



REÇU LE 13 janvier 1998

- 6 FEV 1998

Centre Européen

## ÉTUDE

### IMPACT SUR LA SANTÉ DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE EN MILIEU URBAIN : SYNTHESE DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE APHEA (AIR POLLUTION AND HEALTH: A EUROPEAN APPROACH)

Philippe QUÉNEL<sup>1</sup>, Denis ZMIROU<sup>2</sup>, Sylvia MEDINA<sup>1-3</sup>, Alain LE TERTRE<sup>1-3</sup>, Franck BALDUCCI<sup>2</sup>,  
Yvon LE MOULLEC<sup>4</sup>, Philippe RITTER<sup>5</sup>, Taghi BARUMANDZADEH<sup>6</sup>, William DAB<sup>7</sup>

#### PRÉAMBULE

Nous présentons ici une synthèse, pour les agglomérations de l'Europe de l'Ouest, des principaux résultats de six méta-analyses réalisées dans le cadre de l'étude APHEA et qui ont déjà été publiées par ailleurs [1,2,3,4,5,6].

#### INTRODUCTION

Dès les années 1950-1960, des enquêtes épidémiologiques avaient clairement montré l'existence d'une augmentation de la mortalité respiratoire et cardio-vasculaire lors d'épisodes de pollution caractérisés par des niveaux très élevés de polluants acido-particulaires (particules en suspension et dioxyde de soufre -SO<sub>2</sub>- notamment). Ces études ont été à l'origine des premières mesures réglementaires de contrôle des émissions des polluants atmosphériques, comme le Clean Air Act qui fut adopté au Royaume-Uni en 1957 ou la loi relative à la pollution atmosphérique votée en France en 1961. Suite à ces mesures, dans la majorité des pays industrialisés occidentaux et, plus particulièrement en France avec le développement du programme électronucléaire dans les années 1970, les niveaux de pollution atmosphérique de SO<sub>2</sub> et de particules en suspension liés aux émissions résultant d'installations fixes de combustion (activités industrielles et chauffage domestique) ont fortement diminué.

Néanmoins, au cours des années 1980-1990, de nombreuses publications scientifiques, essentiellement nord-américaines, ont montré que des niveaux modérés ou faibles de pollution atmosphérique avaient un impact à court terme sur la santé. De plus, le retentissement de la pollution photo-oxydante d'été (oxydes d'azote -NOx- et ozone -O<sub>3</sub>-) a été également mis en évidence par des études épidémiologiques. Ces résultats sont à mettre en rapport avec l'évolution des sources de pollution atmosphérique en milieu urbain, où les transports automobiles représentent désormais la principale source de production des polluants, notamment particulaires et photo-oxydants.

Jusqu'à présent, très peu d'études avaient été menées en Europe. C'est dans ce contexte que l'étude APHEA (Air Pollution and Health: a European Approach) a été menée. Son objectif était de fournir des estimations quantitatives des effets à court terme sur la santé de la pollution atmosphérique en milieu urbain, et de contribuer à la révision, au plan international, des valeurs limites d'exposition.

#### MATÉRIEL ET MÉTHODES

9 agglomérations de l'Europe de l'Ouest (Amsterdam, Athènes, Barcelone, Cologne, Helsinki, Londres, Lyon, Milan, Paris, Rotterdam) contrastées du point de vue socio-démographique, du climat, des conditions géographiques et de la pollution atmosphérique (de par la nature des polluants et des niveaux ambients) ont participé à l'étude. Dans chacune d'elle, une étude écologique temporelle rétrospective a été menée sur une période d'étude, variable selon les agglomérations, comprise entre 1977 et 1992. Ce type d'étude consiste à étudier l'association, au jour le jour, entre des indicateurs de pollution caractérisant l'exposition de la population et des indicateurs de mortalité et de morbidité hospitalière caractérisant son état de santé [7].

Les indicateurs de pollution ont été construits à partir des données recueillies par les réseaux publics de surveillance de la qualité de l'air. Les indicateurs retenus dans cette étude sont les particules en suspension (mesurées par la méthode des fumées noires -FN-), le SO<sub>2</sub>, le dioxyde d'azote : (NO<sub>2</sub>) et O<sub>3</sub>.

Les données de mortalité journalière ont été obtenues auprès des registres nationaux de décès. Seuls les décès concernant les personnes domiciliées dans la zone d'étude et survenant dans celle-ci ont été pris en compte. Les indicateurs étudiés sont la mortalité totale (causes accidentelles exclues), la mortalité pour cause respiratoire (CIM-9 codes 460-519) et la mortalité pour cause cardio-vasculaire (CIM-9 codes 390-429).

