

La pollution atmosphérique un nouveau risque respiratoire pour les villes du sud

C. Nejari,* L. Filleul,^{†‡} N. Zidouni,[§] Y. Laid,[§] M. Atek,[§] A. El Meziane,[¶] J. F. Tessier[†]

*Département d'Epidémiologie et de Santé Publique Faculté de Médecine de Fes, Fes, Morocco; [†] Laboratoire Santé Travail Environnement, Université de Bordeaux 2, Bordeaux, [‡]Institut de Veille Sanitaire, St Maurice, France; [§]Institut National de Santé Publique (INSP), Alger, Algérie; [¶]Service des Maladies Respiratoires CHU Ibn Rochd, Casablanca, Morocco

RESUME

Depuis les grands accidents survenus dans les années soixante, la pollution atmosphérique est habituellement considérée comme un facteur de risque respiratoire dont les effets sont le plus souvent étudiés dans les pays industrialisés. Notre objectif est de montrer que désormais les pays du sud doivent eux-aussi prendre en compte ce facteur de risque. Après un rappel des caractéristiques de la pollution atmosphérique, de leurs conditions de diffusion, ainsi que de leurs principaux effets connus à ce jour sur la santé, (effets à court et à long terme), nous abordons les situations spécifiques qui différencient les villes du nord et du sud. Du fait de leur industrialisation tardive, les villes du sud doivent affronter aujourd'hui une pollution due aux sources industrielles et au trafic urbain avec des véhicules polluants. Le cas de l'Algérie et le Maroc, illustre cette situation et ses risques potentiels sur la santé. Prévenir les risques respiratoires de la pollution dans les grandes agglomérations du sud implique la mise en place rapide dans celles-ci de mesures systématiques des niveaux de polluants et d'une surveillance épidémiologique. Cette stratégie n'a de chance de réussir que si elle est soutenue par un partenariat fort des pays du nord.

MOTS CLE : pollution atmosphérique ; pays en développement ; santé respiratoire

AUJOURD'HUI il existe une sensibilisation mondiale de l'opinion à la pollution atmosphérique, dont les récentes conférences de La Haye et de Rio se sont faites l'expression.* Nul n'ignore aujourd'hui ses répercussions possibles sur les équilibres écologiques de la planète, mais beaucoup minimisent encore les conséquences de la détérioration de la qualité de l'air sur la santé respiratoire des populations vivant aujourd'hui dans les grandes mégapoles.

Avant même la seconde guerre mondiale, une succession de grands accidents ont attiré l'attention des chercheurs dans les pays industrialisés. La relation constatée entre l'élévation brutale des niveaux de certains polluants atmosphériques et la recrudescence d'événements de santé aux conséquences, dans un certain nombre de cas, mortelles, conduisirent très tôt à s'interroger sur le retentissement respiratoire d'une exposition prolongée aux composants physico-chimiques à l'origine de ces accidents, et ce, simplement aux doses communément observées alors dans l'atmosphère urbaine des grandes agglomérations industrielles.¹

Les premières études épidémiologiques entreprises à partir des années 1970 confirmèrent cette hypothèse et montrèrent une relation entre la pollution acido-particulaire d'origine industrielle et/ou domestique et la prévalence des symptômes et affections respiratoires chroniques,^{2,3} avec prédominance d'une atteinte des voies respiratoires hautes chez les enfants, et de l'appareil broncho-pul-monaire chez les adultes.^{4,5} Il faut noter qu'à cette époque, dans les pays industrialisés, les niveaux de pollution étaient beaucoup plus élevés qu'aujourd'hui, avec d'importants contrastes entre les grandes agglomérations urbaines et les autres zones géographiques.⁶ Ces premières observations eurent pour conséquence d'inciter très tôt la plupart des pays industrialisés à imposer des mesures réglementaires prescrivant la surveillance métrologique des polluants responsables et visant à réduire les émissions polluantes.

Dans les pays du sud, la situation a été tout autre. Pour ces pays, dont la majorité avaient acquis leur indépendance dans la seconde moitié du XXe siècle, l'industrialisation a constitué une priorité pour les responsables politiques qui l'ont considérée, comme un levier majeur du décollage économique de leurs pays. Ce choix potentiellement créateur d'emplois a

* La Déclaration de Rio peut être téléchargée du site: <http://www.unep.org/documents/default.asp?documentid=78&articleid=1163>

Auteur pour correspondance : Docteur Jean-François Tessier, Laboratoire Santé Travail Environnement, Institut de Santé Publique, d'Epidémiologie et de Développement, Université de Bordeaux 2, 146 rue Léo-Saignat, 33076 Bordeaux Cedex, France. Tél: (+33) 5 57 57 16 82. Fax: (+33) 5 57 57 16 98. e-mail: jean-francois.tessier@bordeaux.inserm.fr

[Traduction de l'article "Air pollution: a new respiratory risk for cities in low-income countries" Int J Tuberc Lung Dis 2003; 7(3): 223-231.]

eu deux conséquences. La première a été la multiplication au voisinage des zones urbaines, d'investissements industriels à coût réduit et donc avec un contrôle insuffisant des nuisances potentielles pour la santé en relation avec leur fonctionnement. La seconde a été un exode rural massif vers les zones industrielles des grandes métropoles. En effet, les politiques de développement régionales étant le plus souvent à leur début dans beaucoup de ces pays, le départ vers les grandes métropoles constitue aujourd'hui encore, pour beaucoup de populations vivant dans des secteurs à l'écart du développement, la seule chance d'espérer trouver des conditions de vie et de travail meilleures ainsi qu'une éducation et une promotion sociale plus facile pour leurs enfants. La conjonction de ces deux phénomènes a conduit beaucoup de grandes métropoles du sud à se trouver affrontées au cours de ces dernières années à des dégradations environnementales, et notamment à des altérations de la qualité de l'air d'autant plus dangereuses que la majorité des populations immigrées de l'intérieur se sont installées souvent dans des habitats précaires au voisinage des sources d'émissions polluantes.

Aujourd'hui, un certain nombre de responsables de santé publique des pays du sud sont convaincus, que la lutte contre les effets respiratoires de la pollution atmosphérique, conséquence d'un développement encore insuffisamment contrôlé, doit prendre rang parmi les priorités de santé vis-à-vis desquelles leurs pays doivent s'engager. C'est pourquoi il a semblé aux auteurs de cet article que le moment était venu de tirer la sonnette d'alarme devant la détérioration progressive de la qualité de l'air dans les villes du sud. En effet, les informations partielles dont on dispose pour certains de ces pays montrent des situations susceptibles d'entraîner des conséquences respiratoires du même ordre que celles constatées dans les pays du nord quarante ans auparavant.

Ce travail a pour objectif, après un bref rappel des connaissances actuelles sur la pollution atmosphérique et ses effets respiratoires, de mettre en évidence à partir de deux exemples les situations spécifiques auxquelles sont confrontés aujourd'hui de nombreux pays en situation de transition industrielle. Les auteurs se proposent enfin d'évoquer quelques stratégies possibles réalistes pour obtenir un meilleur contrôle de la qualité de l'air dans les grandes métropoles du sud, sans remettre en cause les politiques économiques indispensables au développement des pays du sud.

LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE (SOURCES, INDICATEURS ET FACTEURS METEOROLOGIQUES)

Avec A Tattersfield,⁷ on peut la définir comme « la

contamination de l'air par une ou plusieurs substances soit produites à l'état naturel, soit résultant de l'activité humaine, contamination ayant pour conséquence que l'air devient moins acceptable pour le maintien de la santé ». Il existe trois principales sources d'émission de la pollution atmosphérique d'origine humaine (anthropique) : l'industrie (chimie, métallurgie, énergétique : centrales thermiques), les transports automobiles (diesels) et l'activité domestique (chauffages, cuisine...).

Le premier groupe de polluants atmosphérique inclut des substances de nature gazeuse : monoxyde de carbone (CO), dioxyde de carbone (CO₂), dioxyde de soufre (SO₂), oxydants primaires (monoxyde d'azote [NO], dioxyde d'azote [NO_x]) ou secondaires par transformation de polluants primaires (ozone [O₃]), composés organiques volatils tels que les hydrocarbures (benzène, ...), composés oxygénés (aldéhydes, ...), hydrocarbures aromatiques polycycliques (benzopyrène, ...)

Le second concerne des substances de nature particulaire (PM): fumées noires et particules fines distinguées en fonction de leur diamètre aérodynamique (PM 10 µm ou PM 2.5 µm). La taille des particules conditionne en effet leur capacité de pénétration plus ou moins profonde dans les voies respiratoires.

Les conditions climatiques jouent un rôle dans l'émission des polluants. Les climats froids vont avoir pour conséquence des consommations énergétiques importantes en rapport avec les chauffages domestiques et sont, de ce fait, responsables des pollutions de nature acido-particulaire. Les climats chauds, au contraire vont entraîner la transformation de polluants primaires principalement émis par des sources mobiles (oxydants tels que NO, NO₂ ou aldéhydes). Ceux-ci, sous l'action des ultra-violets, vont se transformer d'autres composés oxydants secondaires tels que l'ozone. De ce fait, ce type de pollution sera plus particulièrement susceptible de se rencontrer dans les pays du sud en raison d'un ensoleillement plus important.

Les effets sur la santé de la pollution atmosphérique

L'évaluation des effets sur la santé de la pollution atmosphérique nécessite une approche pluridisciplinaire : métrologie pour la caractérisation et la mesure des polluants émis et des expositions, toxicologie pour la connaissance des mécanismes d'actions notamment cellulaires et moléculaires, médecine clinique, pour l'observation des effets nocifs sur des patients, épidémiologie qui permet de décrire l'importance de ces effets sur des échantillons représentatifs de population et d'étudier la relation entre les niveaux de pollution et différents indicateurs sanitaires. L'épidémiologie offre l'avantage d'étudier l'impact de la pollution atmosphérique dans des condi-

tions réelles d'exposition. Elle prend en compte l'ensemble des sources et des facteurs individuels qui peuvent influencer l'impact de la qualité de l'air sur la santé (tabagisme, expositions professionnelles, âge, pathologies sous-jacentes ...).

Données cliniques et physiopathologiques

Les données cliniques et physiopathologiques suggèrent que les principaux polluants mesurés, en raison de leurs caractéristiques physico-chimiques, sont susceptibles d'avoir des impacts différents au niveau des voies respiratoires et, en conséquence, d'être plus spécifiquement impliquées dans la survenue ou l'aggravation de certaines pathologies.

La pollution acide (SO_2), du fait de son caractère hydrosoluble, agira essentiellement au niveau des voies respiratoires supérieures ou de la partie proximale des voies respiratoires basses. De ce fait, on considère qu'elle est plus particulièrement susceptible d'entraîner des rhinites ou des rhinopharyngites chez l'enfant et des bronchites chez l'adulte.

A l'opposé, la pollution oxydante (NO_2 et ozone) est constituée de gaz peu solubles qui lorsqu'ils seront inhalés, sont susceptibles de pénétrer beaucoup plus profondément au niveau des voies respiratoires et d'entraîner des réactions inflammatoires au niveau des bronches distales. Pour cette raison, on considère que ces polluants peuvent entraîner une augmentation de la réactivité bronchique ou même être impliqués dans le déclenchement ou l'aggravation d'un asthme bronchique.

Enfin l'action sur les voies respiratoires des particules en suspension dépendra essentiellement de la taille de celles-ci. Plus elles seront de petite taille ($<10 \mu\text{m}$) plus elles seront susceptibles de pénétrer profondément dans les voies respiratoires, parfois même jusqu'aux alvéoles ($\text{PM}_{2.5}$ μm).⁸ Cette capacité de pénétration fait qu'on estime qu'elles sont susceptibles d'être impliquées dans la survenue des broncho-pneumopathies obstructives (BPCO), d'allergies respiratoires et même de certains cancers.

Ces dernières années les perturbations physiologiques ont fait l'objet de nombreux travaux apportant des preuves des effets de la pollution atmosphérique au niveau respiratoire.^{9,10}

Principales données épidémiologiques

Comme l'a rappelé une revue récente,¹¹ la recherche épidémiologique sur les effets respiratoires de la pollution atmosphérique a évolué en fonction des phases successives par lesquelles est passée la pollution atmosphérique dans les pays du nord.

C'est au décours des premiers épisodes aigus que l'on a pris conscience pour la première fois des effets nocifs sur la santé que pouvait avoir une détérioration de la qualité de l'air. Ces accidents se

sont produits les uns en Europe (Vallée de la Meuse en 1930, Londres en 1952), les autres aux Etats-Unis (Donora en 1948), dans des configurations géographiques et des conditions météorologiques et climatiques très similaires (vallée fluviale fortement industrialisée, saison hivernale, inversion de température, brouillards). Un seul épisode du même type et avec des conséquences sur la santé du même ordre fut observé en période estivale, à Los Angeles en 1960. Lors de tous ces épisodes, on constata sur une période de quelques jours, une élévation de la mortalité d'origine cardiorespiratoire ainsi qu'une aggravation des symptômes chez des patients déjà porteurs d'affections respiratoires chroniques. Cette détérioration de l'état sanitaire coïncidait avec une augmentation extrêmement importante de certains constituants physico-chimiques de l'air. Ainsi, à Londres durant 15 jours, des niveaux très élevés, de l'ordre de 1000 à 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de dioxyde de soufre (SO_2) et de particules, provenant de la combustion industrielle et domestique de combustibles fossiles, ont été associés à une surmortalité de plus de 4000 décès, principalement chez les personnes ayant des maladies respiratoires et des antécédents cardiaques. Plus de 80% de ces décès concernaient des causes cardio-respiratoires et 70% des décès touchaient des personnes âgées de 65 ans et plus.¹²

Par la suite, les nombreuses études réalisées dans les années 1970 en Royaume Uni et aux USA sur des groupes de patients atteints de BPCO montrèrent qu'il existait une relation entre les variations quotidiennes de la pollution acido-particulaire et les poussées d'aggravation de ces patients. A la même époque, en s'appuyant sur l'étude d'échantillons de population vivant dans des zones géographiques ayant des niveaux de pollution contrastés,^{5,6} plusieurs travaux mirent en évidence une relation significative entre les niveaux de pollution et la prévalence des affections respiratoires chroniques. Néanmoins, ces études ne purent se poursuivre au delà des années 1980 en raison de la baisse des niveaux de pollution consécutive aux mesures prises dans les pays du nord pour réduire les émissions des sources fixes.

