



Observatoire régional de santé Île-de-France

Erpurs : 20 ans de surveillance et d'évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé

Bilan et perspectives

Décembre 2014

Ce travail n'aurait pas été réalisé sans le soutien :

• *Du conseil scientifique du programme Erpurs :*

- Mme Laure BEAUJOUAN (AP-HP)
- Pr. Jean-Marie HAGUENOER (Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique)
- Mme Géraldine LE NIR (Airparif)
- M. Alain LE TERTRE (Institut de veille sanitaire)
- Mme Agnès LEFRANC (Institut de veille sanitaire)
- Pr. Francelyne MARANO (Laboratoire de Cytophysiologie et Toxicologie cellulaire, Paris 7)
- Mme le Docteur Sylvia MEDINA (Institut de veille sanitaire)
- Pr. Isabelle MOMAS (Faculté de Pharmacie, Paris 5)
- Mme Annie-Claude PATY (CIRE Île-de-France / Champagne-Ardenne)
- M. le Docteur Georges SALINES (Ville de Paris, Bureau de la santé environnementale et de l'hygiène)
- Mme le Docteur Claire SEGALA (Sépia-santé)

• *Des fondateurs du programme Erpurs :*

- Pr. William DAB
- Mme Ruth FERRY
- Pr. Bernard FESTY
- M. Yvon LE MOULLEC
- Dr. Sylvia MEDINA
- Pr. Isabelle MOMAS
- Dr. Philippe PIRARD
- Dr. Philippe QUENEL

Que tous soient ici vivement remerciés pour leur concours.

L'ORS Île-de-France, département autonome de l'IAU Île-de-France, est un observatoire scientifique indépendant financé par l'Agence régionale de santé d'Île-de-France et le Conseil régional d'Île-de-France.

Sommaire

Introduction	5
La création du programme Erpurs.....	9
Naissance du programme Erpurs	11
Création d'un réseau	14
Le développement d'une méthode	15
Le protocole de l'analyse statistique.....	15
La zone d'étude.....	16
Les données recueillies	17
Les premiers résultats d'Erpurs.....	17
Accueil scientifique et institutionnel.....	18
Accueil des médias	18
Mise en place d'un système de surveillance	18
Les apports du programme Erpurs	21
Apports « historiques »	23
Erpurs à l'interface entre connaissances et actions	23
Une multidisciplinarité exemplaire : vers une évolution des pratiques en santé environnement.....	25
Amorce d'un dispositif national de surveillance.....	26
Intégration de la santé environnementale dans les domaines d'études de l'ORS	27
Apports scientifiques.....	28
Etudes des effets à court terme de la pollution atmosphérique	28
Problématique de la proximité au trafic routier	32
Le programme Erpurs aujourd'hui et ses perspectives.....	33
Organisation	35
Perspectives du programme Erpurs.....	35
Un rôle d'innovation.....	35
Elargir le champ de la surveillance des effets et développer de nouvelles approches	36
Evaluer les bénéfices sanitaires des actions	38
Complémentarité avec les échelons national et européen.....	39
Pôle local du programme national de surveillance coordonné par l'InVS.....	39

Contribution aux programmes européens	40
Partager l'expertise	41
Communication des résultats	41
Accompagnement des politiques publiques	41
Conclusion	43
Bibliographie.....	47
Liste des sigles utilisés	53
Annexes.....	55

Introduction

Les travaux menés dans le cadre du programme Erpurs (Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé) ont permis de montrer les liens existant entre pollution atmosphérique et santé en Île-de-France. Ils ont conduit à la mise en place d'un système de surveillance permanent de la pollution atmosphérique et de son impact sanitaire dans la région pour améliorer les connaissances tant des décideurs que de la population et de la communauté scientifique. Ainsi, le programme Erpurs a, à plus d'un titre, constitué une vraie révolution, et marqué l'histoire de la lutte contre la pollution atmosphérique.

L'objectif de cette publication est de retracer le bilan de ce programme après 20 ans de surveillance épidémiologique des effets de la qualité de l'air sur la santé en Île-de-France. Erpurs évolue aujourd'hui dans un contexte très différent de celui qui a prévalu au départ. Les effets de la pollution de l'air sur la santé ne sont aujourd'hui plus à démontrer. L'Île-de-France est une région dans laquelle se posent de façon aiguë les préoccupations liées aux effets de la pollution de l'air sur la santé. L'objectif de ce travail est donc également de réfléchir aux perspectives de ce programme.

Ce rapport retrace les débuts du programme Erpurs, l'évolution de sa méthodologie, ses principaux résultats, ses apports pour la surveillance épidémiologique et pour la lutte contre la pollution de l'air, ainsi que pour l'ORS Île-de-France. Enfin, il précise ce qu'est le programme Erpurs aujourd'hui et quelles sont les perspectives de travail.

Erpurs n'existerait pas sans le courage, les réflexions et la persévérance de ses fondateurs. Nous avons donc souhaité entendre leurs témoignages pour comprendre la démarche initiale du programme et le contexte dans lequel ce dernier a été créé. Ces témoignages ont largement contribué à l'élaboration du volet historique de ce rapport.

La création du programme Erpurs

Naissance du programme Erpurs

Les premières alertes à la pollution atmosphérique, avec des conséquences visibles sur la santé, ont été observées dans les années 1930 dans les zones fortement industrialisées et urbanisées telles que la vallée de la Meuse en 1915 et en 1930 [1], à Donora aux Etats-Unis en 1948 [2] ou encore à Poza Rica au Mexique en 1950 [3]. Ce n'est qu'à partir des années 1950 qu'une prise de conscience accrue des pouvoirs publics sur les effets sanitaires de la pollution atmosphérique est apparue. Cette prise de conscience a conduit à l'élaboration de législations spécifiques pour lutter contre la pollution atmosphérique : Clean Air Act (1956) au Royaume-Uni, Air Pollution Control Act (1955) puis Clean Air Act (1963, étendu en 1970) aux États-Unis et, en France, loi du 2 août 1961¹ relative à la lutte contre les pollutions atmosphériques et les odeurs. Les épisodes de pollution survenus à Londres au début de l'hiver 1952 puis en 1956 et 1957 ont largement contribué à l'élaboration de ces législations. Le « smog » de décembre 1952 a en effet, causé une augmentation notable de la morbidité et des hospitalisations dans les hôpitaux londoniens ainsi qu'un excès d'environ 12 000 décès par rapport à la normale pendant les trois mois suivant l'épisode [4].

L'impact des législations a été net et a conduit à une réduction considérable des émissions de sources fixes dans la majorité de pays industrialisés. La diminution des consommations de combustibles fossiles, l'utilisation croissante de combustibles à basse teneur en soufre et de l'énergie nucléaire, la transformation des moyens de chauffage, la réglementation des rejets industriels ainsi que le déménagement des industries à l'extérieur de la ville ont largement contribué à cette baisse exceptionnelle des rejets de polluants [5]. Cette baisse s'est accompagnée d'une diminution considérable des concentrations de dioxyde de soufre (SO₂) dans l'atmosphère. Le succès de cette politique de réduction des émissions laisse entendre, au cours de la seconde partie du 20^{ème} siècle, que le problème de pollution atmosphérique en milieu urbain est « sous contrôle » [6].

Les premiers travaux français en rapport avec les préoccupations sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine étaient qualifiés « d'hygiénisme » car ils étaient orientés sur le mesurage des principaux indicateurs de pollution de l'époque et non sur l'évaluation des risques sanitaires [7]. Cette dimension est apparue entre les années 1970 et 1990. Une des premières études françaises de caractère épidémiologique était l'enquête multicentrique Paarc (Pollution atmosphérique et affections respiratoires chroniques) conduite auprès de 20 000 adultes et 3 000 enfants de sept villes françaises (Bordeaux, Lille, Lyon, Nantes, Marseille, Rouen, Toulouse) [8]. Cette enquête, initiée à la demande du Ministère de l'environnement, avait pour objet d'établir, au cours de la période 1974 - 1976, des relations entre pollution atmosphérique (plus spécifiquement le SO₂, les oxydes d'azote, les poussières et l'indice de fumée noire) et affections respiratoires, volume expiratoire, ainsi que les conséquences de l'exposition

¹ Journal officiel de la République française du 3 août 1961

professionnelle (travail non industriel). Elle avait conclu à un impact modéré de la pollution soufrée [9]. Ainsi, à la fin des années 1980, la question des risques sanitaires de la pollution atmosphérique apparaissait comme infondée tant sur le plan scientifique qu'au niveau des pouvoirs publics [10].

Dans ce contexte de pollution atmosphérique urbaine apparemment « sous contrôle », le vice-président du Conseil régional d'Île-de-France de l'époque se questionne sur l'intérêt de la surveillance de la qualité de l'air réalisée notamment par Airparif et sur la justification de son financement. C'est ainsi qu'il sollicite l'expertise de l'ORS Île-de-France qui confie à William Dab, médecin épidémiologiste, la réalisation d'une revue de la littérature internationale² afin de vérifier que la pollution atmosphérique n'est réellement plus un problème de santé publique (W. Dab, communication personnelle). Or, cette revue indique que de nombreuses publications scientifiques, essentiellement anglaises et nord-américaines, montrent que des niveaux modérés ou faibles de pollution atmosphérique avaient un impact à court terme sur la santé [11]. Dans ce contexte, l'ORS Île-de-France a été contacté par le professeur Bernard Festy, directeur du Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris (LHVP), très investi dans la métrologie des polluants atmosphériques. En effet, alors que l'hiver 1989 avait été marqué par des épisodes importants de pollution, le professeur Festy manifestait des inquiétudes quant aux potentiels effets sanitaires des pics de pollution (B. Festy, communication personnelle). C'est pourquoi il a souhaité se rapprocher des épidémiologistes. Or, à l'époque, cette discipline avait grand peine à percer en France et l'ORS Île-de-France avait commencé à faire parler de lui dans ce domaine.

