

# Dix ans de surveillance des risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique urbaine dans le cadre du Programme de surveillance air et santé (Psas)

Pascal Fabre<sup>1</sup>, Sophie Larrieu<sup>1</sup>, David Borrelli<sup>1</sup>, Sabine Host<sup>2</sup>, Benoit Chardon<sup>2</sup>, Edouard Chatignoux<sup>2</sup>, Hélène Prouvost<sup>3</sup>, Jean-François Jusot<sup>1</sup>, Laurence Pascal<sup>1</sup>, Myriam Blanchard<sup>1</sup>, Véréne Wagner<sup>1</sup>, Christophe Declercq<sup>1</sup>(c.declercq@invs.sante.fr), Sylvia Medina<sup>1</sup>, Daniel Eilstein<sup>1</sup>, Abdelkrim Zeghnoun<sup>1</sup>, Laurent Filleul<sup>1</sup>, Philippe Quenel<sup>1</sup>, Sylvie Cassadou<sup>1</sup>, Alain Le Tertre<sup>1</sup>, Agnès Lefranc<sup>1</sup>

1/ Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France

2/ Observatoire régional de santé d'Île-de-France, Paris, France

3/ Observatoire régional de la santé Nord Pas-de-Calais, Lille, France

## Résumé / Abstract

Le Programme de surveillance air et santé (Psas) a pour objectif la surveillance des effets sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine. Nous présenterons l'organisation et les principaux aspects méthodologiques sur lesquels se fonde ce dispositif national multicentrique de surveillance. Une revue des principaux travaux réalisés depuis sa mise en place illustrera la réactivité du programme face aux situations environnementales et au contexte scientifique ainsi que le rôle joué dans différents programmes européens sur le même thème.

## Ten years of monitoring health risks associated with urban air pollution in the context of the Air and Health Surveillance Program (PSAS)

The French air pollution and health surveillance system (PSAS) aims at monitoring the effects of air pollution on health. We present its organisation and methodological principles. A comprehensive review of the studies published by this program since its creation shows its reactivity in some specific environmental situations and in the current evolving scientific context, as well as its major role in some European air pollution and health surveillance systems.

## Mots clés / Key words

Pollution atmosphérique, système de surveillance sanitaire, santé environnementale, épidémiologie / Air pollution, health surveillance system, environmental health, epidemiology

## Contexte de la mise en place du Programme de surveillance air et santé

L'épisode exceptionnel de pollution atmosphérique survenu à Londres pendant l'hiver 1952 auquel on attribue environ 12 000 décès [1] représente l'événement déterminant pour la prise de conscience de l'existence d'effets de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé. Suite à cet événement, et à d'autres survenus auparavant (vallée de Donora, vallée de la Meuse...), des mesures de contrôle de la qualité de l'air ont été mises en œuvre conduisant à une diminution effective de la pollution acido-particulaire (émission notamment par la combustion du charbon et les sources industrielles) dans la plupart des grandes agglomérations des pays industrialisés. Paradoxalement, cette amélioration a conduit à occulter l'accroissement d'autres types d'émissions (liées au trafic routier notamment) et à laisser penser que la pollution atmosphérique ne représentait plus un problème de santé publique majeur (« *Air pollution is no more a public health problem* » Walter Holland, *International Journal of Epidemiology*, 1979). Cependant, à la fin des années 1980, l'application à ce domaine de méthodes statistiques innovantes a permis de mettre en évidence l'existence de liens significatifs entre les variations à court terme des niveaux de polluants atmosphériques et l'état de santé des populations, en dehors même d'épisodes exceptionnels de pollution.

En France, ces méthodes ont tout d'abord été appliquées pour l'agglomération parisienne dans le cadre du programme Erpurs (Évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé), piloté

par l'Observatoire régional de santé d'Île-de-France [2]. Les résultats de ce programme ont contribué à ce que la Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie de 1996 reconnaisse explicitement l'existence d'effets sanitaires de la pollution atmosphérique, notamment au travers du « droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé » (Code de l'environnement, article L 220-1). Cette loi indiquait en outre que « l'État assure [...] la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé ... » (article L 221-1). C'est dans ce contexte qu'a été initié en 1997 par le Réseau national de santé publique le Programme de surveillance air et santé (Psas). Aujourd'hui l'Institut de veille sanitaire (InVS) poursuit cette mission.