C'est l'émergence, à partir des 20 dernières années du XXe siècle, d'un nouveau visage de la pollution atmosphérique, essentiellement en relation avec les sources mobiles, qui a relancé la recherche sur les effets de celle-ci sur la santé. Mais dans les pays du nord, l'impact que peut avoir l'environnement sur la santé est aujourd'hui plus difficile à étudier. En effet, les expositions sont le plus souvent faibles et multiples, n'entraînant pratiquement pas de pathologies spécifiques mais des effets chroniques retardés. Cependant, si le risque sani-

taire individuel est faible, du fait de la fréquence de l'exposition, le risque collectif est fort et représente donc un problème de santé publique.

Les travaux épidémiologiques sont orientés aujourd'hui dans deux directions : l'étude des effets de la pollution à court et à long terme. Les effets à court terme peuvent être définis comme des manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques survenant dans des délais brefs (quelques jours, semaines) suite aux variations journalières des niveaux ambiants de pollution atmosphérique. Les effets à long terme sont essentiellement constitués d'évènements de santé (mortalité et/ou affections ou pathologies) survenant après une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique.

Les effets à court terme

A ce jour, les effets à court terme ont été les plus étudiés. La mortalité, toutes causes ou spécifique (respiratoire et cardio-vasculaire) est l'indicateur le plus souvent employé pour des raisons de disponibilité des données.

La recherche sur les effets à court terme s'appuie sur deux schémas méthodologiques. Le premier est la méthode des séries chronologiques où l'on recherche une relation entre les variations journalières des évènements de santé (décès, admissions dans des services d'urgences) d'une part et celles des niveaux de pollution d'autre part. Le second schéma est représenté par les études de panel ou l'on étudie, sur des populations à risque (patients bronchitiques ou asthmatiques notamment les enfants), la relation entre d'éventuelles altérations de leur niveau de santé avec les variations des niveaux de pollution.

Ainsi, dans une revue de la littérature, Pope¹³ rapporte une augmentation de la mortalité toutes causes à court terme comprise entre 0,5% et 1,5% pour une augmentation de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des niveaux de PM 10 ou pour une augmentation de 5 ou 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des niveaux de PM 2,5. D'autres travaux réalisés en Europe, en Australie, en Amérique du Sud et en Asie ont confirmé ces résultats en montrant des associations entre des faibles niveaux de pollution et la mortalité à court terme.

Pour la mortalité spécifique, l'étude européenne APHEA (Air Pollution and Health: a European Approach)¹⁴ a montré que le risque de mortalité pour cause respiratoire dans les villes d'Europe de l'Ouest augmentait respectivement de 4%, 5% et 2% pour des élévations de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumées noires, de dioxyde de soufre (SO_2) et d'ozone (O_3). Ces résultats ont été confirmés en 1999 par une étude multicentrique PSAS-9 (Programme de Surveillance Air et Santé) réalisée par l'Institut de

Veille Sanitaire¹⁵ dans 9 villes françaises qui mettait en évidence des associations à court terme entre la pollution atmosphérique urbaine et la mortalité. Globalement, l'excès de risque de décès anticipés variait de 3% à 4% pour une augmentation de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des indicateurs de pollution. Pour la mortalité respiratoire, cet excès de risque variait de 1% à 6% pour une augmentation de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des indicateurs de pollution. De plus, les relations observées entre les niveaux de pollution atmosphérique et la probabilité de décès étaient de type linéaire sans seuil, c'est à dire qu'il n'existe pas de niveau en dessous duquel il n'y aurait pas d'effet décelable sur la mortalité à l'échelle de la population générale.

En termes de morbidité, les hospitalisations pour causes respiratoires mais également cardiovasculaires ont été les plus étudiées. En 1994, une méta-analyse montrait qu'un accroissement d'entre 0,8% et 3,4% des hospitalisations pour causes respiratoires était associée à une augmentation de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ du niveau journalier de PM 10.¹⁶ Dans le cadre de l'étude APHEA, des augmentations des admissions hospitalières pour causes respiratoires étaient également associées à une augmentation des niveaux de fumées noires, SO_2 et O_3 .¹⁷

Chez les enfants, également considérés comme une population sensible, des augmentations des niveaux de pollution ont été associées à des symptômes ou pathologies respiratoires.¹⁸ Enfin, quelques travaux moins nombreux ont montré des relations positives entre les niveaux de pollution et les visites en médecine ambulatoire¹⁹ ou les ventes de médicaments.²⁰

Les effets à long terme

Peu de travaux ont porté sur les effets à long terme d'une exposition à la pollution atmosphérique. Seules trois études nord-américaines ont étudié l'association entre les niveaux de pollution et la mortalité.²¹⁻²³ Les résultats mettaient en évidence une association entre les niveaux de pollution et la mortalité toutes causes, mais également la mortalité pour cause cardio-pulmonaire et la mortalité par cancer pulmonaire, après ajustement sur les facteurs individuels tels que le tabagisme. Ainsi, dans l'étude de six villes, les personnes résidant dans la ville la plus polluée avaient un risque de décéder, toutes causes confondues, accru de 26% par rapport à celles résidant dans la ville la moins polluée (pour un différentiel en PM 2,5 de l'ordre de 18,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Pour la mortalité par cancer pulmonaire, cette augmentation était de l'ordre de 37%, mais le résultat était non significatif.

Très récemment, l'étude de l'American Cancer Society (ACS) a fait l'objet d'une nouvelle analyse 16 années après l'inclusion initiale des sujets.²⁴ Les

auteurs mettent en évidence une association entre les particules fines et la mortalité toutes causes, la mortalité cardio-pulmonaire et la mortalité par cancer pulmonaire. Ainsi une augmentation de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ des particules fines était associée avec approximativement une augmentation de 4%, 6% et 8%, respectivement, pour la mortalité toutes causes, cardio-pulmonaire et cancer pulmonaire. Les mesures avec les grosses particules et les particules totales n'étaient pas associées avec la mortalité.