Les données de morbidité ont été recueillies, selon les pays, soit auprès des registres nationaux, soit auprès de systèmes de collecte opérant au niveau local ou municipal. Les indicateurs étudiés sont les admissions hospitalières en rapport avec une affection respiratoire (CIM-9 460 - 519) chez les adultes (15-64 ans) et les personnes âgées de plus de 65 ans, les admissions hospitalières pour crise d'asthme (CIM-9 493) chez les enfants (0-14 ans) et les adultes (15-64 ans), et les admissions pour broncho-pneumopathie chronique obstructive (CIM-9 490 - 492 et 496) tous âges et pour les personnes âgées de plus de 65 ans.

L'analyse des données a été réalisée dans chacune des agglomérations selon un protocole commun standardisé mais suffisamment « souple » pour permettre la prise en compte des caractéristiques locales. Ce protocole a reposé sur une analyse temporelle des indicateurs de pollution et de santé, utilisant une régression de Poisson, et permettant de contrôler les variations temporelles à long terme, les variations périodiques saisonnières et hebdomadaires, les épidémies de grippe, les événements inhabituels et les variations météorologiques. Les résultats obtenus dans chacune des agglomérations ont ensuite fait l'objet d'une méta-analyse. Ceux-ci sont exprimés sous forme de risques relatifs (RR) calculés pour une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> du niveau moyen journalier (moy-24h) ou de la valeur horaire maximale (max-1h) selon l'indicateur de pollution considéré.

#### RÉSULTATS

Les 9 agglomérations de l'Europe de l'Ouest qui ont participé à l'étude couvrent au total une population moyenne de 22 millions d'habitants. Dans la majorité de ces agglomérations, pour les niveaux de pollution rencontrés et avec la méthodologie d'analyse mise en œuvre, la forme de la relation observée entre les indicateurs de pollution et les indicateurs de santé est de type linéaire sans seuil.

(1) Réseau national de Santé publique, Saint-Maurice.

(2) Université Joseph-Fourier, Grenoble.

(3) Observatoire régional de Santé d'Île-de-France, Paris.

(4) Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris.

(5) Laboratoire d'écologie urbaine de la ville de Lyon.

(6) LABSAD, Université Pierre Mendès-France, Grenoble.

(7) Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique, Paris.

Mots clés : Épidémiologie, Méta-analyse, Pollution atmosphérique, Santé publique.

En ce qui concerne la mortalité totale, il a été estimé qu'une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> du niveau moyen journalier des indicateurs de pollution acidoparticulaire (FN et SO<sub>2</sub>) s'accompagne dans les jours suivants d'un excès de 3 % de la mortalité totale journalière. Pour les indicateurs de pollution photo-oxydante (NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>), cet excès varie entre 1 et 3 % (tabl. 1). Pour la mortalité spécifique, une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> du niveau des indicateurs de pollution s'accompagne d'un excès de 1 à 4 % de la mortalité cardiovasculaire et, à l'exception de l'indicateur NO<sub>2</sub>, de 4 à 5 % de la mortalité respiratoire (tabl. 2).

**Tableau 1. – Risques relatifs de la mortalité journalière totale pour une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> des niveaux de polluants dans les agglomérations de l'Europe de l'Ouest**

Polluants	Villes*	RR	IC 95%
FN moy-24h .....	4	1,03	1,02-1,04
SO <sub>2</sub> moy-24h.....	7	1,03	1,02-1,04
NO <sub>2</sub> max-1h.....	6	1,01	1,01-1,02
O <sub>3</sub> max-1h .....	4	1,03	1,01-1,05

\* Selon l'indicateur de pollution : Athènes, Barcelone, Cologne, Londres, Lyon, Milan, Paris.

**Tableau 2. – Risques relatifs de la mortalité journalière spécifique pour une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> des niveaux de polluants dans les agglomérations de l'Europe de l'Ouest**

Mortalité	Polluants	Villes*	RR	IC 95%
Cardio-vasculaire .....	FN moy-24h	4	1,02	1,01-1,04
	SO <sub>2</sub> moy-24h	5	1,04	1,01-1,06
	NO <sub>2</sub> max-1h	4	1,01	1,00-1,01
	O <sub>3</sub> max-1h	4	1,02	1,00-1,03
Respiratoire .....	FN moy-24h	4	1,04	1,02-1,07
	SO <sub>2</sub> moy-24h	5	1,05	1,03-1,07
	NO <sub>2</sub> max-1h	4	0,99	0,98-1,01
	O <sub>3</sub> max-1h	4	1,04	1,02-1,06

\* Selon l'indicateur de pollution : Barcelone, Londres, Lyon, Milan, Paris.

