

La pollution atmosphérique : qu'en est-il au Maroc ?

C. NEJJARI*, S. MECHAKRA-TAHIRI*, J.F. TESSIER**

Depuis les grands accidents survenus en Europe et en Amérique du Nord au milieu du siècle, les effets de la pollution atmosphérique sur la santé sont aujourd'hui reconnus. Ce risque démontré aussi bien par des études toxicologiques chez l'homme et l'animal que par des études épidémiologiques basées sur des populations [1-5] était jusqu'ici considéré comme essentiellement spécifique des pays les plus industrialisés.

En raison des progrès de l'industrialisation et du développement du parc automobile, le problème de la contamination de l'atmosphère par des substances chimiques à l'état gazeux ou d'aérosols et par des particules en suspension a désormais largement dépassé le cadre des pays riches. Il constitue actuellement l'une des premières préoccupations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). La Conférence mondiale sur l'environnement tenue au Brésil en 1992 sous l'égide des Nations Unies s'est fait l'expression de cette préoccupation.

Le développement économique du Maroc au cours de ces dernières années fait que ce pays risque de se trouver lui aussi désormais de plus en plus confronté à ce problème.

L'information reste encore limitée pour disposer d'une appréciation réelle de la situation du Maroc par rapport au phénomène de la pollution atmosphérique. Néanmoins il apparaît déjà possible d'avoir, à partir des données disponibles, un premier aperçu de ses principales caractéristiques et de son importance en milieu urbain.

Le défi à affronter par les pays en développement

Les problèmes posés par les nuisances de l'environnement et en premier lieu par la pollution atmosphérique n'ont été vraiment pris en considération qu'au cours des dernières années dans les pays

jusqu'ici peu industrialisés. D'autres problèmes paraissaient plus prioritaires aux pouvoirs publics, notamment dans le domaine des politiques de santé. Mais en raison d'une politique volontariste de nombre d'entre eux, le développement économique rapide, et parfois difficilement maîtrisé, a fait qu'aujourd'hui beaucoup de ces pays se trouvent confrontés aux problèmes de la pollution atmosphérique auxquels les pays industrialisés avaient déjà eu à faire face, mais de façon successive, ce qui leur avait permis d'adapter progressivement leurs réponses aux problèmes rencontrés.

D'un côté, en effet, une politique d'industrialisation active a entraîné l'implantation en périphérie des grandes agglomérations d'entreprises génératrices d'emploi et moteurs du développement mais en contrepartie, pour beaucoup d'entre elles, potentiellement polluantes et insuffisamment surveillées. La difficulté de trouver des investisseurs rend difficile pour les pouvoirs publics de ces pays d'exiger de ces derniers la construction d'établissements industriels propres et sans risques pour le personnel et les populations d'alentour. Cette situation se conjugue précisément avec l'accélération du phénomène de l'exode rural qui entraîne le développement d'un habitat mal contrôlé à la périphérie des grandes villes, ces quartiers étant le plus souvent situés dans la proximité immédiate des zones industrielles. De ce fait leurs occupants, appartenant le plus souvent aux classes défavorisées, sont particulièrement exposés aux risques pour la santé entraînés par les nuisances industrielles.

D'un autre côté, la concentration progressive des populations dans les grandes villes a eu une autre conséquence : le développement d'une circulation automobile intense, analogue aujourd'hui à celle des pays industrialisés. Malheureusement le parc automobile comporte beaucoup de véhicules anciens dont les émissions polluantes ne font pas encore l'objet de contrôles systématiques.

Situation spécifique au Maroc

La prise de conscience par l'État marocain des risques potentiels de la pollution atmosphérique sous les différents aspects qui viennent d'être rapidement évoqués, a provoqué la création d'un secrétariat

* Laboratoire de Biostatistiques-Épidémiologie. Département de Médecine Sociale, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Casablanca (Maroc).