## Objectifs du Psas

Dans ce contexte, les objectifs du Psas étaient les suivants :

- estimer les risques sanitaires associés à l'exposition à la pollution atmosphérique et suivre leurs évolutions ;
- permettre la réalisation d'évaluations d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique notamment à l'échelle locale des agglomérations ;
- renforcer l'expertise locale dans le domaine des effets sanitaires de la pollution atmosphérique ;
- fournir une aide à la décision aux acteurs locaux et nationaux pour la gestion de la qualité de l'air, notamment dans le cadre des Plans régionaux de la qualité de l'air et des Plans de déplacement urbain ;
- disposer d'une expertise sur les effets sanitaires de la pollution atmosphérique, mobilisable en cas de besoin (situation accidentelle par exemple).

Ici, l'accent sera surtout porté sur les deux premiers objectifs, qui relèvent plus directement de la surveillance en santé environnementale.

## Organisation

Le Psas est organisé autour d'une coordination nationale assurée par l'InVS et de pôles locaux, animés par du personnel de l'InVS ou par des organismes locaux partenaires du programme (Observatoires régionaux de santé notamment). Les pôles locaux de surveillance ont été mis en place pour neuf agglomérations (Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Strasbourg, Toulouse) qui avaient manifesté un réel intérêt pour cette thématique et qui représentaient une forte diversité en termes de niveaux et de sources de pollution atmosphérique, ainsi que de climat et de modes de vie.

Le fonctionnement du programme repose aussi sur une collaboration étroite avec de nombreux partenaires :

- du domaine de la pollution atmosphérique proprement dite : Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (Aasqa) et Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) ;
- du domaine de la santé : Cépi-DC de l'Inserm, Départements d'information médicale des établissements sanitaires, SOS Médecins, réseau des Groupes régionaux d'observation de la grippe (Grog), réseau Sentinelles ;
- ainsi que des structures fournissant d'autres données nécessaires au programme : Météo-France, Réseau national de surveillance aérobiologique.

Ces partenariats existent tant au niveau national qu'au niveau local, avec notamment dans chaque

pôle un comité technique regroupant plusieurs de ces partenaires.

## Méthodes mises en œuvre

Après une première étude de faisabilité [3] qui a permis notamment de démontrer les capacités de mobilisation des différents acteurs impliqués, le Psas s'est attaché à estimer régulièrement les relations quantifiant les liens à court terme entre l'exposition à la pollution atmosphérique et différents indicateurs sanitaires en France [4-6]. La méthode employée repose sur l'analyse des liens entre les variations temporelles à court terme (d'un jour à l'autre) d'un indicateur d'exposition à la pollution atmosphérique et celles d'un indicateur de l'état de santé. Les indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique se fondent sur les niveaux des polluants mesurés en routine par les Aasqa dans le cadre de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air : particules en suspension dans l'air, dioxyde d'azote et ozone, notamment. Les indicateurs sanitaires pris en compte à ce jour sont la mortalité (nombre journalier de décès toutes causes non accidentelles, pour causes cardiovasculaires, etc.) et les admissions à l'hôpital (nombre journalier d'hospitalisations pour pathologies respiratoires ou cardiovasculaires, par exemple). Des indicateurs permettant la prise en compte des facteurs de confusion potentiels tels que les conditions météorologiques, les épidémies de grippe, les vacances scolaires et jours fériés sont également intégrés aux analyses afin de s'affranchir de leur influence pour la quantification des liens entre pollution atmosphérique et santé. Le tableau 1 reprend l'ensemble des données prises en compte dans ces analyses, ainsi que leurs sources. L'estimation des relations concentration - risque est d'abord réalisée dans chacune des villes au moyen de modèles additifs généralisés prenant en compte l'ensemble des facteurs de confusion potentiels ainsi que les tendances à long terme et la saisonnalité. Puis, une analyse combinée des résultats obtenus localement permet une estimation du risque relatif associé à une augmentation du niveau de l'indicateur de pollution, pour l'ensemble des localités incluses dans l'analyse. Grâce à ces estimations, il est possible de réaliser des évaluations d'impact sanitaire (EIS) de la