De cette rencontre entre William Dab et Bernard Festy, ainsi que des premiers enseignements de la littérature, a découlé l'élaboration d'une démarche scientifique visant à évaluer les éventuels effets de ces pollutions sur la santé dans la région, constituant l'amorce du programme Erpurs.

C'est à partir de l'expertise acquise par l'ORS Île-de-France dans le champ de la surveillance de la grippe que l'équipe Erpurs, alors constituée de William Dab, Philippe Quénel et Sylvia Medina, a décidé de recourir à un modèle similaire pour évaluer les risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique [10,12]. Le réseau des GROG (Groupe régional d'observation de la grippe) mis en place en 1984 permettait la détection des cas de grippe et en mesurait la gravité grâce au recueil de données hebdomadaires communiquées par les professionnels de santé [13].

Toutefois, les membres de l'équipe ont dû faire face à un autre degré de complexité que celui auquel la surveillance de l'activité grippale avait dû faire face. Ainsi, le groupe s'est rapidement rendu à l'évidence de la nécessité d'une réponse impliquant les différents acteurs que ce soit

² Réalisée avec le concours de Sylvia Medina, Isabelle Momas, Philippe Pirard, Yvon Le Moullec et Philippe Quénel

dans le domaine de la santé ou dans le domaine de la métrologie des polluants (P. Quénel, communication personnelle).

Le programme Erpurs a ainsi été mis en place par l'ORS Île-de-France en 1990. Son objectif était, d'une part, la quantification des liens existant à court terme entre les niveaux de pollution atmosphérique couramment rencontrés dans la région et l'état de santé de la population, et, d'autre part, l'évaluation de la pertinence de la mise en place, en Île-de-France, d'un système de surveillance des effets sanitaires couplé au système de surveillance de la qualité de l'air pour améliorer les connaissances tant des décideurs que de la population et de la communauté scientifique.

L'analyse bibliographique ayant mis en évidence la nécessité de s'appuyer sur une expertise forte, le programme a été mis en place en collaboration avec de nombreux partenaires :

- l'Ecole nationale de santé publique (ENSP),
- la Faculté de pharmacie de Paris V,
- le laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris (LHVP),
- Airparif,
- et le Réseau national de santé publique (RNSP).

Initialement, c'est le LHVP et le Laboratoire central de la préfecture de police (LCP) qui investiguaient la qualité de l'air de l'agglomération parisienne et mesuraient les polluants atmosphériques. Airparif, après sa création en 1979, destinée à rationaliser et à moderniser les divers outils de mesure existants, a repris progressivement le contrôle de l'ensemble du réseau de surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France.

Ainsi, l'équipe initiale du programme Erpurs était constitué d'un large éventail d'experts comprenant des épidémiologistes, des métrologistes, des ingénieurs chimistes, des statisticiens, des médecins et des professionnels de santé publique (cf. Annexe 1). Cette configuration a permis de créer une dynamique d'échanges entre des acteurs évoluant habituellement dans des milieux très divers et de favoriser la mise en commun d'expériences et de compétences complémentaires.

Création d'un réseau

En 1992, le programme s'est structuré autour de la constitution d'un réseau épidémiométrologique et de la création d'une base de données rétrospectives environnementales et sanitaires.

Concernant les données environnementales, une collaboration a été établie avec :

- Airparif ;
- le Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris (LHVP) ;
- Météo-France ;
- le Laboratoire d'Aérobiologie de l'Institut Pasteur (dont les travaux ont été poursuivis en 1996 par le réseau national de surveillance aérobiologique, RNSA) ;
- le Laboratoire de Virologie de l'Institut Pasteur.

Sur le plan sanitaire, des collaborations ont été instituées avec :

- le Service commun n°8 – Inserm (aujourd'hui le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès, CepiDc)
- le service d'épidémiologie de la direction de la prospective et de l'information médicale de l'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris ;
- le service des urgences pédiatriques de l'hôpital Trousseau ;
- le service de pneumologie de l'hôpital Trousseau ;
- le Samu de Paris ;
- SOS-Médecins Paris ;
- la brigade des sapeurs-pompiers de Paris ;
- le service d'épidémiologie respiratoire (Inserm U408) de l'hôpital Bichat ;
- le service de pneumologie de l'hôpital Bichat ;
- le service général de médecine de contrôle d'EDF-GDF.

Dès 1992, le programme Erpurs bénéficie des contributions d'experts issus de disciplines et de spécialités différentes. Ces collaborations se sont traduites par la mise en place de protocoles spécifiques de recueil de données, destinés d'une part, à l'étude rétrospective de la pollution atmosphérique en Île-de-France, et d'autre part, à la constitution d'une cohorte de patients asthmatiques enfants et adultes suivis en milieu hospitalier.

Le développement d'une méthode

Suite à la publication de la revue de la littérature internationale, l'équipe Erpurs a été contactée par le Docteur Denis Zmirou qui travaillait sur les questions de pollution atmosphérique à Lyon et à Grenoble dans le cadre du programme européen APHEA (Air Pollution on Health : A European Approach). Ce dernier leur proposait d'intégrer le programme APHEA afin de réfléchir ensemble sur la mise au point d'un protocole statistique pertinent (P. Quénel, communication personnelle).

C'est ainsi que l'équipe du programme Erpurs participe depuis 1993 au programme européen APHEA dont le principal objectif était de fournir des estimations quantitatives de l'impact à court terme de la pollution atmosphérique urbaine sur la mortalité et la morbidité hospitalière. Ce programme européen fait suite à une initiative de la Commission européenne qui, au début des années 1990, décidait de lancer une action concertée sur l'épidémiologie de la pollution de l'air. Son objectif était d'améliorer la qualité et l'efficacité des recherches grâce à une vaste coopération scientifique. APHEA compte parmi l'une des plus importantes études réalisées dans ce cadre (11 groupes de chercheurs de 10 pays de l'Union Européenne). Son objectif était de dresser un bilan des effets de la pollution de l'air, à court terme, sur la santé des 25 millions d'habitants vivant dans quinze villes européennes (Amsterdam, Athènes, Barcelone, Bratislava, Cologne, Cracovie, Helsinki, Lodz, Londres, Lyon, Milan, Paris, Poznan, Rotterdam, Varsovie, Wroclaw). Cette collaboration fondamentale a permis d'enrichir le partenariat scientifique du programme Erpurs et d'établir un protocole standardisé d'analyse statistique. Cette méthode d'analyse statistique, mise en œuvre dans le cadre du projet APHEA, a été guidée par les travaux de Joel Schwartz, éminent chercheur en épidémiologie environnementale de l'université de Harvard (USA), et sa participation au sein du programme en tant qu'expert [14,15].

Le protocole de l'analyse statistique

Erpurs est un programme basé sur des études épidémiologiques rétrospectives de type écologiques temporelles. Le terme « écologique » signifie que l'exposition n'est pas mesurée au niveau individuel mais au niveau de groupes d'individus. Le principe de ces études est de mettre en relation les variations temporelles à court terme d'un indicateur de l'état de santé d'une population (mortalité et morbidité) avec celles d'indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique de cette même population. L'unité de temps retenue est le jour. La méthode de séries temporelles utilisée permet de contrôler différents facteurs de confusion qui peuvent perturber l'estimation de la relation pollution/santé. De tels facteurs ne perturbent les résultats que s'ils sont à la fois corrélés à l'exposition, ici la pollution atmosphérique et aux indicateurs de santé. Ainsi, des facteurs tels que l'âge, le sexe, la catégorie socioprofessionnelle, les comportements ou modes de vie sont liés à la santé mais ne sont pas nécessairement liés aux variations de la pollution atmosphérique. En revanche, certains facteurs peuvent biaiser les estimations de la relation avec la pollution atmosphérique du fait de leurs caractéristiques

chronologiques. Les variables météorologiques par exemple constituent des facteurs de confusion potentiels dans l'étude de la relation à court terme entre la pollution atmosphérique et la mortalité ou les admissions hospitalières. En effet, un jour donné, les concentrations ambiantes en polluants dépendent fortement des conditions météorologiques qui influencent à la fois les émissions et les phénomènes de dispersion atmosphérique. Parallèlement, il est démontré que certaines situations météorologiques influencent l'état de santé et notamment la mortalité. De plus, les épidémies de grippe ou encore les périodes de pollinisation peuvent jouer un rôle au moins aussi important que celui de la pollution atmosphérique dans la survenue ou l'aggravation d'une pathologie.

Pour aboutir à une estimation non biaisée du lien entre pollution atmosphérique et santé, l'ensemble des facteurs de confusion potentiels suivants doivent être pris en compte :

- les variations temporelles « à long terme »,
- les épidémies de grippe,
- les périodes de pollinisation,
- les événements tels que les grèves hospitalières ou les vacances scolaires,
- les effets à court terme de la météorologie (température, humidité).

Dès les premières travaux ces aspects ont été intégrés dans les analyses tout comme les phénomènes dits d'auto-corrélation (associations entre les valeurs d'un jour donné et des valeurs qui le précédent) [16].

