone était de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en la comparant à celle de militaires entraînés dans trois forts où les teneurs étaient basses. Il retrouve une réduction significative du VEMS.

Discussion

Le premier fait qui ressort de cette revue de la littérature est que la stratégie d'investigation qui a été privilégiée pour l'étude épidémiologique des effets de l'ozone est l'enquête de série chronologique dans laquelle les données sont recueillies au cours du temps chez les mêmes sujets et étudiées en relation avec des variations de concentrations de l'ozone. Cette situation contraste avec celle de l'étude des effets de la pollution acido-particulaire pour laquelle ce sont les protocoles classiques de l'épidémiologie étiologique (études cas-témoins et exposés-non exposés) qui ont été, jusqu'à tout récemment, utilisés.

Le deuxième point concerne la mesure des expositions. Elle est toujours de type écologique, c'est-à-dire que les concentrations mesurées dans un lieu donné sont « appliquées » à toutes les personnes qui y résident comme si l'exposition était homogène. De plus, les facteurs de confusion potentiels que sont les épidémies virales ou les périodes de pollens ne sont pas pris en compte. Ce type d'étude ne permet pas de prendre en considération les facteurs individuels tels que l'exposition au tabac, aux facteurs professionnels ou aux pollutions intérieures. Il reste que dans le cas d'études chronologiques, cela ne peut pas constituer un biais majeur dans la mesure où, sur une période courte, il est raisonnable d'admettre que ces facteurs individuels restent à un niveau constant ou peu variable. Il faut encore rappeler que indépendamment de ses effets propres, l'ozone est aussi un traceur de la pollution photo-oxydante mais qu'il serait sûrement intéressant de prendre en compte d'autres polluants tels que les peroxyacétylnitrates ou l'acide sulfurique qui ont des effets expérimentaux.

Le troisième fait notable est qu'au plan sanitaire, on dispose de résultats portant sur un ensemble complet de critères allant du plus grave (la mortalité) à l'atteinte la plus précoce (la fonction ventilatoire). La cohérence des associations retrouvées entre tous ces critères et des teneurs peu élevées en ozone confère globalement à ces études une valeur convaincante.

Une quatrième remarque est enfin que la différence entre les concentrations qui entraînent des effets chez l'homme et les concentrations présentes à l'état naturel est peu importante. Sous l'influence de l'ozone stratosphérique, la concentration basale d'ozone troposphérique est d'environ $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cependant cette concentration peut varier notablement, notamment en milieu urbain. Mais cela indique que les valeurs recommandées ne comportent qu'un facteur de sécurité faible.

La question des normes d'exposition

Plusieurs valeurs de référence ont été proposées, prenant en compte différentes durées d'exposition allant de l'heure à l'année. On trouvera au tableau III un rappel de ces valeurs. Même s'il existe un vif débat aux Etats-Unis dont LIPPMAN (1993) s'est fait récemment vigoureusement l'écho, on ne note pas de profondes divergences d'un pays à l'autre.

Tableau III
Principales valeurs d'exposition à l'ozone recommandées
Main exposure limits values used

Pays	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ an	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 h	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8 h
Canada	30	30	
Etats-Unis			
Allemagne	50	50	70
Union Européenne (UE)		65	110
OMS		65	100-120

Pays	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 4 h	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2 h	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 h
Canada			100
Etats-Unis			235
Allemagne	90	110	160
Union Européenne (UE)			200
OMS			150-200

$180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne 1 h, = informer (UE)
 $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne 1 h, = alerte (UE)

La vraie question est donc de savoir quelle est l'efficacité de ces valeurs de référence en termes de prévention. Comme cela vient d'être signalé, les teneurs d'ozone pour lesquelles des effets sanitaires sont détectés ne sont pas très éloignées des valeurs existant dans l'atmosphère à l'état basal. De plus, l'efficacité sur le court terme des mesures de contrôle à mettre en œuvre en cas de dépassement des valeurs de référence reste à démontrer. CALVERT (1993) rapporte une étude qui estime que si toutes les émissions d'origine automobile à Los Angeles étaient supprimées, la concentration d'ozone observée en 2010 ne serait inférieure que de 10 % à celle qui résulterait de l'application stricte des dispositions actuelles. Cette analyse semble largement partagée (OFEFP, 1992 ; WHO, 1990 ; SILLMAN, 1993) qui préconise de mettre l'accent sur la prévention à long terme, la seule susceptible, *in fine*, de réduire la fréquence des épisodes.