pollution atmosphérique à l'échelle locale. Pour cela, le Psas a adapté à la situation française une démarche proposée par l'Organisation mondiale de la santé et a fourni une méthode ainsi que des outils permettant de réaliser ces études [7]. La démarche consiste à appliquer les relations concentration-risque issues d'études épidémiologiques à une situation locale pour quantifier les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique. Elle ne vise pas à démontrer l'existence d'un effet de la pollution atmosphérique sur la santé, mais à fournir des informations actualisées sur l'impact sanitaire des concentrations de polluants atmosphériques observées dans une zone donnée, en termes de bénéfices sanitaires attendus dans le cas d'une diminution des niveaux de pollution. Ainsi, les résultats de ces EIS s'adressent aux décideurs, aux professionnels de la santé et de l'environnement, mais aussi aux médias et au grand public.

## Résultats

Les résultats obtenus à plusieurs reprises depuis 10 ans sur des périodes d'études successives ont concouru à objectiver et confirmer l'existence d'effets sanitaires, en termes de mortalité et de morbidité (admissions à l'hôpital) pour les niveaux de pollution atmosphérique couramment rencontrés dans l'air ambiant des agglomérations françaises [8]. Outre cette surveillance en routine, des analyses ponctuelles plus ciblées ont également pu être conduites, afin, notamment :

- d'étudier le rôle de la pollution atmosphérique dans la surmortalité survenue lors de la vague de chaleur exceptionnelle d'août 2003 [9] ;
- d'explorer une question spécifique, telle que l'influence de la taille des particules présentes dans l'air sur les effets sanitaires qui leur sont associés [6].

Outre ces résultats scientifiques, un des apports majeurs du Psas au cours de ces dix ans, aura été le renforcement de l'expertise en santé environnementale, tant au plan local qu'au plan national, ainsi que la construction d'un véritable réseau multidisciplinaire. La diffusion des connaissances concernant les effets sanitaires de la pollution atmosphérique et leur apport pour l'aide à la décision dans le domaine de la gestion de la qualité de l'air ont

notamment été matérialisés par la réalisation de plus de 40 évaluations locales de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine réalisées avec l'appui méthodologique du Psas. Les résultats de ces EIS locales participent à la sensibilisation des décideurs locaux et de la population. Ils alimentent également les réflexions et décisions prises dans le cadre des plans locaux et régionaux de gestion de la qualité de l'air : Plans de protection de l'atmosphère, Plans régionaux de qualité de l'air [10].

Le Psas a également participé à des projets européens sur le thème « air et santé », notamment au programme Aphis (*Air Pollution and Health, a European Information System*). Ainsi, les outils développés par le Psas pour la réalisation d'EIS ont servi de base aux outils développés dans le cadre d'Aphis et, inversement, les développements méthodologiques mis en œuvre dans le cadre de ce projet européen ont nourri la réflexion du Psas sur l'application en France de ces méthodes.

## Perspectives

### Poursuivre la surveillance des liens à court terme entre pollution atmosphérique et santé

La pollution atmosphérique est un mélange complexe de polluants, dont la composition varie en fonction des sources d'émissions présentes, mais également des conditions de dispersion et des réactions chimiques entre polluants présents dans l'atmosphère, toutes deux influencées notamment par les conditions climatiques. Or, le dispositif de surveillance des liens à court terme entre pollution atmosphérique et santé mis en œuvre dans le cadre du Psas se fonde sur les niveaux de quelques polluants surveillés dans le cadre de la réglementation sur la qualité de l'air, et utilisés ici comme « indicateurs » de pollution. Ainsi, les liens observés entre les niveaux d'un polluant indicateur et la santé peuvent rendre compte non seulement des effets propres éventuels de ce polluant, mais également de ceux de l'ensemble des polluants émis ou formés avec lui. Au gré des évolutions réglementaires et technologiques, ou même dans la perspective du changement climatique, la signification de ces

Tableau 1 Données prises en compte pour la quantification des liens à court terme entre pollution atmosphérique et santé / Table 1 Data used in the quantification of short-term links between air pollution and health