La zone d'étude

La zone d'étude retenue pour le programme Erpurs est limitée à Paris et à la proche couronne (c'est-à-dire les départements de la Seine-Saint-Denis, des Hauts-de-Seine et du Val-de-Marne) pour les raisons suivantes :

- l'exposition à la pollution atmosphérique de la population résidente peut être considérée comme globalement homogène ;
- la population résidente est la plus propice à être admise au sein d'un des 27 établissements de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris localisés à Paris et en proche couronne et à être prise en charge par SOS médecins qui exerce sur les quatre départements de l'agglomération parisienne (ceci pour les indicateurs de morbidité et les indicateurs de visites médicales à domicile) ;

Les données recueillies

Les données nécessaires à l'étude des effets sanitaires de la pollution atmosphérique ont été recueillies auprès de différentes sources :

- les indicateurs sanitaires : le nombre journalier de décès obtenus auprès du service d'information sur les causes médicales de décès du service commun n°8 de l'Inserm, le nombre journalier d'admissions hospitalières obtenu auprès du PMSI, le nombre journalier de visites à domicile obtenu auprès de SOS Médecins.
- les indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique : les niveaux journaliers (exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) des principaux polluants mesurés par Airparif et par le LHVP, soit le dioxyde d'azote (NO_2), l'ozone (O_3), les particules fines (PM_{13} , PM_{10}), l'indice de fumée noire et le dioxyde de soufre (SO_2). Ces indicateurs ont été construits à partir des données issues de stations de mesure de fond, situées en zone urbaine (péri-urbaine pour l'ozone) et représentatives de « l'exposition ambiante » ;
- les cofacteurs : la température et l'humidité relative journalières obtenues auprès de Météo France, les cas de grippe obtenus auprès des Grog, les niveaux journaliers des principaux types de pollens allergisants obtenus auprès du RNSA, les jours fériés, les périodes de vacances scolaires.

Les premiers résultats d'Erpurs

Les premiers résultats du programme Erpurs ont permis de rendre compte des liens observés entre les indicateurs de pollution atmosphérique urbaines et les indicateurs de santé, en Île-de-France, pour la période 1987-1992 [16]. Ceux-ci étaient encourageants pour l'équipe Erpurs car ils étaient comparables à ceux retrouvés dans la littérature, à savoir, une augmentation de problèmes de santé (nombre journalier de décès, d'hospitalisations, visites à domicile) en relation avec un accroissement des niveaux de particules [17,18].

Malgré ce sentiment d'encouragement, un sentiment de doute a accompagné les premiers résultats Erpurs. En effet, le faible niveau de risque mis en évidence par les analyses ($\text{RR}=1,02$ pour la mortalité totale en lien avec une élévation d'un niveau faible à un niveau moyen de l'indice de fumée noire) était une nouveauté en épidémiologie car était considéré comme négligeable sur le plan épidémiologique. L'équipe Erpurs a sollicité l'expertise de Joel Schwartz de l'université de Harvard et spécialiste des modèles de séries temporelles à l'ORS Île-de-France pour la validation de ce résultat avant publication. Cette réanalyse a bien confirmé ce premier résultat (W. Dab, communication personnelle).

Accueil scientifique et institutionnel

Les premiers résultats du programme concluait que « les concentrations observées en Île-de-France au cours de la période 1987-1992 sont reliées à des problèmes de santé malgré une diminution des niveaux de certains indicateurs de pollution ». Ce rapport a suscité une grande méfiance au niveau institutionnel et un certain scepticisme quant à la validité des résultats (R. Ferry, communication personnelle). En effet, la méthode des séries temporelles n'étant pas connue en France, elle était considérée comme discutable pour étudier concrètement les relations à court terme pouvant exister entre la pollution atmosphérique et la santé. Le design d'étude écologique temporelle était présenté comme un outil descriptif permettant de générer des hypothèses. De ce fait, ces études étaient peu ou pas utilisées. De plus, les pneumologues et la communauté des épidémiologistes étaient sceptiques sur la méthode car aucun ajustement n'avait été effectué sur le tabac. Ils reprochaient à cette étude de déplacer le vrai problème sanitaire du tabagisme sur la pollution atmosphérique [10]. Du point de vue des décideurs, ces résultats étaient considérés comme « politiquement incorrects » car ils remettaient en cause l'efficacité des politiques publiques.

Afin de convaincre de la validité de la démarche et du bien-fondé de ces résultats, une réunion technique avec l'administration régionale et la préfecture de région avait dû être organisée en présence de Joel Schwartz de l'université d'Harvard. (R. Ferry, communication personnelle).

Au final, le multi-partenariat scientifique et institutionnel qui entourait cette démarche a constitué l'élément capital pour convaincre petit à petit les plus sceptiques.

Accueil des médias

Les premiers résultats Erpurs ont été suivis d'un déchainement médiatique sans précédent. Des conférences de presse ont été tenues pour présenter les résultats et défendre la méthodologie employée dont une s'est faite en présence du ministre de la santé de l'époque (Bernard Kouchner). Des titres tels que « La Pollution tue ! » ont dépassé les propos du rapport même s'ils ont par la suite servi la cause de la lutte contre la pollution atmosphérique en favorisant la recherche dans ce domaine (I. Momas, communication personnelle).

Mise en place d'un système de surveillance

Dès 1995, suite aux premiers résultats Erpurs, un système permanent de surveillance épidémiologique a été mis en place en Île-de-France. D'une part, des mesures environnementales sont recueillies en routine par Airparif, le réseau de mesure de la pollution atmosphérique d'Île-de-France. D'autre part, les données sanitaires concernant les pathologies en lien avec la pollution atmosphérique sont recueillies auprès des partenaires du système de soins (AP-HP, Hôpital Trousseau, Inserm, SOS-Médecins-Paris) et d'EDF-GDF pour les

données d'absentéisme professionnel. Ces informations sont analysées et utilisées pour informer les décideurs, la population et la communauté scientifique des liens entre pollution atmosphérique urbaine et santé en Île-de-France.

Les apports du programme Erpurs

Apports « historiques »

Le programme Erpurs s'est développé au cours d'une décennie où la question de la santé environnementale a fortement émergé sur le plan sociétal. Les étapes de genèse d'une question toujours d'actualité sont résumées dans la figure en annexe (cf. Annexe 2)

Erpurs à l'interface entre connaissances et actions

Le programme Erpurs incarne parfaitement le courant de l'épidémiologie d'intervention ou épidémiologie décisionnelle. Philippe Quénel décrit ce courant comme « s'inscrivant dans une volonté d'agir sur les politiques publiques afin, dès que les faits sont scientifiquement établis et suffisamment avérés, d'influer sur celles-ci et de contribuer à protéger la santé publique » [10]. C'est ainsi qu'a été bâti le programme Erpurs, avec une volonté affichée de rendre opérationnels les résultats et de ne pas se limiter à leur publication dans des revues scientifiques. Cela se traduit notamment par une diffusion à l'ensemble des parties prenantes en vue d'alimenter le débat, d'éclairer les décisions et de guider les politiques publiques. Lorsque les faits épidémiologiques ont fait la preuve de leur robustesse, les questions de santé publique ont pu être élaborées. C'est ainsi que les membres d'Erpurs ont participé à la construction d'un nouveau domaine d'intervention publique.

Comme le soulignent Boutarik et Lascombes, l'apport des épidémiologistes dans l'évolution de la politique publique dans le domaine de la lutte contre la pollution atmosphérique est considérable même si, bien sûr, d'autres intervenants y ont contribué. En effet, les premiers enseignements des études épidémiologiques, dont Erpurs a constitué l'avant-garde en France, ont donné l'impulsion qui a permis de requalifier le problème en enjeu de santé publique et d'orienter la politique publique [19]. Comme le souligne Quénel, dans le champ de la santé environnementale, les faits épidémiologiques précèdent souvent la réalité biologique [10]. Il aura fallu, pour faire évoluer le débat en faveur de la causalité des associations, que le corpus de connaissances épidémiologiques soit complété par les nombreux travaux toxicologiques permettant d'éclairer les mécanismes physiopathologiques sous-jacents.

Lors de la diffusion des premiers résultats, les discussions ont aussi porté sur l'importance qu'il fallait accorder à la pollution atmosphérique alors même que les risques relatifs mis en évidence apparaissaient comme faibles, surtout en comparaison des risques liés au tabagisme qui, à l'époque, constituaient une référence en épidémiologie. Toutefois, ces risques relativement faibles, rapportés à l'ensemble de la population génèrent un fort impact sanitaire. Dans ce contexte, Erpurs a aussi contribué à l'acceptation de la notion de risque attribuable³ en lien avec

³ indique le nombre de malades parmi les personnes qui ont été exposées à un facteur et qui peut être attribué à cette exposition

la pollution atmosphérique et a participé au développement de la démarche d'évaluation d'impact sanitaire comme outil d'aide à la décision en matière de politiques de réduction de risque. Les résultats d'Erpurs soulignent aussi que les effets mis en évidence sont observés dès les plus faibles niveaux de pollution (relation linéaire sans seuil), même lorsqu'ils sont inférieurs aux recommandations de l'OMS [20]. Cela a alimenté et continue d'alimenter le débat portant sur la validité des normes de pollution atmosphérique pour la protection de la santé publique et contribue à les renforcer.

Par ailleurs, ces premiers résultats pointent aussi du doigt d'autres sources de polluants que les sources fixes jusqu'alors incriminées (i.e. les émissions liées à l'industrie). L'action en matière de lutte contre la pollution atmosphérique a dès lors aussi englobé une action sur les sources mobiles et s'est « s'attaquée » au secteur du transport (P. Quénel, communication personnelle).

Erpurs a donc rempli ses objectifs. Concrètement, il a permis notamment d'alimenter le débat alors en vigueur dans le contexte de la préparation de la loi sur l'air de 1996, en contribuant à faire naître une forte mobilisation du côté des professionnels de la santé et des associations environnementales. C'est ainsi que la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE) reconnaît le « droit à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé » et inscrit le couplage de la surveillance de la pollution de l'air et de ses effets sanitaires. Jusqu'alors le dispositif reposait uniquement sur la surveillance météorologique.