Synthèse et conclusion

De nombreuses études épidémiologiques corroborent les résultats des études expérimentales pour montrer que l'ozone est un toxique dont les effets se manifestent pour des concentrations peu élevées. Les progrès de la compréhension des mécanismes biochimiques impliqués laissent peu de doutes sur la réalité d'une relation causale. Certes, des incertitudes persistent encore dans l'évaluation du risque, notamment sur les interactions existant entre les différents polluants et la prise en compte des facteurs de confusion potentiels. L'amélioration de la validité et de la fiabilité de l'estimation des expositions est également nécessaire. Les études longitudinales comportant des mesures répétées fournissent les résultats les plus probants mais il conviendrait d'en standardiser les procédures. Cependant les connaissances disponibles fournissent d'ores et déjà un corpus d'une grande valeur pour l'évaluation des risques.

On peut donc affirmer en conclusion que les bases cognitives existent pour une gestion rationnelle des risques sanitaires liés à l'ozone en particulier et à la pollution photo-oxydante en général, mais qu'un effort de recherche est nécessaire pour mieux évaluer l'intérêt des différentes options de prévention et de contrôle.

Bibliographie

- BATES DV. Ozone-myth and reality. *Environ Res.*, 1989, 50 : 230-37.
- BATES DV, SIZTO R. The Ontario air pollution study : identification of the causative agent. *Environ Health Perspect.*, 1989, 79 : 69-72.
- BERRY M, LIOY PJ, GELPERIN K, BUCKLER G, KLOTZ J. Accumulated exposure to ozone and measurement of health effects in children and counselors at two summer camps. *Environ Res.*, 1991, 54 : 135-50.
- BIGNON J. La pollution photo-oxydante. *Pollution Atmosphérique*, 1988, 378-88.
- CALVERT JG, HEYWOOD JB, SAWYER RF, SEINFELD JH. Achieving acceptable air quality : some reflections on controlling vehicle emissions. *Science*, 1993, 261 : 37-45.
- DETELS R, TASHKIN DP, SAYRE JW, ROKAW SN, MASSEY FJ, COULSON AH, WEGMAN DH. The UCLA population studies of CORD : X. A cohort study of changes in respiratory function associated with chronic exposure to SO_x, NO_x, and hydrocarbons. *Am. J. Public Health*, 1991, 81 : 350-59.
- HIGGINS ITT, D'ARCY JB, GIBBONS DI, AVOL EL, GROSS KB. Effect of exposures to ambient ozone on ventilatory lung function in children. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1990, 141 : 1136-46.
- KINNEY PL, WARE JH, SPENGLER JD. A critical evaluation of acute ozone epidemiology results. *Arch. Environ. Health*, 1988, 43 : 168-73.
- KINNEY PL, WARE JH, SPENGLER JD, DOCKERY DW, SPEIZER FE, FERRIS BG. Short-term pulmonary function change in association with ozone levels. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1989, 139 : 56-61.
- KINNEY PL and OZKAYNA KH. Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles County. *Environ Res.*, 1991, 54 : 99-120.
- KINNEY PL, SKORDINSKI M, HE DK, GORCZYNSKI J, HAYES C, LIPPMANN M. Subchronic change in FEV₁ associated with ambient ozone exposures. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1991a, 143 (4 : 2) : A96.
- KINNEY PL, HAYES C, BUTLER R, LIPPMANN M. Pulmonary function of Military Academy freshmen from areas of high and low ozone levels : Preliminary results. Presented at 1991 Annual Meeting of Air and Waste Management Assoc., Atlanta, G.A., 1991b.
- KINNEY PL and OZKAYNAK H. Associations between ozone and daily mortality in Los Angeles and New York City. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1992, 145 (4 : 2) : A95.
- LIOY PJ, VOLLMUTH TA, LIPPMANN M. Persistence of peak flow decrement in children following ozone exposures exceeding the national ambient air quality standard. *J. Air Pollut. Contr. Assoc.*, 1985, 35 : 1068-71.
- LIPFERT FW. A critical review of studies of the association between demands for hospital services and air pollution. *Environ. Health Perspect.*, 1993, 101 (suppl. 2) : 229-68.