Type de données	Utilisation dans le cadre de la quantification des liens à court terme entre pollution atmosphérique et santé	Source
Niveaux journaliers de polluants atmosphériques	Construction d'indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique	Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air
Nombre journalier de décès, par causes	Construction d'indicateurs sanitaires	CépiDC
Nombre journalier d'hospitalisations, par causes	Construction d'indicateurs sanitaires	Départements d'information médicale des établissements hospitaliers. Données recueillies dans le cadre du Programme de médicalisation des systèmes d'information
Périodes d'épidémie de grippe	Prise en compte des périodes d'épidémie comme facteur influant sur l'état de santé de la population	Réseau Sentinelles, Grog SOS Médecins (Paris, Bordeaux)
Périodes de pollinisation	Prise en compte des périodes de pollinisation comme facteur influant sur l'état de santé de la population	Réseau national de surveillance aérobiologique
Températures minimales et maximales journalières	Prise en compte des conditions météorologiques comme facteur de confusion potentiel	Météo-France
Périodes de vacances scolaires	Prise en compte de ces périodes comme facteur de confusion potentiel	Bulletin officiel de l'Éducation nationale

polluants indicateurs peut varier. C'est pourquoi, il est nécessaire de maintenir une surveillance des liens à court terme afin de disposer de quantifications actualisées des risques pour la santé associés aux niveaux de ces polluants traceurs, et de promouvoir la mise en place de mesures d'indicateurs pertinents en termes sanitaires. Par ailleurs, les indicateurs sanitaires utilisés jusqu'à présent dans le cadre du Psas sont restreints à des événements relativement graves (décès et hospitalisations). Ces événements ne représentent sans doute qu'une faible partie des conséquences sur la santé de l'exposition à la pollution atmosphérique (figure 1), mais la prise en compte d'événements sanitaires de moindre gravité se heurte à la relative rareté des données les concernant. Des travaux sont donc actuellement menés par le Psas pour explorer les possibilités offertes par les données de remboursement de médicaments disponibles auprès de la Caisse nationale d'assurance maladie. De même, des analyses portant sur des données de médecine générale ou d'urgences hospitalières sont en cours ou en projet dans différents pôles locaux et donnent des résultats prometteurs, mais l'absence pour le moment de données standardisées de ce type sur l'ensemble des neuf villes rend impossible la réalisation d'une étude combinée.

## Élargir la surveillance aux effets de l'exposition chronique à la pollution atmosphérique

Si les relations à court terme entre pollution atmosphérique urbaine et santé ont été large-

ment étudiées et sont désormais surveillées en routine, peu d'études se sont penchées sur les relations entre l'exposition chronique à la pollution atmosphérique et la santé. Ainsi, les relations concentration-risque proposées pour la réalisation d'EIS de l'exposition chronique à la pollution sont fondées sur les résultats de cohortes nord-américaines et leur application à des données françaises pose problème. En effet, les sources d'émission et la nature des polluants peuvent être différentes, de même que les caractéristiques des populations. L'estimation de telles relations à partir de données françaises apparaît donc comme une nécessité, c'est pourquoi le Psas a récemment investi cette thématique au travers notamment de la mise en place d'une collaboration avec la cohorte d'adultes Gazel et la future cohorte d'enfants Elfe. Dans cet objectif, des collaborations avec les Aasqa ont également été initiées pour l'évaluation prospective et rétrospective des expositions chroniques à la pollution atmosphérique.

Dans les années à venir, les études réalisées dans ce cadre permettront, d'une part, d'alimenter les connaissances scientifiques encore limitées sur les effets de l'exposition chronique à la pollution atmosphérique et, d'autre part, de disposer de relations concentration-risque adaptées à la situation française. Cette démarche a, par ailleurs, conduit le Psas à envisager l'exposition aux polluants de l'air de manière plus fine. L'exposition aux polluants de l'air intérieur devra également être mieux prise en compte.

## Conclusion

Les résultats obtenus dans le cadre du Psas confirment l'existence d'effets sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine, ainsi que le caractère substantiel des bénéfices pour la santé publique qui peuvent être attendus du fait de mesures visant à réduire ses niveaux. Ainsi, la surveillance épidémiologique des effets sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine demeure plus que jamais d'actualité, et il est impératif d'actualiser et enrichir les connaissances dans ce domaine, dans la perspective notamment de guider l'action publique.