Le rôle d'information et de sensibilisation du programme Erpurs a trouvé une traduction concrète dans le cadre de l'élaboration et du suivi des outils de planification tels que ceux définis par la LAURE, comme le Plan régional pour la qualité de l'air (PRQA) ou encore le Plan de protection de l'atmosphère (PPA). Notamment, dans le cadre de l'élaboration du premier PRQA (adopté en 2000), de nombreux échanges ont eu lieu au sein d'une large commission (plus de cent personnes). Pendant plus de deux ans, les discussions menées au cours de réunions régulières entre administrations, collectivités, entreprises, professionnels de santé, personnalités qualifiées et associations ont comporté un important volet sanitaire, rendant compte de l'effet des différents polluants sur la santé humaine en se basant, entre autres, sur les résultats du programme Erpurs. Ce processus a ainsi conduit à la constitution d'une culture partagée. Ce sont de multiples actions de ce type, poursuivies pendant toute la durée du programme, qui ont favorisé la reconnaissance, par un public de plus en plus large, du poids sanitaire de la pollution atmosphérique dans ces différentes composantes et surtout l'importance du risque chronique.

Une multidisciplinarité exemplaire : vers une évolution des pratiques en santé environnement

Une autre contribution importante du programme Erpurs est d'avoir donné l'impulsion en France, pour développer la multidisciplinarité nécessaire à l'étude de manière appropriée des effets de la pollution atmosphérique sur la santé autour du concept central d'exposition des populations [7].

Les premiers travaux d'analyse bibliographique réalisés par l'équipe d'Erpurs ont fait prendre conscience de la complexité de la problématique de la pollution de l'air et de la nécessité de bien appréhender la signification des données environnementales en vue de leur utilisation dans une approche épidémiologique [10]. Ainsi, l'élaboration des indicateurs d'exposition s'est accompagnée de dialogues entre les épidémiologistes et les métrologistes dont Erpurs a scellé la rencontre (I. Momas, communication personnelle). Cette collaboration entre épidémiologistes et métrologistes n'a alors cessé de s'approfondir et de s'étendre, d'abord au niveau régional puis aux échelons nationaux et européens [19].

Le partage d'une culture et d'un langage communs constitue la clé pour produire des estimations de risque de plus en plus précises et faire émerger les nouveaux besoins de recherche. Cela a pris du temps mais cela s'est inscrit dans la durée avec le maintien aujourd'hui du dialogue entre les épidémiologistes et les métrologistes. Ce dialogue fût, par ailleurs, un temps formalisé au travers de l'exercice qui était proposé dans le cadre de la revue « Extrapol » née en 1995. L'objectif de cette revue était de réaliser une veille bibliographique thématique portant sur les effets sanitaires de la pollution atmosphérique, et de proposer un résumé critique de ces publications à destination des professionnels de la santé et de l'environnement sans connaissances approfondies du domaine. Cette analyse critique était réalisée par un binôme, composé d'un métrologiste et d'un épidémiologiste. Pour chaque article, chacun alimentait son analyse de son point de vue. Ce projet mené jusqu'en 2008 a contribué à la création d'un réseau coordonné de spécialistes, renforcé au cours du temps dans le cadre de collaborations menées sous l'égide de programmes de recherche nationaux, le programme Primequal en particulier, et internationaux (APHEIS, APHEKOM et plus récemment ESCAPE...).

Les pratiques interdisciplinaires liées à la connaissance de la pollution atmosphérique et de ses effets ont impliqué, aux côtés des métiers de la santé, des métrologistes, des statisticiens mais aussi de nombreuses collaborations actives avec des secteurs administratifs et politiques diversifiés. Dans l'analyse de Boutarik et Lascoumes, il apparaît que « ces pratiques interdisciplinaires et les partenariats institutionnels qu'elles développent ont constitué une des clés du renouvellement de la politique publique dans le domaine de la pollution atmosphérique » [19].

En conclusion, Erpurs a favorisé le décloisonnement des structures, le développement d'une multidisciplinarité, notamment entre la métrologie, la toxicologie et l'épidémiologie. Cela a joué un rôle certain pour la prise en considération des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine mais aussi, plus largement, pour le développement de nouvelles approches en santé publique et en particulier, en santé environnementale (B. Festy, communication personnelle). Erpurs a également contribué dans ce champ à faire prendre conscience de l'importance des faibles doses en termes de santé publique et à faire émerger la notion d'évaluation des risques. A ce titre, les acteurs du programme Erpurs ont également été moteurs dans la diffusion de ces pratiques au sein des professionnels de santé grâce à la mise en place du cours Ecorisque⁴.

Erpurs a aussi fait la démonstration de la nécessité et de la faisabilité de l'évaluation des risques en santé environnement à visée décisionnelle. Ainsi, les instigateurs du programme Erpurs ont aussi contribué à la création du département santé environnement qui a été créée en 1994 au sein du Réseau national de santé publique (devenu l'InVS aujourd'hui) (W. Dab, communication personnelle).

Amorce d'un dispositif national de surveillance

Erpurs a fortement contribué à mettre en évidence l'intérêt pour les décideurs d'une surveillance des effets de l'environnement sur la santé. Il a conduit à la mise en place d'un véritable dispositif de surveillance en Île-de-France s'inscrivant dans la durée. Cependant, les estimations sur un site unique se heurte à certaines limites et ne sont pas facilement extrapolables. Le dispositif a donc été étendu en 1997 sur le territoire par le RNSP, devenu aujourd'hui l'institut de veille sanitaire⁵. Le déploiement a été réalisé sur 9 villes et a donné naissance au Programme de surveillance air et santé 9 villes, ou Psas 9. Erpurs a naturellement été intégré à ce dispositif. Dans ce cadre, grâce à un travail continu d'échanges scientifiques et techniques réguliers, Erpurs a fait bénéficier les « nouvelles » villes de son expérience et a contribué notamment à promouvoir une démarche multi-disciplinaire dans les régions françaises (P. Quénel, communication personnelle). Dans le même temps, cette intégration a aussi bénéficié à Erpurs, dans le sens où elle a permis de faire évoluer la méthode dans le cadre d'une démarche standardisée.

⁴ Formation mise en place à partir de 1994 par le RNSP (Réseau national de santé publique qui est devenu aujourd'hui l'InVS) en partenariat notamment avec l'ENSP (EHESP aujourd'hui).

Intégration de la santé environnementale dans les domaines d'études de l'ORS

À la suite du développement du programme Erpurs, le champ de la santé environnementale a été investi plus largement au sein de l'ORS Île-de-France. Il y occupe aujourd'hui une place tout aussi importante que les autres problèmes sanitaires de la région.

A côté de la pollution atmosphérique urbaine, sont traités des problèmes aussi divers que les effets sanitaires du bruit, des radiofréquences, de diverses substances (phytosanitaires, composés organiques volatils, perturbateurs endocriniens), des filières de traitement des déchets, de la pollution des sols ou de l'eau. Ces sujets ne sont pas tous traités avec le même niveau d'approfondissement. Certaines questions sont abordées de manière ponctuelle, l'objectif étant de rassembler la connaissance actuelle et fournir des pistes de réflexion pour l'action. D'autres thématiques, en revanche, s'inscrivent de manière plus pérenne dans le programme d'études de l'ORS. Ainsi, depuis 2005, la problématique de la qualité de l'air intérieur [21][22] et plus largement celle de l'habitat, est investiguée. Les problématiques de la pollution de l'air intérieur et de la pollution atmosphérique urbaine sont souvent traitées de manière cloisonnées, les politiques respectives de lutte agissant sur des leviers distincts. Toutefois, ces deux problématiques interagissent entre elles. Ainsi, l'expertise acquise dans le domaine de la qualité de l'air intérieur vient nourrir les réflexions menées dans le cadre du programme Erpurs. Avec l'analyse du Baromètre santé environnement de l'Inpes mené en 2007, l'ORS a aussi développé une expertise dans le domaine des perceptions de la population en matière de santé-environnement avec une mise en perspective des connaissances acquises sur les divers domaines, notamment celui lié à la pollution atmosphérique urbaine.

L'ORS développe aussi des approches plus transversales, avec une réflexion menée depuis 2011 dans le cadre du Plan régional santé environnement 2, sur l'identification des points noirs environnementaux et sur la question des inégalités d'exposition.

Au final, l'ORS dispose d'une expertise sur un large éventail de sujets de santé environnementale faisant l'objet d'une attention particulière dans la région. Ceci constitue un atout pour aborder ces questions de manière décloisonnée et peut se traduire concrètement via le prisme de l'urbanisme où les questions de santé environnementale sont abordées de manière plus intégrées. Ainsi, même si la pollution atmosphérique et les nuisances sonores sont majeures en contexte urbain, les questions de santé et d'urbanisme ne se résument pas à des questions d'environnement. En effet, elles prennent en compte également les déterminants socio-économiques de la santé. L'ORS, grâce à sa pluridisciplinarité a pu mobiliser des expertises variées autour de son cœur de métier en santé-environnement mais aussi plus largement sur des enjeux d'inégalités sociales et territoriales de santé, dans le cadre d'une collaboration avec l'IAU Île-de-France par la publication du Cahiers « Territoires, incubateurs de santé ? » [23].

Apports scientifiques

Les différents travaux entrepris ainsi que leurs principales conclusions sont décrits ici de manière concise, les résultats chiffrés les plus marquants sont quant à eux décrits en annexe (cf. Annexe 3).

Etudes des effets à court terme de la pollution atmosphérique

Actualisation de la relation exposition-risque et prise en compte de l'évolution des indicateurs

La mise en évidence des effets à court terme de la pollution atmosphérique a constitué la motivation initiale du programme Erpurs. Ces analyses ont été par la suite répétées dans le temps grâce à la constitution d'un système de surveillance permanent de la pollution atmosphérique et de son impact sanitaire. Ces analyses ont permis d'actualiser en permanence les résultats en considérant des périodes d'études plus récentes et en tenant compte des derniers indicateurs disponibles issus d'une part du réseau de mesure de la pollution atmosphérique en Île-de-France, d'autre part, des systèmes de recueil des données de recours aux soins (hospitalisations, urgences, SOS-Médecins) et du Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès. En effet, ces systèmes ont évolué. Concernant le recueil des indicateurs sanitaires, par exemple, le système de recueil des données d'admissions hospitalières a été remis à plat en 1997, avec le passage du système Otarie au système PMSI. Des modifications concernant le codage des motifs d'hospitalisation ou de décès sont également intervenues. Enfin, de nouveaux systèmes ont été implantés, tels que le Centre régional de veille et d'action sur les urgences (Cerveau) créé en 2004. Concernant le recueil des données environnementales, la surveillance de la qualité de l'air s'inscrit notamment dans un cadre réglementaire en évolution, prescrivant la surveillance de nouveaux paramètres. C'est ainsi qu'à partir de 2000, la surveillance des particules PM_{2,5} a été initiée au sein du réseau Airparif.