- LIPPMANN M. Role of science advisory groups in establishing standards for ambient air pollutants. *Aerosol Sci. Tech.*, 1987, 6 : 93-114.
- LIPPMANN M. Health significance of pulmonary function tests. *J. Air Pollut. Control. Assoc.*, 1988, 38 : 881-87.
- LIPPMANN M. Health effects of ozone. A critical review. *J. Air Waste Management Assoc.*, 1989, 39 : 672-95.
- LIPPMANN M, LIOY PJ, LEIKAUF G, GREEN KB, BAXTER D, MORANDI M, PASTERNAK BS. Effects of ozone on the pulmonary function of children. *Adv. Envir. Toxicol.*, 1983, 5 : 423-46.
- OFFICE FEDERAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORÊTS ET DU PAYSAGE (OFEFP). La signification des valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air. *Cahiers de l'environnement*, 1992, n° 180. Berne, 63 pp.
- OSTRO BD and ROTHSCHILD S. Air Pollution and acute respiratory morbidity : An observational study of multiple pollutants. *Environ. Res.*, 1989, 50 : 238-47.
- QUENEL P, MEDINA S, PIRARD P, MOMAS I, LE MOULLEC Y, FERRY R, FESTY B, DAB W. Impact de la pollution atmosphérique sur la consommation de soins. Revue de la littérature des études épidémiologiques publiées entre 1980 et 1990. *Pollution atmosphérique*, 1993, n° 1 : 87-102.
- QUENEL P, MEDINA S, PIRARD P, MOMAS I, LE MOULLEC Y, FERRY R, FESTY B, DAB W. Sous presse. Health services based morbidity indicators as a measure of health effects of air pollution. *European J. Public health*.
- RAIZENNE ME, BURNETT RT, STERN B, FRANKLIN CA SPENGLER JD. Acute lung function responses to ambient acide aerosol exposures in children. *Environ. Health Perspect.*, 1989, 79 : 179-85.
- SCHONBEIN CF. *Med. Chir. Trans.*, 1951, 34 : 205-20.
- SCHWARTZ J. Lung function and chronic exposure to air pollution : A cross-sectional analysis of NHANES II. *Environ. Res.*, 1989, 50 : 309-321.
- SCHWARTZ J. and ZEGER S. Passive smoking, air pollution, and acute respiratory symptoms in a diary study of student nurses. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1990, 141 : 62-67.
- SILLMAN S. Tropospheric ozone : the debate over control strategies. *Annu. Rev. Energy Environ.*, 1993, 18 : 31-56.
- SPEKTOR DM, LIPPMANN M, LIOY PJ, THURSTON GD, CITAK K, JAMES DJ, BOCK N, SPEIZER FE, HAYES C. Effects of ambient ozone on respiratory function in active normal children. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1988a, 137 : 313-20.
- SPEKTOR DM, LIPPMANN M, THURSTON GD, LIOY PJ, STECKO J, O'CONNOR G, GARSHICK E, SPEIZER FE, HAYES C. Effects of ambient ozone on respiratory function in healthy adults exercising outdoors. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1988b, 138 : 821-828.
- SPEKTOR DM, THURSTON GD, MAO J, HE D, HAYES C, LIPPMANN M. Effects of single- and multi-day ozone exposures on respiratory function in active normal children. *Environ Res.*, 1991, 55 : 107-22.
- THURSTON G, D'SOUZA N, LIPPMANN M, BARTOSZEK M, FINE J. Associations between summer haze air pollution and asthma exacerbations. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1992a, 145 (4 : 2) : A429.
- THURSTON G, KINNEY P, ITO K, LIPPMANN M. Daily respiratory hospital admissions and summer haze air pollution in several New York metropolitan areas. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1992b, 145 (4 : 2) : A429.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). *Air Quality Criteria for Ozone and Other Photochemical Oxidants*, 1986, Vol. II. EPA/600/8-84/0206F, ECAO, U.S. EPA, Research Triangle Park, NC.
- WAYNE WS, WEHRLE PF, CAROLL RE. Oxydant air pollution and athletic performance. *J. Am. Med. Assoc.*, 199 : 901-4.
- World Health Organization (WHO). Air quality guidelines for Europe. WHO regional publications, European series N° 23. Copenhagen, 1987.
- World Health Organization (WHO). Acute effects on health of smog episodes. WHO regional publications, European series N° 43. Copenhagen, 1990.
- ZWICK H, POPP W, WAGNER C, REISER K, SCHMOGER J, BOCK A, HERKNER K, RADUNSKY K. Effects of ozone on the respiratory health, allergic sensitization, and cellular immune system in children. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1991, 144 : 1075-79.