En ce qui concerne la morbidité hospitalière respiratoire, une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> du niveau des indicateurs de pollution s'accompagne d'un excès d'admissions hospitalières variant de 1 à 3 % chez les adultes ou les personnes âgées de plus de 65 ans (tabl. 3). Concernant les admissions hospitalières pour asthme, seul l'indicateur SO<sub>2</sub> est statistiquement associé à un excès d'admissions chez les enfants, de l'ordre de 8 % (tabl. 4). Enfin, une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> du niveau des divers indicateurs de pollution est associée à un excès de 1 à 4 % des admissions hospitalières pour broncho-pneumopathie chronique obstructive (tabl. 5).

**Tableau 3. – Risques relatifs d'admissions hospitalières pour affections respiratoires pour une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> des niveaux de polluants dans les agglomérations de l'Europe de l'Ouest**

Polluants	Villes*	RR et IC 95 % 15-64 ans	RR et IC 95 % > 65 ans
FN moy-24h .....	4	1,03 (1,01-1,05)	1,02 (0,99-1,05)
SO <sub>2</sub> moy-24h.....	5	1,01 (0,99-1,03)	1,02 (1,00-1,05)
NO <sub>2</sub> max-1h.....	4	1,00 (0,99-1,01)	1,01 (0,99-1,03)
O <sub>3</sub> max-1h .....	4	1,02 (1,00-1,03)	1,03 (1,02-1,05)

\* Selon l'indicateur de pollution : Amsterdam, Londres, Milan, Paris, Rotterdam.

**Tableau 4. – Risques relatifs d'admissions hospitalières pour asthme pour une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> des niveaux de polluants dans les agglomérations de l'Europe de l'Ouest**

Polluants	Villes*	RR et IC 95 % 0-14 ans	RR et IC 95 % 15-64 ans
FN moy-24h .....	4	1,03 (0,99-1,08)	1,02 (0,99-1,06)
SO <sub>2</sub> moy-24h.....	4	1,08 (1,03-1,13)	1,00 (0,96-1,03)
NO <sub>2</sub> max-1h.....	4	1,01 (0,99-1,02)	1,01 (0,99-1,02)
O <sub>3</sub> max-1h .....	4	1,01 (0,98-1,04)	1,02 (0,96-1,08)

\* Selon l'indicateur de pollution : Barcelone, Helsinki, Londres, Paris.

**Tableau 5. – Risques relatifs d'admissions hospitalières pour BPCO\* pour une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> des niveaux de polluants dans les agglomérations de l'Europe de l'Ouest**

Polluants	Villes**	RR	IC 95%
FN moy-24h .....	5	1,04	1,01-1,06
SO <sub>2</sub> moy-24h.....	6	1,02	0,98-1,06
NO <sub>2</sub> max-1h.....	5	1,01	1,00-1,02
O <sub>3</sub> max-1h .....	5	1,03	1,01-1,05

\* BPCO = broncho-pneumopathie chronique obstructive.

\*\* Selon l'indicateur de pollution : Amsterdam, Barcelone, Milan, Londres, Paris, Rotterdam.

## DISCUSSION

Par rapport aux nombreuses études écologiques publiées dans ce domaine, le principal intérêt de ce travail est qu'il s'agit d'une mété-analyse menée de manière planifiée. De ce point de vue, les principales limites inhérentes à la mété-analyse comme les biais de publication ou de sélection ont été minimisées. De même, l'adoption d'un protocole standardisé pour le recueil des données, pour la construction d'indicateurs comparables d'exposition ou d'effets, et pour l'analyse statistique, a permis de réduire l'hétérogénéité habituellement observée entre des études menées de manière indépendante.

Néanmoins, un certain degré d'hétérogénéité persiste entre les agglomérations du fait, par exemple, d'une structure différente des réseaux de surveillance de la qualité de l'air. De même, les indicateurs de santé, en particulier de morbidité hospitalière, n'ont pas strictement la même « signification » du fait de systèmes de collecte de données sanitaires qui varient d'un pays à l'autre, ou du fait des caractéristiques générales du système de soins. Une des retombées majeures de ce travail a été ainsi de contribuer, dans chacune des agglomérations participant à l'étude, au développement d'une expertise épidémiométrologique permettant, par exemple, d'utiliser de manière plus appropriée (i.e. en termes d'exposition) les données produites en routine par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air.