Erpurs s'inscrit donc dans le cadre d'une surveillance épidémiologique réactive. Toutes ces évolutions se sont bien sûr accompagnées d'une réflexion sur la signification de ces indicateurs, sur leurs limites et les biais potentiels afin de fournir la meilleure interprétation possible des résultats.

Parallèlement au développement de nouveaux indicateurs, la méthode d'analyse statistique a évolué dans le cadre d'une approche standardisée développée au niveau national dans le cadre du Psas et européen, dans le cadre d'APHEA et d'APHEIS.

Ainsi, les principaux résultats obtenus sur la période 1987-1992 ont mis en évidence un lien entre les niveaux moyens de pollution couramment observés en agglomération parisienne et des problèmes de santé : accroissement de la mortalité, des hospitalisations, des visites à domicile et

des arrêts de travail [16]. Ces premiers résultats ont été confortés par ceux obtenus ensuite sur la période 1991-1995 [24]. Ces derniers ont toutefois montré un léger accroissement des risques par rapport à la première période d'étude (1987-1992), autant pour la mortalité que pour la morbidité liées à l'appareil circulatoire ou respiratoire. L'étude suivante publiée en 2003 concernait la période 1987-2000 [25] et portait uniquement sur des indicateurs de mortalité et de morbidité hospitalière. L'allongement de la période d'étude, qui augmente la puissance statistique de l'analyse, ainsi que les améliorations méthodologiques, ont permis de mettre en évidence un nombre plus important de liens significatifs entre indicateurs de pollution et indicateurs sanitaires.

Le rapport suivant, publié en 2005, fournit une analyse approfondie des données concernant les visites médicales à domicile fournies par SOS médecins [26] suite à une première analyse publiée en 1997 [27]. Cet indicateur d'activité médicale est potentiellement plus sensible aux variations des niveaux de pollution atmosphérique par rapport aux indicateurs de mortalité et d'activité hospitalière, en raison de la moindre gravité des motifs de recours. Par ailleurs, il reflète mieux le recours au soin en urgences car contrairement aux données d'hospitalisation, il permet de s'affranchir du biais lié à l'activité médicale programmée, dont les variations temporelles n'ont aucune raison d'être reliées à celles des niveaux de pollution atmosphérique. Cette étude a, de plus, exploré le délai éventuel existant entre l'augmentation des niveaux de pollution et l'événement sanitaire. En effet, l'impact sanitaire de l'augmentation du niveau de pollution un jour donné est susceptible de s'étaler sur plusieurs jours, avec des variations de son intensité au cours de cette période. Cette étude a porté sur les indicateurs de pollution particulaire PM_{10} et, pour la première fois $PM_{2,5}$, ainsi que le dioxyde d'azote et a couvert la période de 2000 à 2003.

A partir de 2004, un groupe de travail a été constitué afin de mener une réflexion pour déterminer l'indicateur d'exposition à la pollution photo-oxydante le plus pertinent pour mesurer les effets sanitaires respiratoires de ce type de pollution. En effet, l'analyse des liens entre cet indicateur d'exposition et la santé présente de nombreuses difficultés du fait que l'ozone est un polluant dit « secondaire ». Ce travail a donné lieu à une publication [28] montrant l'existence d'une relation exposition-risque non linéaire sur l'année entière entre l'ozone et le risque d'être hospitalisé pour causes respiratoires. Cette étude a, par ailleurs, souligné que l'indicateur d'exposition à la pollution photo-oxydante le plus approprié semble être le maximum journalier des moyennes mobiles sur 8 heures, en distinguant les saisons chaudes et froides. Les résultats obtenus avec cet indicateur d'exposition montraient un lien significatif entre les niveaux d'ozone couramment observés sur Paris et sa proche couronne en été et les hospitalisations pour causes respiratoires.

L'étude suivante a porté sur l'analyse des liens à court terme entre les niveaux de différents indicateurs de pollution particulaire et des indicateurs de morbidité (hospitalisations et appels à SOS Médecins) sur la période 2003-2006. Jusqu'à présent, la plupart des études

épidémiologiques s'étaient intéressées aux PM_{10} d'une part, et au $PM_{2,5}$ d'autre part. Ainsi, ce travail, publié en 2008, a examiné les effets de la fraction grossière ($PM_{2,5-10}$) qui se distingue de la fraction fine ($PM_{2,5}$) non seulement par la taille des particules mais aussi par la composition [29]. Des excès de risque positifs ont été retrouvés pour la plupart des indicateurs de morbidité respiratoire. Par ailleurs, des relations positives mais non significatives ont été trouvées pour la plupart des indicateurs de morbidité cardio-vasculaire. Les élévations de risque sanitaire apparaissaient plus importantes pour une même augmentation des niveaux de $PM_{2,5-10}$ comparées aux autres indicateurs particuliers, même si les estimations étaient moins précises. Les excès de risque évoluaient peu lors de la prise en compte simultanée des deux fractions particulières dans les modèles.

En 2007, alors que les systèmes d'information commençaient à se généraliser dans les services d'urgences des hôpitaux de l'AP-HP, une réflexion a été initiée pour évaluer la qualité des données issues du PMSI. C'est à partir de cette source de données que les indicateurs d'hospitalisation utilisés dans les études Erpurs ont été construits dès 1997. Or, elle a, à l'origine une visée médico-économique, et ne permet pas de faire la distinction entre les hospitalisations programmées, qui n'ont pas de lien à court terme avec la pollution atmosphérique, et les hospitalisations en urgence. L'analyse qui a été menée visait ainsi à préciser si ces hospitalisations programmées affectaient la qualité de l'indicateur classiquement utilisé pour estimer les effets de la pollution atmosphérique [30]. Elle a montré que la spécificité des données PMSI variait en fonction des pathologies étudiées. Ainsi, pour les pathologies respiratoires, l'indicateur classiquement utilisé semblait fournir une bonne estimation des hospitalisations en urgence. En revanche, concernant les pathologies cardiovasculaires, les admissions programmées étaient susceptibles d'introduire un bruit pouvant affecter la précision des estimations.

Analyses portant sur des sous-groupes de population

Les différentes analyses menées dans le cadre d'Erpurs citées précédemment ont porté sur différentes classes d'âges. Il apparaît que les personnes les plus sensibles (enfants et personnes âgées) sont plus fortement affectées par les variations des niveaux de pollution.

A partir de 2008, un groupe de travail a été mis en place afin d'élaborer des indicateurs à partir du système de recueil de données de recours aux urgences. A l'issue de cette réflexion, une étude sur les effets des expositions aux polluants particuliers ($PM_{2,5}$ et $PM_{2,5-10}$) et gazeux (NO_2) sur les recours aux urgences pour des affections des voies respiratoires inférieures (asthme, bronchite et bronchiolite) chez les nourrissons de moins de 2 ans et les enfants de 2 à 14 ans a été menée. Comme évoqué, l'impact à court terme de la pollution atmosphérique sur la santé respiratoire des enfants avait déjà été approché dans les précédentes études du programme Erpurs, mais les indicateurs sanitaires utilisés étaient souvent assez peu spécifiques d'une pathologie en particulier, et les classes d'âge étudiées relativement larges (0-14 ans), notamment

du fait de contraintes méthodologiques. En effet, le renforcement du recueil des données de passages dans les services d'urgences, et la disponibilité de séries temporelles couvrant une période suffisamment longue a offert la possibilité d'apporter un nouvel éclairage sur les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé respiratoire des enfants dans la région. Des liens positifs et significatifs étaient retrouvés entre le nombre quotidien de passages aux urgences pour asthme et bronchite chez les 0-1 an et les 2-14 ans et les niveaux ambiants de pollution, pour une élévation « habituelle » des niveaux de polluants du jour et de la veille. Les effets des expositions étaient majoritairement visibles sur les passages des 5 jours suivant l'exposition, excepté pour les passages pour bronchiolite des 0-1 an pour lesquels une augmentation du nombre de passages était observée dans les 5 à 15 jours suivant l'exposition. Ce travail a également démontré la faisabilité d'utiliser les données de recours aux urgences pour ce type d'analyse, ce qui n'avait jamais été fait auparavant en France.

Par ailleurs, en 2006, une étude a été spécifiquement menée afin d'explorer la différence de sensibilité à la pollution atmosphérique chez les hommes et les femmes. Ce travail a porté sur les hospitalisations pour causes respiratoires, sur la période 2000-2003 [31]. Il a été montré que la physiologie et les pathologies de l'appareil respiratoire différaient selon le sexe avec une part de responsabilité dans l'apparition des pathologies respiratoires des déterminants biologiques liés au sexe et des déterminants environnementaux et socioculturels, liés au genre. Toutefois, rares sont les travaux épidémiologiques menés afin de rechercher une éventuelle différence de sensibilité vis-à-vis de la pollution atmosphérique selon le sexe. Ce travail a mis en évidence des augmentations de risque pour les hommes statistiquement significatives et supérieures à celles, non significatives, obtenues pour les femmes. Cette étude seule ne fournit pas de réponse définitive quant à l'existence d'une réelle différence de sensibilité entre hommes et femmes vis-à-vis des effets à court terme de la pollution atmosphérique mais elle a permis de montrer l'intérêt d'une analyse différenciée selon le sexe.