## Remerciements

Le Psas tient à remercier :

- la totalité des personnes contribuant et ayant contribué à la mise en œuvre du dispositif de surveillance et, en particulier, les observatoires régionaux de santé d'Île-de-France et du Nord Pas-de-Calais ;
- les partenaires locaux et nationaux : les Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (Aasqa), Météo France, l'Inserm-CepiDC, les départements d'information médicale des établissements hospitaliers, les réseaux de surveillance de la grippe (Grog, réseau Sentinelles) et le Réseau national de surveillance aérobiologique (RNSA).

## Références

- [1] Bell ML, Davis DL. Reassessment of the lethal London fog of 1952 : novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution. *Environ Health Perspect.* 2001; 109 (Suppl 3):389-94.
- [2] Medina S, Le Tertre A, Quénéel P, Le Moullec Y, Lameloise P, Guzzo JC *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. *Évaluation des Risques de la Pollution Urbaine pour la Santé.* *Environ Res.* 1997; 75:73-84.
- [3] Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain : rapport de l'étude. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire, 1999. [http://www.invs.sante.fr/publications/air\\_sante\\_2/index.html](http://www.invs.sante.fr/publications/air_sante_2/index.html)
- [4] Cassadou S, Declercq C, Eilstein D, Filleul D, Le Tertre A, Medina S *et al.* Programme de surveillance Air et Santé (9 villes). Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain. Phase II Rapport d'étude. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire, 2002. [http://www.invs.sante.fr/publications/2002/psas\\_020624/programme.html](http://www.invs.sante.fr/publications/2002/psas_020624/programme.html)
- [5] Lefranc A, Blanchard M, Borelli D, Chardon B, Declercq C, *et al.* Relations à court terme entre les niveaux de pollution atmosphérique et les admissions à l'hôpital dans huit villes françaises. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire, 2006. <http://www.invs.sante.fr/publications/2006/psas/index.html>
- [6] Programme de surveillance air et santé. Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique urbaine et mortalité dans neuf villes françaises. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire, 2008. [http://www.invs.sante.fr/publications/2008/psas\\_mortalite/index.html](http://www.invs.sante.fr/publications/2008/psas_mortalite/index.html)
- [7] Programme de surveillance air et santé. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine. Concepts et méthodes. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire, 2008. [http://www.invs.sante.fr/publications/2008/eis\\_pollution\\_urbaine/index.html](http://www.invs.sante.fr/publications/2008/eis_pollution_urbaine/index.html)
- [8] Pascal L, Blanchard M, Fabre P, Larrieu S, Borrelli D, Host S, *et al.* Liens à court terme entre la mortalité et les admissions à l'hôpital et les niveaux de pollution atmosphérique dans neuf villes françaises. *Bull Epidemiol Hebd.* 2009; (5):41-4.
- [9] Cassadou S, Chardon B, D'Helf M, Declercq C, Eilstein D, Fabre P *et al.* Vague de chaleur de l'été 2003 : relations entre température, pollution atmosphérique et mortalité dans neuf villes françaises. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire, 2004. [http://www.invs.sante.fr/publications/2004/psas9\\_070904/index.html](http://www.invs.sante.fr/publications/2004/psas9_070904/index.html)
- [10] D'Helf M, Cassadou S, Glorennec P, Declercq C, Eilstein D, Pascal L *et al.* Prise en compte des aspects sanitaires dans les plans régionaux pour la qualité de l'air. Bilan des études d'impact sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine réalisées. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire, 2003. [http://www.invs.sante.fr/publications/2003/plan\\_regionaux\\_qualite\\_air/index.html](http://www.invs.sante.fr/publications/2003/plan_regionaux_qualite_air/index.html)

Figure 1 Représentation schématique de la relation entre la gravité des événements sanitaires associés à l'exposition à la pollution atmosphérique et la proportion de la population affectée (adapté de OMS 2000) / Figure 1 Schematic representation of the relationship between the severity of health events associated with exposure to air pollution and the proportion of population affected (adapted from WHO 2000)