Les résultats observés dans toutes les agglomérations, ainsi qu'au sein de chacune d'entre elles, montrent une cohérence et une forte stabilité. Globalement, les résultats de la mété-analyse sont du même ordre de grandeur quel que soit l'indicateur sanitaire. Cependant, lorsque l'on considère les résultats ville par ville (non présentés ici), les risques relatifs augmentent à mesure que l'on s'intéresse à des phénomènes de santé de plus en plus spécifiques et sensibles (par exemple, de la mortalité générale aux admissions hospitalières pour asthme) ou à des populations plus « réactives » comme les enfants ou les personnes âgées de plus de 65 ans. Ces résultats, observés dans des contextes très différents, ainsi que ceux des modèles multi-polluants (non présentés ici), plaident en faveur d'associations indépendantes entre les différents indicateurs de pollution et de santé. De plus, par rapport aux études nord-américaines essentiellement orientées sur l'étude de la pollution particulaire, l'étude APHEA a permis d'objectiver l'existence d'une association entre la mortalité à court terme et l'indicateur ozone. Elle a permis également de mettre en évidence la persistance d'effets délétères sur la santé pour de faibles niveaux de SO<sub>2</sub>. Enfin, les résultats de cette étude doivent amener les épidémiologistes à accorder davantage d'attention à l'indicateur NO<sub>2</sub> qui, en milieu urbain ambiant, est un bon reflet de la source automobile.

Enfin, malgré les risques relatifs faibles mis en évidence par cette étude, il faut garder à l'esprit que du fait de l'ubiquité de l'exposition aux polluants atmosphériques ambients et de la prévalence élevée de certaines affections, notamment cardio-vasculaires, ces excès de risque se traduisent au niveau de l'ensemble de la population par des risques attribuables non négligeables [8]. Ces risques, contrairement à l'interprétation qui en est faite le plus souvent, ne sont pas en rapport avec la survenue de pics de pollution mais résultent des variations journalières des niveaux de pollution atmosphérique de fond couramment observés en milieu urbain.

## CONCLUSION

Cette étude a permis de combler les lacunes sur les connaissances des liens existant à court terme entre la pollution atmosphérique et la santé en Europe et, en France, dans les agglomérations lyonnaise et parisienne. Dans toutes les agglomérations de l'Europe de l'Ouest, mais aussi dans certaines agglomérations de l'Est (résultats non présentés ici), des excès de risque en terme de mortalité et de morbidité cardio-respiratoire ont été mis en évidence pour des niveaux de pollution inférieurs aux seuils définis dans les directives européennes. Par ailleurs, ces risques relatifs estimés sur le court terme sont du même ordre de grandeur que ceux estimés pour le long terme.

Ces résultats ont été pris en compte par les groupes d'experts qui, actuellement, travaillent à la révision des directives européennes. Ils justifient également la poursuite des efforts de prévention et la nécessité de continuer la surveillance pour en évaluer les bénéfices sanitaires.

Reposant sur une approche écologique, cette étude ouvre la voie de la surveillance épidémiologique des effets sur la santé liés à la pollution. En Île-de-France, cette surveillance a été mise en place en 1995 dans le cadre du programme ERPURS [9]. La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie ayant introduit l'obligation de surveiller les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique, il convient maintenant de préciser le contenu, les modalités et les conditions d'une telle surveillance au niveau national. Depuis début 1997, une étude multicentrique coordonnée par le Réseau national de Santé publique a été lancée dans 9 agglomérations françaises afin de définir au plan national et local les modalités de cette surveillance [10].

**Financement :** Le projet APHEA a bénéficié d'un financement de l'Union européenne, DG XII, Programme « Environnement » 1991-1994 (contrat n° EV5VCT92-0202; responsable scientifique : Dr C Nolan).

**Le groupe APHEA est constitué de :** K. Katsouyanni (Coordinatrice); G. Touloumi, E. Samoli (Grèce, Centre de coordination) ; D. Zmirou, P. Ritter, T. Barmandzadeh, F. Balducci, G. Laham (**Lyon, France**) ; H.E. Wichmann, C. Spix (Allemagne) ; J. Sunyer, J. Castellsague, M. Saez, A. Tobias (Espagne) ; J.P. Shouten, J.M. Vonk, A.C.M. de Graaf (Pays-Bas) ; A. Pöntä (Finlande) ; H.R. Anderson, A. Ponce de Leon, R. Atkinson, J. Bower, D. Strachan, M. Bland (Royaume-Uni) ; W. Dab, P. Quénel, S. Medina, A. Le Tertre, B. Thélot, B. Festy, Y. Le Moullac, C. Monteil (**Paris, France**) ; B. Wojtyniak, P. Piekarzky (Pologne) ; M.A. Vigotti, G. Rossi, L. Bisanti, F. Repetto, A. Zanobetti (Italie) ; L. Bacharova, K. Fandakova (Slovaquie).