Concernant la morbidité à long terme, les quelques travaux réalisés dans des populations d'adultes montrent une association entre pollution et maladies, symptômes et fonction respiratoire. En Suisse, pour une augmentation de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM 10, les auteurs rapportent une augmentation de la dyspnée de l'ordre de 41% (20-65%).²⁵

En conclusion, il est maintenant admis que même en deçà des niveaux enregistrés dans les premières études, la pollution atmosphérique présente des effets sanitaires sur les populations humaines. Le nombre des travaux et la cohérence de leurs résultats vont dans le sens d'un effet à court terme de la pollution atmosphérique sur la santé. Ces effets sont variables, allant d'une détérioration de la fonction respiratoire jusqu'à une anticipation de la mortalité pour les effets les plus graves. Les effets à long terme ont été moins étudiés en raison des difficultés méthodologiques de ces schémas d'études. Néanmoins, les premiers résultats, qui doivent encore être confirmés, vont dans le sens d'un effet délétère sur la santé d'une exposition chronique, et cet effet semble plus important que celui à court terme.

Impact en santé publique

Il est maintenant important en terme décisionnel de quantifier l'impact que peut avoir une exposition à la pollution atmosphérique. Ainsi, Kunzli et al ont estimé le nombre de cas de mortalité et de morbidité attribuables à la pollution atmosphérique à partir des courbes doses-réponses publiées dans la littérature.²⁶ Les résultats de cette étude réalisée dans trois pays européens (France, Suisse et Autriche) rapportent près de 40 000 décès par an attribuables à la pollution atmosphérique, plus de 25 000 nouveaux cas de bronchite chronique chez l'adulte et plus de 290 000 épisodes de bronchite chez l'enfant. Ce travail montre que même si le risque individuel lié à une détérioration de la qualité de l'air est faible, les conséquences en termes de santé publique sont considérables. De plus, cela soulève des interrogations quant à l'impact sanitaire qui peut exister dans des pays du sud où les niveaux de pollution sont supérieurs à ceux observés dans les pays du nord.

DYNAMIQUE DU DEVELOPPEMENT URBAIN AU NORD ET AU SUD DE LA MEDITERRANEE

Dans une approche, sans doute très réductrice aux yeux des historiens de métier, on pourrait dire que les métropoles du nord se sont développées au cours des siècles par des étapes successives qui ont façonné leur structure géographique et modulé leur rapport vis à vis de l'environnement. A la cité antique dont le tissu urbain et les accès semblent avoir été bien intégrés à leur environnement rural, succédera, avec les grandes invasions, la ville médiévale. Celle-ci, rétrécie par rapport au périmètre de la précédente pour mieux se défendre, se clôt de murailles souvent faites des pierres de la cité antique et se ferme à un environnement extérieur hostile. À l'intérieur de ses murailles se développe le monde des artisans entassés dans un espace restreint et générant les nuisances spécifiques de leur activité. Cette situation va perdurer jusqu'à la fin de la Renaissance. À partir de cette époque, la ville reprendra à nouveau son expansion en élargissant puis en détruisant ses enceintes, pour redevenir au XVIIIe siècle ville ouverte et noeud de communications.

Le XIXe siècle européen verra la ville déborder ses limites et s'entourer d'une ceinture de banlieues réservés à l'industrie naissante et habitée par un prolétariat où cette industrie puise sa main d'oeuvre et qui peu à peu s'accroît de l'exode rural. De plus, dans cette ville de larges avenues vont bouleverser le vieux tissu urbain pour répondre à l'accroissement de la circulation. Le XXe siècle amplifiera le phénomène et se caractérisera par un transfert des activités industrielles à une plus grande distance des villes dans des zones réservées à cet effet. Dans le même temps, en périphérie, les zones d'habitat se densifieront et se différencieront selon les classes sociales avec des zones pavillonnaires résidentielles pour les classes les plus favorisées et des grands ensembles d'immeubles collectifs pour les autres couches de la population, avec pour conséquence un accroissement régulier des flux de circulation nécessitant une adaptation des moyens de communication existant.

La ville du sud, elle, gardera beaucoup plus longtemps le modèle médiéval de ville close, la Médina, au moins jusqu'au milieu du début du XIXe siècle, comme en Algérie, parfois jusqu'au début du XXe siècle, comme au Maroc ou en Tunisie. A partir de cette époque, la colonisation entraînera la juxtaposition à la ville ancienne où restera concentrée la population locale, d'une ville nouvelle, ayant vocation administrative, commerciale et résidentielle pour les colons, mais faiblement industrialisée. Cette situation se maintiendra globalement jusqu'à la fin de la période coloniale, c'est-à-dire jusque vers le milieu du XXe siècle. La fin

de la période coloniale se caractérisera dans les villes du sud par une transformation très rapide de la situation environnementale due à une industrialisation intensive, une importante émigration intérieure depuis les zones rurales et une progressive saturation de la voirie urbaine par une circulation automobile intense en rapport avec une insuffisance de moyens collectifs de déplacements.

Implications en termes de pollution atmosphérique

Ces différences dans le développement des métropoles urbaines du nord et du sud permettent de mieux comprendre les situations auxquelles celles-ci se sont trouvées confrontées en matière de pollution atmosphérique.

Dans les pays du nord, le processus de développement urbain a eu pour conséquence de scinder en deux étapes l'émergence des phénomènes de pollution atmosphérique, avec l'avantage de permettre aux décideurs politiques d'affronter en deux temps ces phénomènes en engageant successivement les procédures de contrôle spécifiques les plus adaptées. Dans un premier temps en effet, les villes du nord se sont trouvées confrontées à la pollution d'origine industrielle et domestique, essentiellement acido-particulaire émise à partir de sources fixes. La prise de conscience de cette situation a conduit les pouvoirs publics à prendre les premières mesures législatives et réglementaires destinées à préserver la qualité de l'air. C'est ainsi que la France, qui s'était dotée dès 1961 d'une première loi sur l'air, devait en concrétiser les orientations par un décret pris en 1974. Ce décret définissait comme polluant l'émission de gaz ou de particules solides « de nature à compromettre la santé publique » et préconisait des mesures régulières de contrôle en milieu urbain et au voisinage de certaines installations industrielles.

Les mesures imposées par ces premières réglementations ont entraîné dans les grands pays industrialisés une modification des comportements. Elles ont eu pour conséquence, notamment, l'installation des premiers réseaux de surveillance de la pollution atmosphérique, l'abandon de sources d'énergies potentiellement polluantes, et la mise en place de dispositifs visant à réduire la toxicité des émissions industrielles. De plus elles ont conduit à avoir recours à des sources énergétiques peu polluantes en réduisant progressivement l'utilisation de sources énergétiques à base de combustibles fossiles. Ces mesures se sont révélées efficaces et ont abouti à une réduction notable des émissions des sources fixes.

Mais à partir des années 1980 le développement des transports automobiles a eu pour conséquence l'émergence d'un nouveau type de pollution, spécifique des sources mobiles, dont la composition

était essentiellement faite de gaz oxydants (NO, NO_x, ozone), de métaux lourds (plomb), d'hydrocarbures et de particules fines émises notamment par les moteurs diesels. Cette situation nouvelle a conduit à constater l'inadaptation de la réglementation antérieure et à préparer des mesures réglementaires adaptées à cette nouvelle forme de pollution. C'est ainsi qu'en France la loi sur l'air de 1996 a imposé la mise en place dans les grandes agglomérations de réseaux de surveillance de la qualité de l'air permettant la mesure des marqueurs des pollutions provenant tant des sources fixes que des sources mobiles. De plus des niveaux d'alerte ont été définis lors de déplacement de seuils de pollution, ayant pour conséquence le déclenchement de mesures d'information et de prévention adaptées au seuil de risque.