** INSERM U330, ISPED Université Victor Segalen, Bordeaux 2 (France).

d'État à l'Environnement, rattaché au ministère de l'Équipement, dont la mission est de poser les bases nationales d'une politique globale de contrôle des nuisances. Pour appuyer cette politique, un inventaire préalable est nécessaire. Le document de travail élaboré pour le XVI^e Congrès de la Société Marocaine des Sciences Médicales, qui s'est tenu à Rabat au mois de décembre 1997, constitue un point de départ pour mener un tel travail. Les auteurs de ce rapport y ont dressé en effet un constat sans fard des problèmes qui se posent au Maroc dans les divers secteurs de l'environnement. On y trouve déjà un certain nombre d'informations importantes concernant le domaine spécifique de la pollution atmosphérique.

Sur le plan urbanistique et démographique, les auteurs du rapport soulignent une caractéristique de l'environnement marocain qui leur paraît de nature à concentrer les risques en matière de nuisances de l'environnement. En raison du fort exode rural, la population tend de plus en plus à se concentrer au nord du pays dans les grandes agglomérations du littoral atlantique. Alors qu'en 1982, 9,4 millions de personnes vivaient dans ces villes, en l'an 2000 15 millions y résideront – soit 50 % de la population du Maroc. Par ailleurs le recensement réalisé en 1989 par le ministère de l'Habitat confirme la précarité de l'habitat à la périphérie des grandes agglomérations, avec 23 % de la population vivant dans des bidonvilles et plus de 10 % de la population qui partage un logement avec d'autres ménages. 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 1,9 % du PIB [6].

Les rejets de SO₂ et de particules constituent deux indicateurs fiables pour évaluer le niveau atteint

par les nuisances d'origine industrielle et domestique. Selon les sources citées dans le rapport de la Société Marocaine des Sciences Médicales (Sources ECODIT, ministère de l'Industrie et des Mines 1994, Tableau 1), les rejets de SO₂ par l'industrie sont passés de 129 milliers de tonnes par an en 1982 à 180 milliers de tonnes par an 10 ans plus tard ; on estime qu'ils atteindront un niveau de 300 milliers de tonnes par an en 2005. Les émissions particulières d'origine industrielle sont passées pour leur part de 7 en 1982 à 10 milliers de tonnes en 1992 et devraient atteindre 17 milliers de tonnes en 2005. Les rejets d'oxydes d'azote sont en comparaison beaucoup plus faibles (5 milliers de tonnes en 1992).

Il existe un grand nombre d'industries polluantes au Maroc : unités de transformation des phosphates (premier pays producteur et exportateur au monde), centrales thermiques, raffineries, industries chimiques, aciéries, industries du caoutchouc, du verre, du plastique... Dans la plupart d'entre elles, il n'existe aucun contrôle spécifique des polluants et un certain nombre de ces installations industrielles sont obsolètes. Plus de 50 % de l'activité industrielle du Maroc se concentre aujourd'hui dans la conurbation de Casablanca, qui constitue avec plus de 3 millions d'habitants la plus grande agglomération urbaine du pays et qui ne cesse de s'étendre en raison de l'importance de l'exode rural. Les populations les plus pauvres viennent s'établir à la périphérie de la ville au voisinage immédiat des implantations industrielles et, de ce fait, directement au contact des émissions polluantes.

Autre difficulté rencontrée par le Maroc : la circulation automobile, qui a connu une très rapide augmentation au cours de la dernière décennie (Figure 1). On peut estimer que dans les villes, la circulation urbaine est actuellement responsable de

Tableau 1.
Évolution des rejets gazeux (en milliers de tonnes par an).
Source de pollution et année (source : ECODIT).

	SO ₂	NO _x	MES*	Plomb
Industries				
1982	129	5	7	ND
1992	180	7	10	ND
2005	301	12	17	ND
2020	540	21	30	ND
Transports				
1982	13	203	8	0,26
1992	21	316	13	0,30
2005	34	494	20	0,33
2020	46	672	26	0,35
Total				
1982	142	208	15	0,26
1992	201	323	23	0,30
2005	335	506	37	0,33
2020	586	693	56	0,35

MES : Matière en suspension.