Utilisation de méthodes alternatives

Alors que les effets sanitaires à court terme de la pollution atmosphérique ont été mis en évidence initialement au moyen d'analyses de séries temporelles, une méthode alternative, la méthode cas-croisé⁶, a été de plus en plus utilisée à partir du milieu des années 2000. Cette méthode, de mise en œuvre plus simple d'apparence, semblait offrir une bonne alternative à la méthode utilisée jusque-là dans Erpurs. Toutefois, au préalable, il s'avérait nécessaire de discuter les avantages et inconvénients de cette dernière vis-à-vis de l'analyse de séries temporelles pour mesurer les effets sanitaires à court terme de la pollution atmosphérique [32]. Cette réflexion a permis de conclure que les résultats obtenus au moyen d'une étude de type cas-

⁶ Dans une étude de type cas-croisé, chaque cas est son propre témoin et l'exposition d'un sujet dans un délai proche de l'événement sanitaire (période cas) est comparée avec celle d'une période pendant laquelle ce même sujet ne présentait pas l'événement sanitaire (période témoin).

croisé sont similaires à ceux obtenus au moyen d'analyses de séries temporelles. Toutefois, cette nouvelle approche ne permet pas de prendre en compte une sur-dispersion éventuelle dans les données. Ainsi, l'utilisation d'analyses de séries temporelles pour mesurer les effets sanitaires à court terme de la pollution atmosphérique reste à privilégier dans le cas de données agrégées.

Problématique de la proximité au trafic routier

Alors que les liens entre la pollution globale de l'atmosphère en milieu urbain et la santé sont bien établis, la question des risques liés aux expositions à proximité du trafic routier est très prégnante, en particulier en Île-de-France compte tenu du contexte fortement urbanisé de la région. Or les travaux épidémiologiques ayant exploré spécifiquement cette question étaient relativement peu nombreux jusque récemment. Dans ce contexte, un état des lieux des connaissances de cette problématique a été entrepris dans le cadre du programme Erpurs. Cette revue, publiée en 2009, a mis en évidence la difficulté de caractériser l'exposition des populations à la pollution atmosphérique à proximité des axes routiers. Ainsi, les études épidémiologiques ont souvent eu recours à des méthodes indirectes, basées sur la distance du lieu de vie à l'axe routier ou bien sur la modélisation des niveaux de polluants au lieu de vie. Ces méthodes, malgré leurs limites, permettent d'approcher des contrastes d'exposition bien réels qui se manifestent par un état de santé plus dégradé des populations résidant à proximité des sources de trafic routier. Alors que la littérature dans ce domaine est en développement, les impacts sanitaires demeurent difficiles à appréhender, en particulier du fait de la grande diversité des approches utilisées dans les études épidémiologiques. Ce travail conclut à la nécessité d'une plus grande cohérence dans les protocoles pour une meilleure visibilité des résultats [33].

En 2012, en se basant sur une méthodologie développée dans le cadre du projet européen APHEKOM (voir ci-après), pour la première fois en France, le programme Erpurs évalue l'impact sanitaire des expositions à proximité du trafic routier et montre la contribution importante de cette source de pollution dans la survenue de pathologies chroniques telles que l'asthme. L'originalité de ce travail repose par ailleurs sur la prise en compte simultanée des conséquences à court et à long terme de la pollution atmosphérique pour quantifier l'impact global de la pollution de l'air en termes de survenue de symptômes et de recours au soin, jusqu'alors largement sous-estimé. Ainsi, en prenant le cas de l'asthme, sont comptabilisés, non seulement les symptômes déclenchés par la pollution de l'air mais également les symptômes provoqués par d'autres facteurs considérant qu'ils surviennent chez des enfants dont l'asthme est lié aux expositions à proximité du trafic [34].

Le programme Erpurs aujourd'hui et ses perspectives

L'orientation des travaux du programme Erpurs est discutée au sein de son conseil scientifique et reçoit l'aval des instances de pilotage de l'ORS Île-de-France présidé par le Conseil régional et l'Agence régionale de santé⁷. Ainsi, le Conseil régional et l'état, par leur vote d'adhésion renouvelé chaque année, marquent leur soutien et leur attachement à ce programme.

Organisation

Le programme Erpurs est aujourd'hui animé par un binôme au sein de l'ORS Île-de-France constitué d'un épidémiologiste et d'un statisticien, héritiers de nombre de chargés d'études (cf. Annexe 4) qui ont chacun contribué au développement et à la mise en œuvre de ce programme.

L'orientation des travaux est discutée au sein d'un conseil scientifique constitué d'une dizaine de personnes représentant notamment les différents partenaires (liste des membres cf. Annexe 5). Le conseil scientifique se réunit au moins une fois par an pour discuter des protocoles et perspectives d'études. Il est par ailleurs mobilisé pour relire les travaux avant publication.

Airparif, partenaire fondamental, est membre de ce conseil mais il est aussi un partenaire privilégié avec qui les échanges sont plus fréquents. En effet, il est toujours nécessaire de maintenir le dialogue entre l'épidémiologiste et le métrologue. Par ailleurs, l'ORS Île-de-France siège au sein de son conseil d'administration.

Perspectives du programme Erpurs

Un rôle d'innovation

Aujourd'hui, la recherche dans le domaine des effets sanitaires de la pollution atmosphérique mobilise un grand nombre d'équipes et se décline dans de nombreuses régions du monde. Le nombre de publications scientifiques ne cesse de croître. Malgré tout, certains domaines de connaissance doivent encore être explorés de manière approfondie. Il est communément admis que la pollution urbaine a un impact substantiel sur la santé, toutefois le champ des effets observés s'élargit. En plus des effets connus sur l'appareil cardio-respiratoire, les effets de la pollution atmosphérique sur la santé peuvent s'observer également sur le risque de naissance prématurée, le développement neurologique de l'enfant et la démence chez les personnes âgées.

⁷ Direction régionale des affaires sanitaires et sociale (Drass) avant la création des ARS en 2010

Ces questions doivent être précisées. La question des effets sanitaires des différents composants des particules constitue également un axe de recherche important et un enjeu en matière de lutte contre la pollution de l'air. Ces questions sont portées par des équipes de recherche internationales, toutefois, il s'avère aussi nécessaire d'étayer localement ces connaissances afin de prendre en compte les spécificités locales en termes de composition de la pollution, de sensibilité des populations et de profils d'exposition.

Ainsi, le développement des connaissances constitue un axe toujours important du programme Erpurs, d'autant plus que, comme cela a été exposé précédemment, l'Île-de-France constitue un bon terrain d'expérimentation. En effet, d'une part, elle bénéficie de données sanitaires abondantes et de bonne qualité ainsi que d'une population nombreuse qui procure une puissance statistique unique en France. D'autre part, en termes de données environnementales, la surveillance réalisée par Airparif s'appuie sur un dispositif comportant un réseau dense de stations de mesures et en évolution permanente. De plus, afin de mieux appréhender les phénomènes de pollution atmosphérique, la surveillance de nouveaux indicateurs de pollution est développée en dehors de la surveillance réglementaire. Ces spécificités locales favorisent le développement de protocoles originaux, mettant en œuvre de nouveaux indicateurs, tant sanitaires qu'environnementaux, ou de nouvelles méthodes. Ces derniers pourront ensuite être déployés à une échelle plus large, à savoir une échelle multicentrique susceptible de conférer une meilleure robustesse des résultats.

Ainsi, Erpurs a vocation à conserver un rôle d'innovation, l'enjeu consiste à conserver la bonne articulation avec les autres programmes, en particulier avec le Psas (cf. § « Complémentarité avec les échelons national et européen » p.39).

Elargir le champ de la surveillance des effets et développer de nouvelles approches

Surveillance des effets à long terme

Les effets de la pollution atmosphérique se manifestent à court et à long termes. Dans le premier cas, la pollution de l'air est responsable d'aggravations aiguës de l'état de santé ou d'exacerbations de pathologies chroniques préexistantes, elle constitue le déclencheur. Dans le second cas, la pollution de l'air intervient dans le développement de pathologies chroniques, survenant après plusieurs années d'exposition, même à de faibles niveaux de concentration. En termes d'impact sanitaire, c'est l'exposition chronique qui pèse le plus lourd. En termes de recherche, les effets des expositions chroniques ont été documentés plus récemment. En effet, les protocoles des études sont plus complexes à mettre en œuvre et nécessitent le suivi de population sur de longues périodes. Jusqu'à il y a peu, les calculs d'impact sanitaire reposaient

pour certains indicateurs sur des résultats issus de la littérature nord-américaine. Plus récemment, le projet européen ESCAPE a livré ses premiers résultats et fournit des estimations de risque qui reflètent mieux les spécificités locales. Dans le cadre du Psas, des analyses de données issues d'une cohorte française sont en cours. Le programme Erpurs s'est concentré jusqu'à présent sur l'évaluation des risques à court terme de l'exposition à la pollution atmosphérique. Avec l'avènement de larges cohortes, telles que la cohorte Constances⁸, et la caractérisation de plus en plus fine des niveaux de pollution de l'air dans la région, la question se pose d'investir également ce champ de recherche.

La connaissance des effets à long terme constitue un enjeu, pour autant, la surveillance des effets à court terme reste utile et nécessaire afin de progresser dans la compréhension des phénomènes et de proposer les mesures de gestion les plus adaptées. Ceci est d'autant plus nécessaire qu'il ne faut pas négliger l'impact médiatique des épisodes de pollution.

De nouveaux indicateurs d'exposition pour la surveillance des effets à court terme

Alors que la surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France évolue, de nouvelles perspectives en termes d'analyses épidémiologiques se dessinent. En particulier, de nouveaux indicateurs d'exposition aux polluants particuliers sont suivis en temps réel par Airparif. Il s'agit du black carbon, qui reflète plus particulièrement les émissions issues des phénomènes de combustion. Les premiers enseignements des études épidémiologiques semblent indiquer qu'il constitue par ailleurs un bon prédicteur des effets sanitaires [35]. Une réflexion sur la signification de ces nouveaux indicateurs en termes d'exposition va être initiée en vue d'appréhender les liens à court terme avec les indicateurs sanitaires. Ceci constituera un premier pas pour mieux comprendre l'implication des différentes sources de polluants dans l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique.