Les villes du sud ont été beaucoup moins favorisées que les villes du nord du fait du retard pris dans le développement économique. Ce retard a eu pour conséquence, comme cela a été dit plus haut, le développement simultané : 1) d'une industrialisation rapide avec des installations au moindre coût, le souci d'investissements immédiatement rentables prenant le pas sur le contrôle des émissions polluantes ; 2) d'un accroissement de la population urbaine du fait d'un exode rural massif, avec pour corollaire le développement souvent anarchique et difficilement contrôlable de zones d'habitat urbain, au voisinage immédiat des implantations industrielles exposant leurs populations et notamment les jeunes enfants directement au contact des sources potentielles de pollution, 3) d'une augmentation mal maîtrisée des flux de circulation automobile avec des véhicules anciens, mal réglés et utilisant des carburants peu coûteux mais potentiellement polluants, en raison du bas niveau de revenus de leurs utilisateurs.

Cet ensemble de phénomènes a fait que les grandes métropoles du sud doivent aujourd'hui faire face en même temps, et avec des moyens plus limités, à l'ensemble des nuisances de l'air que les villes du nord ont pu affronter par étapes successives.

L'exemple de deux pays sud-méditerranéens : Algérie et Maroc

Bien que partielles et provenant le plus souvent de rapports internes ou de publications à faible diffusion internationale, les informations déjà collectées dans ces deux pays permettent de prendre conscience de l'importance des risques respiratoires en rapport avec la détérioration de la qualité de l'air dans les villes du sud. Ces premières données confirment l'utilité de lancer rapidement dans les pays du sud des études épidémiologiques systématiques permettant de mieux apprécier les conséquences sur la santé de la pollution atmosphérique

Tableau Estimation des émissions atmosphériques (en tonnes par an) selon le secteur d'activité, en Algérie* (1995) et au Maroc† (1992)

Secteur	SO ₂	NO _x	PM	Plomb	CO	COV
Algérie						
Transport	4 160	123 629	1 043	8 710	996 900	249 600
Déchets	379	2 223	6 066	ND	31 822	16 341
Industrie	44 846	53 683	1 128 688	ND	48 019	14 061
Maroc						
Transport	21 000	316 000	13 000	300	ND	ND
Déchets	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Industrie	180 000	7 000	10 000	ND	ND	ND

* M. Aoudia, Plan National d'action pour l'environnement, 1997

† Ecodit, Ministère de l'Energie et des Mines, 1994

SO₂ = dioxyde de soufre ; NO_x = dioxyde d'azote ; PM = substances de nature particulaire ; CO = monoxyde de carbone ; COV = composés organiques volatiles ; ND = non disponible

dans les grandes agglomérations urbaines ou au voisinage des zones industrielles et de mettre en place des politiques efficaces de prévention des pathologies respiratoires en relation avec ces facteurs de risque environnementaux.

En Algérie, la détérioration de la qualité de l'air est la conséquence du développement rapide et simultané de l'industrialisation, des infrastructures routières et de l'urbanisation au cours des trois dernières décennies. Un inventaire des émissions atmosphériques réalisé en 1995 montre que les sources majeures de pollution ont émis près de 2,7 millions de tonnes de composés polluants.²⁹ Cette répartition montre que les émissions dues au secteur des transports et des activités industrielles représentent respectivement 51% et 47% des émissions totales (Tableau).

Dans les villes algériennes, le trafic routier constitue la principale source de pollution atmosphérique en raison de l'accroissement constant du nombre de véhicules (5% en moyenne de croissance annuelle), de la vétusté de ceux-ci et de l'absence totale de contrôle des émissions. Selon l'Office National des Statistiques, 71% de ces véhicules ont plus de 10 ans d'ancienneté. Les études ponctuelles effectuées en milieu urbain, notamment à Alger, ont montré que les concentrations des poussières (PM10), du plomb, des hydrocarbures aromatiques polynucléaires (HAP) et de l'ozone en zone péri urbaine, dépassaient souvent les normes. Une autre campagne de mesures réalisée durant l'année 1985 mettait en évidence des concentrations moyennes annuelles élevées : 247 µg/m³ pour les particules en suspension, 174 µg/m³ pour les fumées noires et 4 µg/m³ pour le plomb atmosphérique. Plus récemment, une autre campagne portant sur la pollution par les oxydes d'azote et l'ozone a été réalisée de juillet 1992 à août 1993 sur quatre sites de proximité aux voisinages d'artères à grande circulation de l'agglomération d'Alger. Cette étude a mis l'accent sur les niveaux

particulièrement élevés de la pollution photo-oxydante (O₃) dont les niveaux variaient en fonction de l'importance des cycles horaires des flux de circulation et qui atteignait en période estivale des teneurs oscillant entre 100 et 135 ppb.²⁷

Le traitement des déchets par combustion constitue aussi une importante source de pollution urbaine. A Alger, la quantité de déchets stockés annuellement sur une des principales décharges municipales (Oued Smar) avoisine le million de tonnes dont 60% de déchets industriels et hospitaliers. Environ 15% de cette masse sont brûlés par des feux coûvants sur le site qui s'étend sur près de quarante hectares au voisinage d'une importante zone suburbaine d'habitat. Une modélisation de l'impact des principaux polluants susceptibles d'être émis par la part combustible des déchets stockés a montré que les concentrations sous le vent étaient susceptibles de dépasser dans la plupart des cas les valeurs limites d'exposition (VLE), dans un rayon de plus de 10 km autour de la source d'émission.²⁸

La pollution d'origine industrielle ou énergétique constitue aussi pour l'Algérie un facteur majeur de pollution atmosphérique. De nombreuses unités industrielles n'ont pas été dotées de système antipollution et pour celles qui l'ont été, leur rendement épuratoire est souvent en deçà des normes de protection de l'environnement. Les douze principales cimenteries réparties sur l'ensemble du territoire algérien, rejettent annuellement 4569 tonnes de NO_x, 1269 tonnes de CO, 464 tonnes de COVNM, 1 million de tonnes de SO₂. De plus, il existe actuellement 3 raffineries de pétrole dont les émissions proviennent de la combustion du gaz pour les besoins de fonctionnement de la raffinerie mais également par les gaz de torches.