50 à 75 % de la pollution de l'air car il y existe une circulation très dense, la température y est plus élevée et les vents sont plus faibles. Une autre caractéristique de la circulation automobile au Maroc tient au fait que le parc automobile marocain a vieilli (80 % du parc automobile a plus de 10 ans) et que la motorisation de type diesel y est de plus en plus importante (46 % actuellement). Les émissions de NO_x par ces véhicules constituent un indicateur spécifique pour évaluer les rejets dus aux transports. Selon les sources déjà citées (Calcul d'ECODIT, ministère de l'Industrie et des Mines 1994), les rejets de NO_x ayant pour origine les transports sont passés de 203 en 1982 à 316 milliers de tonnes par an en 1992 et devraient plus que doubler en 2005 (494 milliers de tonnes). La part de la pollution particulaire d'origine automobile passerait elle de 13 milliers de tonnes en 1992 à 20 milliers de tonnes en 2005).

La mesure des niveaux de pollution atmosphérique

L'importance de ces estimations indirectes qui révèlent l'augmentation constante des rejets industriels et des transports (la part des émissions domestiques étant plus difficile à déterminer) justifie pleinement la mise en place de réseaux de surveillance de la pollution atmosphérique. Seule la présence de capteurs au voisinage des zones industrielles à risque ou des

principaux axes de circulation est susceptible de fournir une mesure réelle des niveaux atteints dans l'atmosphère par les principaux polluants atmosphériques. Elle pourra permettre de surcroît de distinguer la pollution de fond de la pollution de proximité au voisinage de sources fixes ou mobiles particulièrement polluantes. À cet égard un document récemment publié par le ministère de l'Équipement (Direction de la Météorologie) apporte une première réponse au souhait exprimé par le secrétaire d'État à l'Environnement lors du Colloque « Santé dans la ville » organisé le 21 novembre 1998 au siège de la Wilaya du Grand Casablanca. Ce rapport présente, sous forme de tableaux et de courbes, les principaux résultats d'une campagne de mesures de la pollution atmosphérique effectuées par le Laboratoire public d'essais et d'études dans quatre sites représentatifs de l'agglomération urbaine du Grand Casablanca.

Réalisées sur un cycle de 12 mois (1997-1998) dans des quartiers sociologiquement et géographiquement contrastés, ces mesures ont porté sur un large éventail de marqueurs : polluants gazeux (SO_2 , CO , NO_x , O_3 , composés organiques volatils), particules en suspension et métaux lourds (plomb et cadmium) représentatifs des différentes sources d'émissions aussi bien fixes que mobiles. Les mesures ont été effectuées par des analyseurs automatiques sur un cycle de 12 mois avec une fréquence de 20 jours, 24 h/24 h par site et par saison. Les polluants gazeux ont été mesurés de