#### Bibliographie

- [1] KATSOUYANNI K, TOULOUMI G., SPIX C. et al. – **Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities : results from time series data from the APHEA project.** – *British Medical Journal*, 1997; 314 : 1658-1663.
- [2] TOULOUMI G., KATSOUYANNI K., ZMIROU D. et al. – **Short-term effects of ambient oxidants exposure on mortality : a combined analysis within the APHEA project.** – *American Journal of Epidemiology*, 1997; 146 : 177-185.
- [3] ZMIROU D., SCHWARTZ J., SAEZ M. et al. – **Time-series analysis of air pollution and cause-specific mortality : a quantitative summary in Europe (APHEA study).** – *Epidemiology*, 1998; soumis.
- [4] SPIX C., ANDERSON H.R., SCHWARTZ J. et al. – **Short-term effect of air pollution on hospital admissions of respiratory diseases in Europe : a quantitative summary of APHEA study results.** – *Archives of Environmental Health*, 1998; sous presse.
- [5] SUNYER J., SPIX C., QUENEL P. et al. – **Urban air pollution and emergency admissions for asthma in four European cities : the APHEA project.** – *Thorax*, 1997; 52 : 760-765.
- [6] ANDERSON H.R., SPIX C., MEDINA S. et al. – **Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities : results from the APHEA project.** – *European Respiratory Journal*, 1997; 10 : 1064-1071.
- [7] KATSOUYANNI K, SCHWARTZ J., SPIX C. et al. – **Short-term effects of air pollution on health : an European approach using epidemiologic time series data : the APHEA protocol.** – *Journal of Epidemiology and Community Health*, 1996; 50 : S12-S18.
- [8] QUENEL P., ZMIROU D., LE TERTRE A. et al. – **Impact de la pollution atmosphérique urbaine de type acido-particulaire sur la mortalité quotidienne à Lyon et dans l'agglomération parisienne.** – *Santé publique*, 1995; 4 : 363-376.
- [9] MEDINA S., LE TERTRE A., QUENEL P., LE MOULLEC Y. – **Évaluation de l'impact de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé en Île-de-France.** – ORS Île-de-France, Paris, novembre 1994; 104 pages.
- [10] QUÉNEL P., LE GOASTER C., CASSADOU C. et al. – **Surveillance des effets sur la santé de la pollution atmosphérique en milieu urbain : étude de faisabilité dans 9 villes françaises. Objectifs et principes.** – *Pollution atmosphérique*, 1998; sous presse.

B0021724

MONGOLIA'S NATIONAL

**Directeur de la publication :** P. J. MENARD – **Rédacteur en chef :** P. Élisabeth BOUDET  
**Rédaction :** D<sup>e</sup>s Jean-Baptiste BRUNET, Isabelle CAPEK, Sophie FEGUEUX, Corinne LEGOASTER, Agnès LEPOUTRE, Martine LEQUELLEC-NATHAN, Florence LOT, Vincent PIERRE, Isabelle REBIEIRI, Véronique VAILLANT. **Administration :** M. André CHAUVIN –  
**Secrétariat :** M<sup>e</sup> Hortense PINVILLE Direction générale de la Santé – Sous-direction de la Veille sanitaire Bureau VS 2 : 1, place de Fontenoy, 75350 Paris 07 SP  
Tél. : 01 40 56 49 95 – N° CPP : 2015 AD – N° INPI : 1 732 278 – ISSN 0245-7466

**Diffusion : LA DOCUMENTATION FRANÇAISE** - Service abonnements

124, rue Henri-Barbusse, 93308 AUBERVILLIERS CEDEX (France)  
Tél. +33 1 48 39 56 90 - Télex n° 31 48 39 56 91

Tel. : 01 48 39 56 00 - Telecopie : 01 48 39 56 01  
286 FF TTC Europe (I.U.E.) ; 320 FF TTC Europe (hors I.U.E.) et M

Tarif 1997 - France : 285 FF HT, Europe (U.E.) : 320 FF HT, Europe (hors U.E.) et Maghreb : 313,42 FF HT  
DOM/TOM et Pays R.P. (Régime Particulier : Pays de la Zone francophone d'Afrique  
(hors Maghreb et de l'Océan Indien), avion économique : 310 FF HT

pays, avion économique : 330 FF HT; suppl. par avion rapide 25 FF HT.

Autres pays, avion économique : 330 FF. 111; suppl. par avion rapide 25 FF. 111.