En Algérie, on ne dispose pas encore d'études épidémiologiques spécifiques sur les relations entre les niveaux de pollution mesurés et des indicateurs de santé notamment cardio-respiratoires, cependant, deux études réalisées au cours des der-

nières années par l'Institut National de Santé Publique d'Alger (INSP) ont mis en évidence la place importante tenue par les maladies respiratoires chroniques dans la pathologie générale. L'Enquête Nationale de Santé de 1990 a montré que les maladies respiratoires occupaient la première place des causes de morbidité ressentie (35,7%) et des motifs de consultations (27,2%) et le second rang parmi les motifs d'hospitalisation, dans la population générale. Les maladies chroniques de l'appareil respiratoire y tenaient une place importante (18,4%), l'asthme étant l'affection la plus répandue (plus de la moitié de ces affections).³¹

D'autres études ont mis plus spécifiquement l'accent sur la responsabilité des nuisances industrielles. Une enquête transversale, réalisée en 1990-91 sur 600 travailleurs a montré une prévalence de la bronchite chronique beaucoup plus élevée chez des travailleurs de l'industrie sidérurgique et de l'industrie des engrais phosphatés et azotés (10,3%), que chez des sujets témoins travaillant en milieu non industriel (3,4%). A Annaba, ville de l'est algérien, la population est exposée à la fois aux émissions atmosphériques du complexe sidérurgique d'El Hadjar (principal fournisseur de produits sidérurgiques nationaux) et à celles de l'usine chimique Asmidal produisant des engrais phosphatés et azotés. Dans cette ville le nombre d'asthmatiques est estimé à 50 000, 42% d'entre eux ayant été hospitalisés au moins une fois.²⁹

Les informations dont on dispose pour le Maroc proviennent essentiellement du document de travail élaboré pour le XVIe Congrès de la Société Marocaine des Sciences Médicales (SMSM) tenu à Rabat au mois de décembre 1997.³² Plus récemment sont venus s'ajouter les résultats des premières mesures de la pollution atmosphérique effectuées à Casablanca principale agglomération urbaine du pays et les données préliminaires d'une étude épidémiologique sur les effets à court terme de la pollution atmosphérique dans cette même ville.

Au Maroc, du fait de l'exode rural, la population tend de plus en plus à se concentrer au nord-ouest dans les grandes agglomérations du littoral atlantique. Alors qu'en 1982, 9,4 millions de personnes vivaient dans les villes, cette population est passée à près de 15 millions dans les années 2000, soit la moitié de la population de ce pays. En 1992, le coût de la dégradation de l'environnement était estimé à 10% du produit intérieur brut (PIB) du Maroc, la dégradation de la qualité de l'air représentant pour sa part 2% du PIB, ce qui constitue sans doute une estimation inférieure à la réalité faute d'une évaluation précise du problème.

Comme en Algérie, la pollution atmosphérique

est la résultante de rejets attribuables à la fois à l'industrie et aux transports (Tableau). Selon les sources citées dans le rapport de la SMSM (calcul d'ECODIT, Ministère de l'Industrie et des Mines, 1994), les rejets de SO₂ par l'industrie sont passés en 10 ans de 129 milliers de tonnes par an (1982) à 180 milliers de tonnes par an (1992). Les émissions particulières d'origine industrielle sont passées sur la même période de 7 000 tonnes en 1982 à 10 000 en 1992. Les rejets en oxydes d'azote sont en comparaison beaucoup plus faibles (de 5000 tonnes en 1982 à 7000 en 1992). Il existe dans ce pays un grand nombre d'industries polluantes, notamment les centrales thermiques, les unités de transformation des phosphates, les raffineries, etc... Dans la plupart d'entre elles, il n'existe aucun contrôle spécifique des polluants. Plus de 50% de l'activité industrielle du Maroc se concentre aujourd'hui dans la communauté urbaine de Casablanca. Elle constitue avec près de quatre millions d'habitants, la plus grande agglomération urbaine du pays.

Pour la pollution liée au trafic urbain on retrouve au Maroc, les caractéristiques déjà signalées : parc automobile en constante progression, véhicules en majorité anciens et recours de plus en plus fréquent au diesel. Dans ce pays les transports contribuaient en 1992 à 63% des émissions polluantes. Les rejets de NO_x ayant pour origine les transports sont passés de 203 000 tonnes en 1982 à 316 000 par an en 1992. Une campagne de mesures de la pollution atmosphérique a été effectuée en 1997-1998 par le Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes à Casablanca. Ces mesures ont été réalisées 20 jours par mois, 24h/24 sur un cycle de 12 mois, et ont porté sur un large éventail de polluants. Quatre secteurs représentatifs de situations à risque contrasté sur le plan environnemental avaient été choisis pour ces mesures : une place au centre ville représentative d'une pollution de proximité liée à un trafic automobile important, un quartier représentatif d'une zone industrielle, un secteur potentiellement exposé à une pollution mixte, et un quartier résidentiel retenu comme zone témoin. Cette campagne a mis en évidence des niveaux élevés pour les polluants mesurés. Pour le SO₂, les concentrations moyennes semi-horaires vont de 77 µg/m³ dans le secteur résidentiel à 127 µg/m³ en zone industrielle. Des maxima journaliers allant jusqu'à 4000 µg/m³ en zone industrielle ont été observés à plusieurs reprises, essentiellement en période hivernale. Pour l'ozone, les valeurs observées vont de 58 µg/m³ à 99 µg/m³ dans les mêmes zones. Les maxima journaliers ont été supérieurs à 400 µg/m³ sur les quatre sites durant la période chaude, et ont même dépassé les 600 µg/m³ en centre ville. Le niveau moyen le plus élevé de pollution particulaire a été relevé en zone indus-

trielle ($363 \mu\text{g}/\text{m}^3$), avec des maxima horaires particulièrement élevés dans la même zone ($700 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En centre ville les niveaux moyens et maximum s'élevaient respectivement à 194 et $471 \mu\text{g}/\text{m}^3$.³⁰

L'étude Casa-AirPol réalisée en 1998 sur une période de 18 mois constitue la première estimation faite au Maroc des effets à court terme de l'exposition à la pollution atmosphérique urbaine. Ses résultats n'ont jusqu'ici fait l'objet que de rapports internes. Il s'agit d'une étude écologique temporelle réalisée sur le site de la ville de Casablanca. Cette étude dont l'objectif était la recherche d'une éventuelle corrélation entre les variations journalières des niveaux de fond des polluants atmosphériques et les variations journalières d'un certain nombre d'indicateurs sanitaires de mortalité et de morbidité observés dans la population de Casablanca (adultes et enfants). Les indicateurs de la pollution atmosphérique retenus étaient le dioxyde de SO_2 mesuré par colorimétrie, le NO_2 et les particules en suspension dans l'air, mesurées par la méthode des fumées noires. La mesure de l'état de santé était basée sur les données de mortalité brute (hors décès accidentel) recueillies auprès des services de l'état-civil et sur des données de morbidité collectées dans un certain nombre de centres de santé urbains et de services d'urgence d'hôpitaux publics.