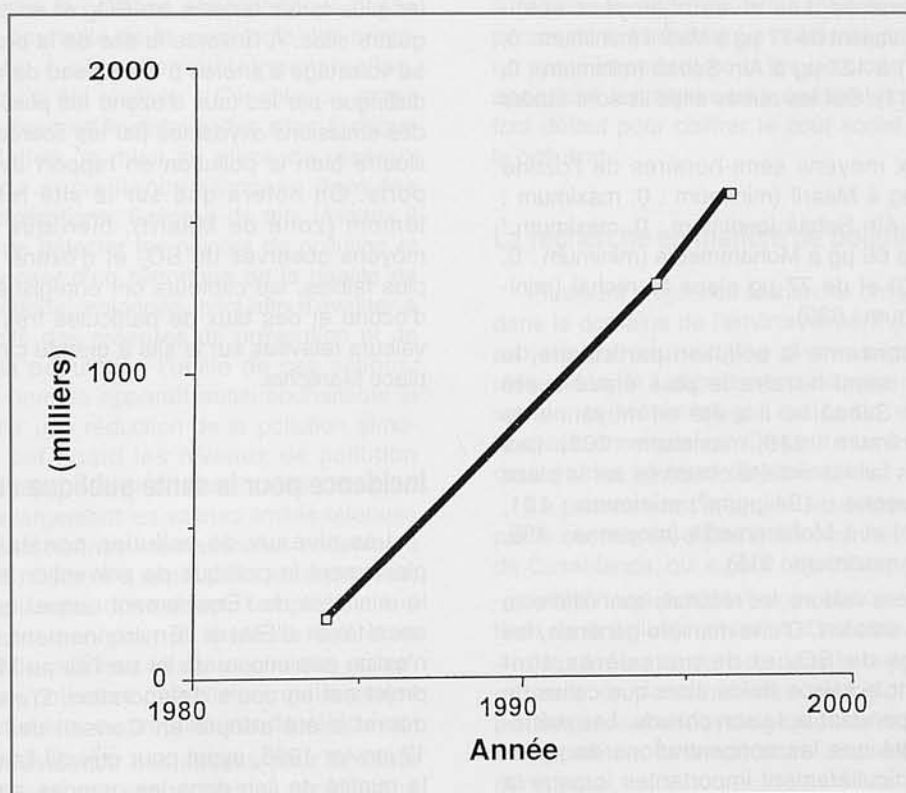


Figure 1.
Nombre de véhicules en circulation au Maroc.

Tableau 2.
Moyenne et maximums des niveaux de pollution ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans quatre zones de la Wilaya du Grand Casablanca (d'après LPEE, 1999).

	Aïn Sebaâ		Mohammedia		Maarif		Place Maréchal	
	moy	max	moy	max	moy	max	moy	max
SO ₂	127	3 811	80	954	77	457	82	586
NO _x	36	402	62	725	31	256	38	630
Poussières	363	700	195	315	219	376	194	471
O ₃	99	415	66	410	58	619	77	630

Aïn Sebaâ : zone industrielle.

Mohammedia : zone industrielle et haut niveau de trafic automobile.

Maarif : zone résidentielle.

Place Maréchal : centre-ville à trafic automobile dense.

manière continue. Les poussières et les métaux lourds ont été mesurés de manière discontinue à raison d'une mesure moyenne de 2 h par 3 jours.

Quatre secteurs avaient été choisis : la place Maréchal, représentative d'une pollution de proximité liée au trafic automobile ; le site d'Aïn Sebaâ, représentatif d'une zone industrielle ; le site de Mohammedia, représentatif d'un secteur potentiellement exposé à une pollution mixte. Enfin le site de Maarif avait été retenu comme zone témoin représentative d'un quartier résidentiel.

Le tableau 2 rassemble, pour les principaux polluants mesurés, les valeurs moyennes et maximales semi-horaires. Les niveaux moyens semi-horaires du SO₂ varient de 77 μg à Maarif (minimum : 0, maximum : 457) à 127 μg à Aïn Sebaâ (minimum : 0, maximum : 3 811). Sur les autres sites ils sont autour de 80 μg .

Les niveaux moyens semi-horaires de l'ozone varient de 58 μg à Maarif (minimum : 0, maximum : 619) à 99 μg à Aïn Sebaâ (minimum : 0, maximum : 415). Ils sont de 66 μg à Mohammedia (minimum : 0, maximum : 410) et de 77 μg place Maréchal (minimum : 0, maximum : 630).

En ce qui concerne la pollution particulaire, le niveau moyen semi-horaire le plus élevé a été constaté à Aïn Sebaâ où il a été en moyenne de 363 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (minimum : 146, maximum : 700). Les niveaux les plus faibles ont été observés sur la place Maréchal (moyenne : 194 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, minimum : 101, maximum : 471) et à Mohammedia (moyenne : 195, minimum : 121, maximum : 315).

Pour toutes ces valeurs, les résultats sont différents en fonction des saisons. D'une manière générale, les concentrations de SO₂ et de poussières sont élevées pendant la saison froide alors que celles de l'ozone le sont pendant la saison chaude. Les métrologistes ont noté que les concentrations de poussières sont particulièrement importantes lorsque la couche de mélange est basse. Nous donnons, à titre d'exemple, les résultats des mesures de SO₂

réalisées à des dates différentes dans la zone industrielle d'Aïn Sebaâ (Figure 2, p. 95).