Conséquences des épisodes de pollution

Une réflexion a été initiée afin de bâtir un argumentaire étayé en réponse aux questions que se posent régulièrement les pouvoirs publics et le grand public lors de la survenue d'un épisode de pollution atmosphérique. Cette réflexion implique notamment le développement de modèles d'analyse spécifique. Par ailleurs, en parallèle doit être menée une réflexion concernant les pics de recours aux urgences et notamment la prise en compte de l'ensemble des facteurs explicatifs qui peuvent intervenir. Cela pose la question des synergies entre exposition à la pollution atmosphérique et d'autres facteurs comme les pollens et les phénomènes infectieux.

⁸ Constances est une cohorte épidémiologique « généraliste » constituée d'un échantillon représentatif de 200 000 adultes âgés de 18 à 69 ans à l'inclusion, consultant des Centres d'examen de santé (CES) de la Sécurité sociale.

Explorer les différences de sensibilité

Les analyses réalisées notamment dans le cadre d'Erpurs montrent que les enfants et les personnes âgées sont des populations plus sensibles aux expositions à la pollution de l'air [25,36,37]. De nombreux travaux s'intéressent aux différences de sensibilité à la pollution de l'air selon les caractéristiques des individus telles que l'âge, la préexistence de pathologies chroniques ou encore le niveau socio-économique. La question des différences de sensibilité selon le genre est toutefois peu abordée. Chez l'adulte, ces différences peuvent renvoyer à des variations de sensibilité intrinsèque mais aussi à des différences dans les pratiques de recours au soin ainsi qu'à des expositions individuelles potentiellement différentes entre les hommes et les femmes. Une meilleure connaissance sur ces questions permettrait de développer des messages de prévention plus ciblés. Suite aux travaux déjà menés dans le cadre d'Erpurs, cette question mériterait d'être approfondie.

Evolution des risques sanitaires

Cette question vient prolonger la réflexion déjà engagée sur l'analyse de l'évolution de la relation exposition risque dans le temps. Alors que les émissions atmosphériques de polluant évoluent au cours du temps et donc que la composition de la « soupe » de polluants se modifie, la question de la modification des risques au cours du temps se pose. Ceci constitue un enjeu de recherche qui se heurte également à des difficultés méthodologiques. En termes d'interprétation des résultats, l'approche multidisciplinaire est plus que nécessaire. Le programme Erpurs a commencé à explorer cette question en estimant l'évolution des risques entre 1990 et 2010, au travers de l'analyse des liens à court terme entre niveaux de l'indice de fumée noire et mortalité (à paraître).

Evaluer les bénéfices sanitaires des actions

L'évaluation des bénéfices sanitaires des politiques publiques et leur traduction économique constitue une problématique pour laquelle les gestionnaires ont beaucoup d'attentes. Ainsi, cette réflexion constituera dans les années à venir un axe structurant du programme Erpurs.

Cet exercice est confronté à de nombreuses difficultés, en premier lieu liées au fait que l'implémentation des mesures s'inscrit généralement dans la durée et que l'amélioration de la qualité de l'air n'intervient que progressivement. Ainsi, les éventuelles améliorations de l'état de santé des populations peuvent être corrélées à d'autres déterminants qui ont pu évoluer dans le même intervalle [38]. Cette question s'articulera donc avec la réflexion sur les méthodes permettant d'analyser l'évolution de la relation exposition risque de même que les travaux menés dans ce cadre du programme européen APHEKOM qui a également examiné ces aspects, viendront alimenter la réflexion [39] [40].

La littérature sur le sujet est peu développée et diverses approches peuvent être envisagées, notamment selon le type d'action à évaluer [41]. A ce titre, dans le cadre d'un appel à projet de recherche Primequal « Contribution à l'évaluation des expérimentations de zones d'action prioritaires pour l'air (ZAPA) », un inventaire des méthodes épidémiologiques permettant d'évaluer les impacts sanitaires de la mise en place ce type d'action a été réalisé⁹. La réflexion à engager dans le cadre d'Erpurs pourra également s'appuyer sur les résultats de ce travail.

Complémentarité avec les échelons national et européen

Pôle local du programme national de surveillance coordonné par l'InVS

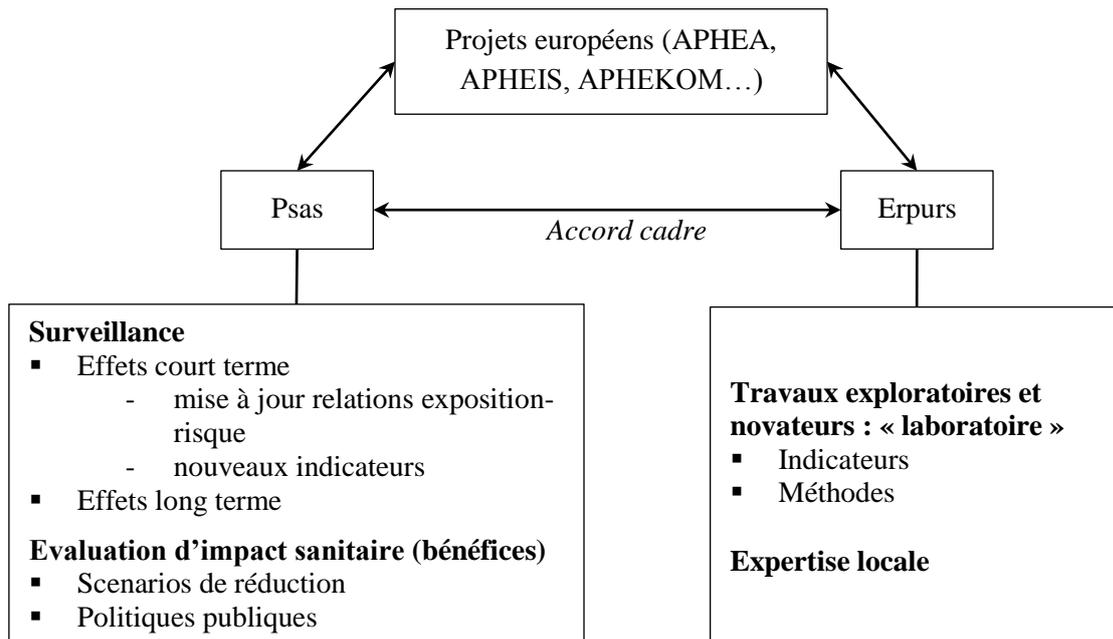
Comme évoqué au chapitre « Amorce d'un dispositif national de surveillance » (p. 26), le programme Erpurs a largement participé au déploiement du Programme de surveillance air et santé (Psas) coordonné par l'InVS (le RNSP initialement). L'objectif général de ce programme, mis en place en 1997, dans neuf grandes villes françaises (Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Strasbourg, Toulouse) était de quantifier, à l'échelle de la population, les relations exposition/risque entre des indicateurs de pollution atmosphérique et des indicateurs de santé. Dans cette configuration, Erpurs constituait le pôle parisien et participait aux travaux du Psas 9 au même titre que les autres pôles directement rattachés à l'InVS.

Aujourd'hui, alors que l'expertise s'est développée en région et que le dialogue entre les différents partenaires et entre les disciplines s'est instauré, le Psas 9, aujourd'hui « programme air et santé » a évolué vers un dispositif local allégé, avec un traitement centralisé des données, renforçant la standardisation de la démarche. Cette organisation, dans le même temps, a permis un déploiement plus large en termes de nombre de sites.

Erpurs fait toujours partie de ce dispositif et continue d'alimenter les réflexions nationales de son expertise. Il est impliqué dans le développement des différents axes de travail. Cette participation est formalisée par un accord cadre régulièrement renouvelé. Par ailleurs, l'InVS est représenté au sein du conseil scientifique du programme Erpurs qui, notamment, compte parmi ses membres, la coordinatrice du Psas, Sylvia Medina. Cette organisation favorise ainsi les échanges, conférant aux travaux entrepris une bonne complémentarité et permet un enrichissement mutuel.

⁹ Projet « Prequalif-Iznogoud-Barc », Programme Pluridisciplinaire de REcherche sur la QUALité de l'air en Île-de-France. Impacts des Zapa : NOuvelle Génération d'OUtils de Diagnostic et d'évaluation des Bénéfices sanitaires et économiques Attribuables aux Restrictions de Circulation. (APR Primequal Zapa 2011)

Figure 1 : Articulation d'Erpurs avec le Psas



Contribution aux programmes européens

Le programme Erpurs, dès ses débuts en 1992, s'est investi aux côtés de partenaires européens dans le cadre de programmes soutenus par la Commission européenne, en premier lieu, APHEA (Air Pollution and Health : a European Approach) comme évoqué précédemment (cf. § « Le protocole de l'analyse statistique », p15).

A partir de 1999, Erpurs a été associé au programme APHEIS (*Air Pollution and Health : a European Information System*), auquel il a fourni les indicateurs relatifs à la situation parisienne. APHEIS a été créé pour fournir des informations, actualisées et faciles à utiliser, sur la pollution atmosphérique et la santé publique à l'ensemble des parties-prenantes. Pour développer cette ressource d'informations, le programme APHEIS a été déployé en trois phases, entre 1999 et 2005. Ainsi, un système de surveillance de santé publique basé sur des protocoles standardisés a initialement été créé. Ce système a permis de générer les informations nécessaires aux EIS (évaluations des impacts sanitaires) de la pollution atmosphérique en Europe, et ceci en continu à l'échelle locale, régionale, nationale et européenne. Il a ainsi fourni des estimations quantitatives de l'impact à court et à long termes de la pollution atmosphérique urbaine sur la mortalité et la morbidité hospitalière dans 26 villes européennes présentant des contrastes géographiques, sociaux, économiques et culturels (Athènes, Barcelone, Bilbao, Bordeaux, Bucarest, Budapest, Celje, Cracow, Dublin, Göteborg, Le Havre, Lille, Ljubljana, Londres, Lyon, Madrid, Marseille, Paris, Rome, Rouen, Sevilla, Stockholm, Strasbourg, Tel Aviv, Toulouse, Valencia) [42].