Une première analyse des résultats a porté sur l'exposition aux particules en suspension considérées comme un indicateur global de la pollution atmosphérique. Sur la période comprise entre Mai 98 et Avril 99, les niveaux enregistrés sur le site de mesure ont été les suivants : moyenne $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, médiane $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, percentile 5 (P5) $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ valeur de base retenue pour le calcul des risques pour la santé, percentile 95 (P95) $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Après avoir tenu compte des facteurs de confusion potentiels, cette analyse a mis en évidence un accroissement du risque de mortalité et de morbidité (appréciés en nombre de cas) en relation avec l'augmentation des concentrations en particules. Pour une augmentation du niveau de particules du P5 au P95, soit une augmentation de $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le pourcentage d'augmentation du nombre des événements de santé recueillis est particulièrement important : augmentation de 9% de la mortalité non accidentelle toutes causes, de 6% du nombre de consultations pour asthme, de 9% du nombre de consultations pour bronchites, de 15% dans le cas des infections respiratoires hautes et de 38% dans le cas des infections des voies respiratoires basses chez les enfants de moins de 5 ans restent à affiner mais sont d'ores et déjà supérieurs à ceux observés dans les pays du nord, aussi bien chez les adultes que chez les enfants.

Les données de la « littérature grise » qui viennent d'être rapportées à propos des deux exemples

choisis montrent que les pays du sud ne sont plus épargnés par la pollution atmosphérique. D'autres exemples auraient pu être donnés comme celui du Liban, dont les caractéristiques environnementales sont très proches mais où les données épidémiologiques font encore défaut.³¹ Les informations déjà collectées montrent qu'il convient de s'attaquer dès aujourd'hui à un facteur de risque qui jusqu'alors avait épargné les pays en développement ou en situation de transition économique. Dans les deux pays étudiés une dynamique intéressante s'est d'ailleurs déjà mise en place, s'appuyant sur des réseaux de professionnels de la santé et de l'environnement une telle démarche pourrait être transposée à des situations identiques.³²

STRATEGIES DE CONTROLE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE DANS LES VILLES DU SUD

Dans des pays où l'essor de l'industrialisation est une nécessité pour le développement économique, et où l'emploi, l'éducation et la promotion sociale se trouvent dans les villes, agir auprès des industries pour qu'elles réduisent les émissions de polluants industriels et maîtriser la circulation pour mieux contrôler la pollution liée aux transports sont des objectifs souhaitables mais beaucoup plus difficiles à atteindre que dans les villes du nord. En effet, les villes du sud doivent tenir compte de réalités inévitables mais parfois contradictoires. Ces réalités sont d'abord d'ordre économique : garder la priorité à l'emploi et ne pas décourager les industries, tenir compte des limites du budget circulation (aussi bien du point de vue de la collectivité que du particulier). Elles sont aussi de nature socio-démographique : faire face à l'afflux des populations en zone urbaine et prendre en compte l'extension des zones d'habitat en périphérie des grandes métropoles.

En tenant compte de ces réalités dont l'impact est important sur l'environnement des pays en développement comme cela a été souligné récemment dans plusieurs rapports de la Banque Mondiale,^{33,34} la maîtrise de la pollution atmosphérique dans les villes du sud doit intégrer un certain nombre de démarches.

La première est d'apprécier la réalité de la pollution atmosphérique en milieu urbain en mesurant le niveau des émissions polluantes d'abord par des repérages avec des appareils de mesure mobiles. Ces mesures ponctuelles répétées à différentes saisons, permettent une cartographie de la pollution dans la ville et constituent le préalable indispensable à l'implantation d'un réseau de postes fixes de surveillance. De tels dispositifs sont déjà en place dans des villes comme Alger et Casablanca.

En second lieu, la lutte contre la pollution atmosphérique passe par la mesure du risque sanitaire en relation avec elle. Ceci implique l'utilisation d'indicateurs épidémiologiques simples : soit enquêtes descriptives comparant la prévalence de symptômes ou de maladies respiratoires dans des zones à niveaux contrastés de pollution soit la surveillance des effets à court terme d'épisodes aigus de pollution en utilisant des indicateurs rustiques tels que mortalité de sujets à risque, affections respiratoires aiguës, aggravation de patients atteints de pathologies cardio-respiratoires chroniques.

Autre aspect important de la lutte contre la pollution atmosphérique, l'information. Celle-ci doit s'adresser à différentes cibles. En priorité il est nécessaire de sensibiliser les Pouvoirs Publics à l'importance de cette lutte qui souvent leur apparaît un objectif secondaire par rapport à d'autres qu'ils considèrent comme prioritaires et notamment tout projet susceptible de contribuer au développement économique du pays. En second lieu, il faut développer pour le public une éducation à l'environnement. Celle-ci passe par l'information des pollueurs potentiels pour les éduquer à la maîtrise de leur environnement (industriels, conducteurs de véhicules automobiles), mais aussi par l'éducation de l'ensemble des citoyens pour qu'ils perçoivent l'intérêt pour le maintien de leur santé d'une bonne qualité de l'air.

A coté de ces stratégies de caractère scientifique ou éducatif, la voie réglementaire est une démarche inévitable pour imposer des règles minimales susceptibles de conduire à une réduction des émissions polluantes. Pour limiter ces émissions, il convient d'imposer le respect de normes raisonnables et applicables de qualité de l'air. Dans le cas des émissions industrielles, cela passe par la définition d'un cahier des charges pour les entreprises qui se créent et par un contrôle régulier des industries potentiellement polluantes. En matière de circulation la réglementation s'appuiera d'une part sur un meilleur contrôle des flux de circulation et des modes de transport et d'autre part sur des mesures visant à réduire les émissions polluantes produites par les véhicules grâce à des contrôles réguliers de leur entretien, l'équipement de dispositifs adaptés ou la mise sur le marché de carburants peu polluants.

Si la réglementation en matière de pollution atmosphérique est inévitable pour imposer un minimum de règles à respecter, encore faut-il qu'elle soit applicable. Dans les pays du sud comme nous l'avons dit au début, l'industriel ou le propriétaire d'un véhicule a des moyens limités qui le conduisent à réaliser des investissements à moindre coût ou à pousser son véhicule jusqu'à ses extrêmes limites puisqu'il n'a pas les moyens d'en acheter un

autre. C'est pourquoi les spécialistes de Santé Publique environnementalistes doivent en priorité proposer aux collectivités locales et territoriales des objectifs réalistes : objectifs à court terme tels que des actions pilotes de sensibilisation au problème de la pollution atmosphérique, objectifs à plus long terme reposant sur un aménagement de l'espace urbain intégrant le contrôle des nuisances de la qualité de l'air.