Bien qu'effectuées sur une période de temps limitée, ces premières mesures, réalisées sur des sites représentatifs de la mégapole de Casablanca où se concentre 1/6^e de la population du Maroc, confirment les estimations indirectes des émissions polluantes et démontrent clairement la réalité de la pollution atmosphérique au Maroc en milieu urbain à forte densité de population. Les résultats des mesures effectuées dans la zone d'Aïn Sebaâ sont typiques d'une pollution d'origine industrielle : il s'agit d'une pollution de caractère acido-particulaire avec les plus fortes teneurs en SO₂ et en particules des quatre sites. À l'inverse le site de la place Maréchal, au voisinage d'artères à fort niveau de circulation, se distingue par les taux d'ozone les plus élevés (reflet des émissions oxydantes par les sources mobiles) et illustre bien la pollution en rapport avec les transports. On notera que sur le site retenu comme témoin (zone de Maarif), bien que les niveaux moyens observés de SO₂ et d'ozone aient été les plus faibles, les capteurs ont enregistré des pointes d'ozone et des taux de particules très proches des valeurs relevées sur le site à grande circulation de la place Maréchal.

Incidence pour la santé publique au Maroc

Les niveaux de pollution constatés justifient pleinement la politique de prévention entreprise par le ministère de l'Équipement auquel est rattaché le secrétariat d'État à l'Environnement. À ce jour, il n'existe pas encore de loi sur l'air au Maroc mais un projet est en cours d'élaboration. D'ores et déjà un décret a été adopté en Conseil des ministres le 17 janvier 1998, ayant pour objectif l'amélioration de la qualité de l'air dans les grandes agglomérations urbaines et la réduction de l'impact de la pollution de l'air sur la santé de l'homme.

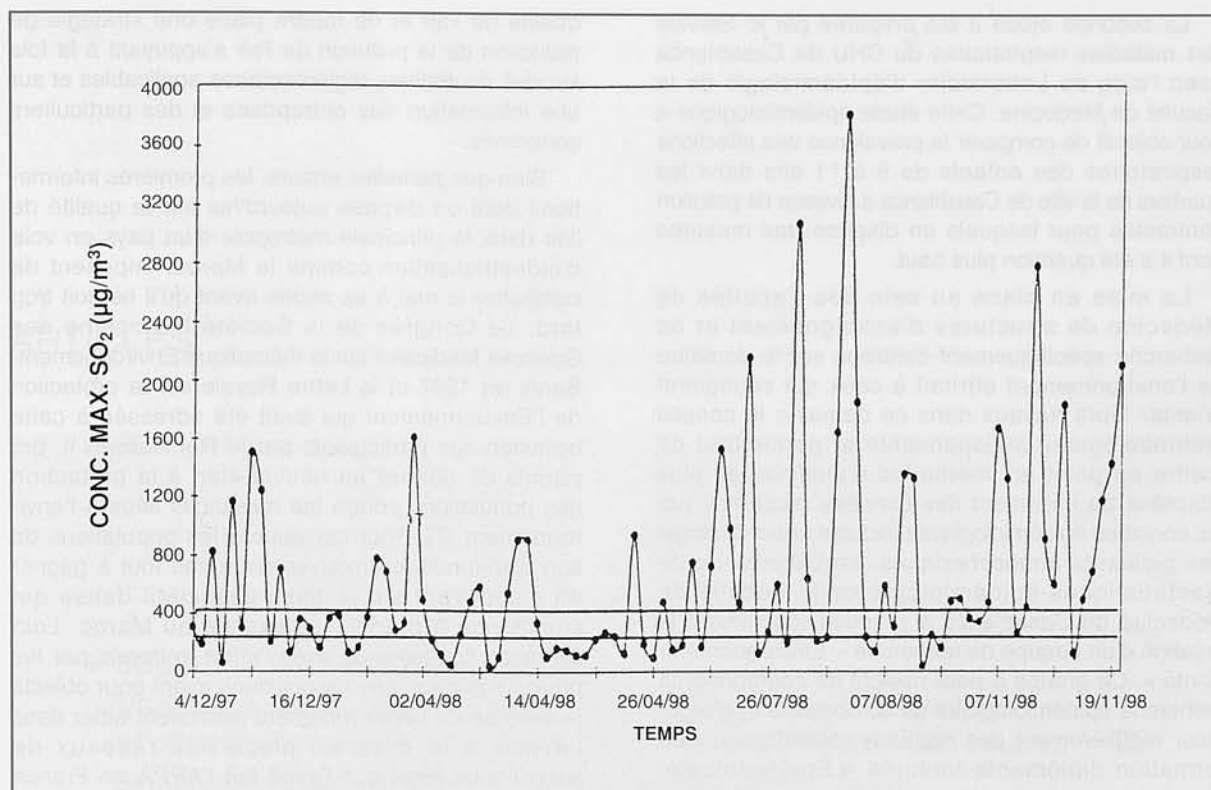


Figure 2.

Concentrations maximales en dioxyde de soufre (SO_2) relevées sur le site industriel d'Aïn Sebaâ (Casablanca) au cours de la campagne de mesures effectuée de décembre 1997 à novembre 1998.

(Sources : ministère marocain de l'Équipement, Direction de la Météorologie nationale : LPPE).

La lutte contre la pollution atmosphérique passe d'abord par la poursuite de la métrologie des principaux polluants. À côté d'enquêtes ponctuelles, comme celle qui a été réalisée à Casablanca, et qui permettent un premier inventaire des sites à risque pour la population, la mise en place de réseaux permanents de surveillance s'impose dans les grandes agglomérations. Grâce à de tels réseaux il sera possible de détecter les pointes de pollution et surtout de disposer d'un historique de la qualité de l'air sur une période prolongée, ceci afin d'évaluer à terme l'efficacité des mesures de prévention et de démontrer à la population l'utilité de ces actions. L'adoption de normes apparaît aussi souhaitable si l'on veut obtenir une réduction de la pollution atmosphérique. À cet égard les niveaux de pollution relevés sur certains des sites mentionnés plus haut dépassent très largement les valeurs limites retenues par les principales normes internationales, notamment celles de l'OMS. Pour être applicables et respectées, des normes nationales doivent tenir compte à la fois des risques encourus pour la santé au-delà d'un certain niveau de pollution et des contraintes acceptables par les « pollueurs potentiels » qu'ils soient industriels, particuliers ou propriétaires de véhicules.

La mise en évidence des risques pour la santé entraînés par la pollution atmosphérique constitue un argument de poids pour faire accepter par l'opinion les mesures législatives ou réglementaires destinées

à réduire la pollution atmosphérique. Dans cette perspective, la recherche médicale peut représenter un appui important pour les pouvoirs publics en lui apportant les arguments épidémiologiques qui lui font défaut pour chiffrer le coût social et médical de la pollution.

La recherche en matière de pollution de l'air

Plusieurs projets de recherche ont déjà été lancés dans le domaine de l'environnement et la santé. Ces projets ont pour origine divers organismes : les universités, le Laboratoire public des études et des essais, la Météorologie nationale et les Centres hospitalo-universitaires. On peut citer à titre d'exemple deux études en cours de réalisation.

La première est le projet Casa-Airpol commandité par le secrétariat d'État à l'Environnement et le CHU de Casablanca, qui a pour objectifs spécifiques :

- d'établir une éventuelle corrélation entre les variations de la pollution et celles d'indicateurs sanitaires ;
- d'étudier les tendances dans le temps de ces indicateurs en fonction des aéropolluants et de paramètres météorologiques tels que le degré d'hygrométrie, la température ambiante et les vents dominants ;
- de créer un modèle national de la surveillance éco-épidémiologique de l'impact sanitaire de la pollution.

La seconde étude a été préparée par le Service des maladies respiratoires du CHU de Casablanca avec l'aide du Laboratoire d'épidémiologie de la Faculté de Médecine. Cette étude épidémiologique a pour objectif de comparer la prévalence des affections respiratoires des enfants de 9 à 11 ans dans les quartiers de la ville de Casablanca à niveaux de pollution contrastés pour lesquels on dispose des mesures dont il a été question plus haut.