Les pays du sud sont aujourd'hui confrontés à un triple défi : contribuer au progrès économique de la population, garder la maîtrise de leur développement, intégrer la protection de la qualité de l'air parmi les éléments prioritaires de ce développement. Certains, avec les ressources limitées dont ils disposent, seraient tentés de choisir entre ces différents défis et il est vraisemblable que la protection de la qualité de l'air ne serait pas choisie en priorité en raison des investissements en hommes et en moyens qu'elle implique. Les pays du nord se sont déjà trouvés confrontés, il y a trente ans, à ce choix difficile. Dans ces pays, il a fallu du temps pour convaincre les industriels que certaines sources énergétiques ou les rejets dans l'atmosphère de certaines entreprises industrielles pouvaient présenter un risque pour la santé respiratoire des populations exposées et qu'il était de leur intérêt à terme de soutenir les politiques de défense de la qualité de l'air. C'est pourquoi la lutte contre la pollution atmosphérique dans les villes du sud, n'a des chances de réussir que si elle est soutenue par un partenariat fort. Ce partenariat ne peut venir que des cités du nord qui disposent à la fois de l'expérience de l'antériorité des situations rencontrées au sud et des moyens financiers produits par leur fort potentiel économique. Un tel partenariat n'est pas une utopie s'il s'appuie sur des démarches réalistes dont les plus simples sont d'abord un partage d'expérience dans la surveillance de la qualité de l'air (réseaux de mesure) et une coopération dans la mesure épidémiologique des risques pour la santé.

Références

- 1 Reid D D. Environmental factors in respiratory disease. *Lancet* 1958; 1: 1237-1242.
- 2 Holland W W, Stone R W. Respiratory disorders in United States east coast telephone men. *Am J Epidemiol* 1965; 82: 92-101.
- 3 Lambert P M, Reid D D. Smoking, air pollution and bronchitis in Britain. *Lancet* 1970; 2: 853-857.
- 4 Groupe Cooperatif PAARC. Pollution atmosphérique et affections respiratoires chroniques ou à répétition. I - Méthodes et sujets. *Bull Eur Physiopath Resp* 1982; 18: 87-99.
- 5 Groupe Cooperatif PAARC. Pollution atmosphérique et affections respiratoires chroniques ou à répétition. II - Résultats et discussion. *Bull Eur Physiopath Resp* 1982; 18: 101-116.
- 6 Van der Lende R, De Kroon J P M, Tammeling G J, et al. Prevalence of chronic non specific lung disease in a non

- polluted area and in an air polluted area of the Netherlands. Ecology of chronic non specific respiratory diseases. In International Symposium September 7-8 1971, Warsaw, Poland: International Symposium, 1972.
- 7 Tattersfield A E. Air pollution: brown skies research. *Thorax* 1996; 51: 13-22.
 - 8 Otto G R. Respiratory exposure to air pollutants. In: Foster WM, ed. Air pollutant and the respiratory tract. New York, NY: Marcel Dekker, 1999: 374.
 - 9 Braun-Fahrlander C, Vuille J C, Sennhauser F H, et al. Respiratory health and long-term exposure to air pollutants in Swiss schoolchildren. SCARPOL Team. Swiss study on childhood allergy and respiratory symptoms with respect to air pollution, climate and pollen. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 1042-1049.
 - 10 Donaldson K, MacNee W. Potential mechanisms of adverse pulmonary and cardiovascular effects of particulate air pollution (PM10). *Int J Hyg Environ Health* 2001; 203: 411-415.
 - 11 Sunyer J. Urban air pollution and chronic obstructive pulmonary disease : a review. *Eur Respir J* 2001; 17: 1024-1033.
 - 12 Logan W. Mortality in the London fog incident. *Lancet* 1953; 1: 336-338.
 - 13 Pope C A. Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: Biologic mechanisms and who's at risk? *Environ Health Perspect* 2000; 108: 713-723.
 - 14 Zmirou D, Schwartz J, Saez M, et al. Time-series analysis of air pollution and cause-specific mortality. *Epidemiology* 1998; 9: 495-503.
 - 15 Zeghnoun A, Eilstein D, P S, et al. Surveillance des effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la mortalité en milieu urbain : résultats de l'étude de faisabilité dans 9 villes françaises. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2001; 49: 3-12.
 - 16 Dockery D W, Pope C A. Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Ann Rev Pub Health* 1994; 15: 107-132.
 - 17 Spix C, Anderson H R, Schwartz J, et al. Short-term effects of air pollution on hospital admissions of respiratory diseases in Europe: A quantitative summary of APHEA study results. *Arch Environ Health* 1998; 53: 54-64.
 - 18 Romieu I, Meneses F, Ruiz S, et al. Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154: 300-307.
 - 19 Medina S, Le Tertre A, Quenel P, et al. Air pollution and doctors' house calls : results from the ERPURS system for monitoring the effects of air pollution on public health in greater Paris, France, 1991-1995. *Environ Res* 1997; 75: 73-84.
 - 20 Zeghnoun A, Beaudou P, Carrat F, et al. Air pollution and respiratory drug sales in the city of Le Havre, France, 1993-1996. *Environ Res* 1999; 81: 224-230.
 - 21 Dockery D W, Pope III C A, Xu X, et al. An association between air pollution and mortality in six US cities. *N Engl J Med* 1993; 329: 1753-1759.
 - 22 Pope C A, Thun M J, Namboodiri M M, et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 669-679.
 - 23 Abbey D E, Nishino N, McDonnell W F, et al. Long-term inhalable particles and other air pollutants related to mortality in nonsmokers. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 373-382.
 - 24 Pope C A, Burnett R T, Thun M J, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287: 1132-1141.
 - 25 Zemp E, Elsasser S, Schindler C. Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study). *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 1257-1266.
 - 26 Kunzli N, Kaiser R, Medina S, et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795-801.
 - 27 Kerbachi R, Boughedaoui M, Koutai N, Lakki T. La pollution par les oxydes d'azote et l'ozone à Alger. *Pollution Atmosphérique* 1998; 158: 89-101.
 - 28 Aoudia T. Application d'un modèle de dispersion pour l'évaluation de la pollution atmosphérique au voisinage d'une décharge non contrôlée (cas de la décharge municipale de Oued Smar à Alger). *Pollution Atmosphérique* 1994; 144: 102-116.
 - 29 Oudjehane R, Laïd Y. Problématique de l'air en Algérie et impact sur la santé. *Algérie Santé* 2001; 5: 20-24.
 - 30 Nejari C, Mechakra-Tahiri S, Tessier J F. La pollution atmosphérique : qu'en est-il au Maroc ? *Pollution Atmosphérique* 2000; 165: 91-96.
 - 31 Chehab S. La problématique de la pollution atmosphérique au Liban : mieux appréhender les enjeux pour mieux agir. Actes du premier congrès Franco-Libanais Environnement et Santé Beyrouth 2-4 juin 1999. Beyrouth: Université Libanaise FSP, Université Bordeaux 2 (ISPED), 2000; pp 62-74.
 - 32 Nejari C, Bartal M, Boussagol C, et al. De la recherche à l'action. Agadir 6-7 avril 2001, 3ème colloque Franco-Marocain Santé Environnement : une expérience de partenariat dans la lutte contre la pollution atmosphérique. *Pollution Atmosphérique* 2001; 171: 391-398.
 - 33 Kojima M, Lovei M. Urban air quality management - coordinating transport, environment, and energy policies in developing countries. World Bank Technical Paper WTP 508. Washington, DC: World Bank, 2001.
 - 34 Wheeler D. Racing to the bottom : foreign investment and air pollution in developing countries. Policy Research Working Paper WPS2524. Washington, DC: World Bank, 2001.