La mise en place au sein des Facultés de Médecine de structures d'enseignement et de recherche spécifiquement centrées sur le domaine de l'environnement offrirait à ceux qui souhaitent orienter leurs travaux dans ce domaine le conseil méthodologique indispensable et permettrait de mettre au point les méthodes d'analyse les plus adaptées au traitement des données recueillies par les enquêtes épidémiologiques incluant une métrologie des polluants atmosphériques. Le Laboratoire de biostatistiques-épidémiologie de la Faculté de Médecine de Casablanca a proposé récemment la création d'un Groupe de recherche « Environnement-Santé ». Ce groupe a pour objectif de coordonner la recherche épidémiologique en ce domaine et d'organiser régulièrement des réunions scientifiques. Une formation diplômante intitulée « Épidémiologie, Environnement et Hygiène » démarrera en l'an 2000 et concernera en priorité les médecins hygiénistes des communes de l'agglomération de Casablanca.

Conclusion

Dans une course incessante vers la rentabilité économique, et devant les impératifs de la concurrence, la préservation de l'environnement et du bien-être des populations ne semble pas constituer un souci majeur pour les industriels dont le but essentiel est de produire des biens et des services que le public réclame. En revanche, il est de la responsabilité des pouvoirs publics de surveiller la

qualité de l'air et de mettre place une stratégie de réduction de la pollution de l'air s'appuyant à la fois sur des contraintes réglementaires applicables et sur une information des entreprises et des particuliers concernés.

Bien que partielles encore, les premières informations dont on dispose aujourd'hui sur la qualité de l'air dans la principale métropole d'un pays en voie d'industrialisation comme le Maroc, imposent de combattre le mal à sa racine avant qu'il ne soit trop tard. Le Congrès de la Société Marocaine des Sciences Médicales sur la thématique Environnement-Santé en 1997 et la Lettre Royale sur la protection de l'Environnement qui avait été adressée à cette occasion aux participants par le Roi Hassan II, ont permis de donner un nouvel élan à la protection des populations contre les nuisances liées à l'environnement [7]. Pour convaincre les populations de son bien-fondé, ce mouvement aurait tout à gagner en s'appuyant sur le tissu associatif dense qui commence à prendre naissance au Maroc. Loin d'être en concurrence avec l'effort entrepris par les pouvoirs publics, ces associations ayant pour objectif la défense de l'environnement pourraient aider dans l'avenir à la mise en place des réseaux de surveillance ainsi que l'avait fait l'APPA en France dès les années 60. Qui plus est, de telles associations permettraient de jouer un rôle de relais entre les populations et les pouvoirs publics pour faire mieux saisir aux uns et aux autres les enjeux en cause face au fléau de la pollution atmosphérique.

Remerciements

Nous remercions particulièrement la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) et le Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes (LPEE) du Maroc de nous avoir permis de disposer des données des mesures réalisées sur l'agglomération de Casablanca.

Références

1. Archer VE. Air pollution and fatal lung disease in three Utah Counties. *Arch Environ Health* 1990 ; 45 : 325-34.
2. Bobak M, Leon DA. Air pollution and infant mortality in the Czech republic. 1986-1988. *Lancet* 1992 ; 340 : 1010-4.
3. Borgia P, Forastiere R, Rapiti E, Rizelli R, Magliola ME, Perucci CA, Axelson O. Mortality among taxi drivers in Rome : a cohort study. *Am J Ind Med* 1994 ; 25 : 507-17.
4. Derrien F, Richardson S, Mollie A, Lellouch J. Short-term effects of sulphur dioxide pollution on mortality in two French cities. *Int J Epidemiol* 1989 ; 18 : 186-97.
5. Dockery DW, Pope CA, Xu X, et al. An association between air pollution and mortality in six US cities. *N Eng J Med* ; 1993 : 1753-9.
6. Iraqi A, Lardi M, Nejari C, Mehadji BA, Khaiz, El Meziane A. Santé et Environnement pour soutenir le développement. Document de travail. Société Marocaine des Sciences Médicales, Rabat, 10-12 décembre 1997 : 32 p.
7. Lettre Royale. Congrès National « Environnement et Santé ». Rabat, 10-12 décembre 1997.