Erpurs a plus récemment contribué au projet APHEKOM (Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe) mené entre 2008 et 2011. L'objectif de ce projet, dans la lignée d'APHEIS, était d'apporter au niveau européen, de nouvelles recherches, une plus forte interaction avec les parties prenantes et une meilleure communication autour de l'évaluation d'impact sanitaire auprès de ceux qui en ont besoin.

Partager l'expertise

Communication des résultats

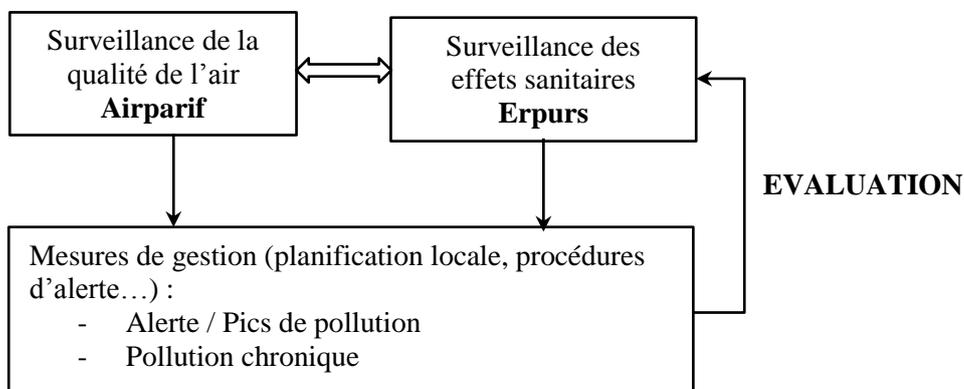
L'ensemble des travaux d'Erpurs ont donné lieu à la publication de rapports ainsi que de synthèses mises en ligne et téléchargeables sur le site internet de l'ORS Île-de-France. Une diffusion large est effectuée auprès d'une base de plus de 300 contacts. Ces travaux, pour la plupart, ont été valorisés sur le plan scientifique, dans des publications à comité de lecture ainsi que lors de colloques. L'ensemble de ces publications est fourni en Annexe 6 : Etudes publiées dans le cadre d'Erpurs et des travaux coordonnés par l'InVS.

Les activités d'Erpurs sont également valorisées auprès des étudiants par le biais de la formation (Masters spécialisés, Institut de formation en soins infirmiers...), ainsi qu'auprès du grand public par le biais de conférences ou bien en réponse à des journalistes.

Accompagnement des politiques publiques

La proximité de l'ORS Île-de-France avec les instances décisionnelles locales, favorise la diffusion des résultats du programme Erpurs auprès d'elles. Ainsi, le partage de l'expertise en vue de favoriser les actions de lutte contre la pollution de l'air au niveau local reste au cœur des préoccupations de ce programme (cf. Figure 2). Erpurs continue donc à fournir un accompagnement dans le cadre des différents exercices de planification.

Figure 2 : Erpurs à l'interface entre connaissances et actions



Erpurs alimente la réflexion concernant les outils de communication, et en particulier le développement des méthodes d'évaluation des impacts sanitaires, notamment menée dans le cadre du Programme de surveillance air et santé (Psas).

Il apparaît également pertinent de se rapprocher des équipes de recherche afin d'exploiter les résultats des travaux menés, en vue de les traduire en termes plus directement utilisables pour l'aide à la décision.

Conclusion

Le programme Erpurs a joué un rôle majeur dans la requalification de la pollution atmosphérique en enjeu de santé publique et, à ce titre, a véritablement marqué l'histoire de la lutte contre cette pollution. Les premiers résultats d'Erpurs ont permis d'alimenter les débats alors en vigueur dans le cadre des réflexions portant sur la loi sur l'air (Loi promulguée en 1996). Cette loi a notamment instauré un couplage de la surveillance de la qualité de l'air avec celui de la surveillance sanitaire. C'est dans ce contexte que le programme a évolué vers un véritable système de surveillance épidémiologique aujourd'hui déployé à l'échelle nationale dans le cadre du programme de surveillance « air et santé » coordonné par l'Institut de veille sanitaire.

Erpurs a également marqué le développement de la santé environnementale en France en instaurant le découplage des disciplines. Erpurs a en particulier scellé la rencontre entre les épidémiologistes et les métrologistes et a pointé du doigt l'enjeu qui réside dans le mesurage des expositions environnementales. C'est pourquoi, ce programme entretient toujours un lien important avec Airparif.

Le programme Erpurs a été conçu au départ pour évaluer et surveiller les risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique dans un contexte où il fallait faire la preuve des effets. Or aujourd'hui, le contexte a évolué : les effets de la pollution de l'air sur la santé ne sont plus à démontrer mais sont toujours d'actualité. Les résultats les plus récents du programme sont là pour le rappeler. Nous en savons donc suffisamment pour agir. Si une amélioration de la qualité de l'air a été observée au cours de la dernière décennie, les progrès ne se font pas, ces dernières années, à la mesure de l'enjeu sanitaire. Ainsi, le programme Erpurs, dont l'ambition dès la conception était de guider l'action publique, a encore un rôle important à jouer, avec une vraie complémentarité à faire valoir avec le programme de surveillance national (Psas).

Bibliographie

1. Mage J, Batta G. Résultats de l'expertise judiciaire sur la cause des accidents survenus dans la vallée de la Meuse pendant les brouillards de décembre 1930. *Chim Ind.* 1932;27:961–75.
2. Ashe WF. Acute effects of air pollution in Donora, Pennsylvania. *Air Pollution.* New York: McGraw-Hill. 1952;455:458.
3. McCabe LC, Clayton GD. Air pollution by hydrogen sulfide in Poza Rica, Mexico; an evaluation of the incident of Nov. 24, 1950. *Archives of industrial hygiene and occupational medicine.* 1952;6:199–213.
4. 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. *Environmental health perspectives.* National Institute of Environmental Health Science; 2001;109:389.
5. CITEPA. Dioxyde de soufre - SO₂ [Internet]. Available from : <http://www.citepa.org/fr/pollution-et-climat/polluants/aep-item/dioxyde-de-soufre>
6. Quénel P, Medina S, Ferry R. La Pollution Atmosphérique dans les Métropoles. *Pollution atmosphérique.* 1994;143:54–66.
7. Festy B, Quénel P. Pollution atmosphérique et épidémiologie en France : une longue maturation. *Pollution atmosphérique.* 2003; N° spécial. 50 ans de surveillance de la qualité de l'air en France : p 23–34.
8. Groupe Coopératif Paarc. Pollution atmosphérique et affections respiratoires chroniques ou à répétition. I Méthodes et sujets. *Bull Europ Physiopathol Respir.* 1982;18:87–99.
9. Groupe Coopératif Paarc. Pollution atmosphérique et affections respiratoires chroniques ou à répétition. II Résultats et discussion. *Bulletin européen de physiopathologie respiratoire.* 1982;18:101–16.
10. Quénel P. L'épidémiologie d'intervention : une pratique professionnelle entre science et politique, revendiquée et assumée. Le cas de la pollution atmosphérique. *Sciences sociales et santé.* 2008;26:39.
11. Ferry R, Festy B, Dab W, Le Moullec Y, Medina S, Momas I, et al. Effets à court et moyen terme de la pollution atmosphérique sur la santé: Analyse des études épidémiologiques publiées entre 1980 et 1991. Paris : ORS Île-de-France. 1992. 350 p.
12. Dab W, Quenel P, Cohen JM, Hannoun C. A new influenza surveillance system in France: The Ile-De-France "GROG". 2. Validity of indicators (1984–1989). *European Journal of Epidemiology.* Kluwer Academic Publishers; 1991;7:579–87.
13. Dab W. La décision en santé publique surveillance épidémiologique urgences et crises. *ENSP;* 1993.
14. Schwartz J, Marcus A. Mortality and air pollution in London: a time series analysis. *American Journal of Epidemiology.* 1990;131:185–94.
15. Dockery DW. Health Effects of Particulate Air Pollution. *Annals of Epidemiology.* Elsevier; 2014;19:257–63.

16. Medina S, Le Tertre A, Quenel P, Le Moullec Y. Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé, Erpurs. Impact de la pollution atmosphérique sur la santé en Île-de-France: résultats 1987-1992. Paris : ORS Île-de-France. 1994. 103 p.
17. Dockery DW, Pope CA, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, et al. An Association between Air Pollution and Mortality in U.S. Cities. *The New England Journal of Medicine*. 1993;329:1753-9.
18. Schwartz J. Air pollution and daily mortality: a review and meta analysis. *Environmental Research*. 1994;64:36-52.
19. Boutaric F, Lascoumes P. L'épidémiologie environnementale entre science et politique. Les enjeux de la pollution atmosphérique en France. *Sciences sociales et santé*. 2008;26:5.
20. WHO. Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. World Health Organization; 2006;484.
21. Host S, Lefranc A, Camard J, Chardon B, Gremy I. Pollution de l'air intérieur. État des connaissances concernant les effets sanitaires et faisabilité d'une étude épidémiologique en Île-de-France. Paris : ORS Île-de-France. 2005 p. 108.
22. Host S, Grange D, Chatignoux E, Sommen C, Grémy I, Dusséaux DM, et al. Effets sanitaires des moisissures dans l'habitat. L'enquête Esmha, pilote d'une étude épidémiologique. Paris : ORS Île-de-France. 2006 p. 12.
23. IAU Île-de-France. Les Cahiers de l'IAU Île-de-France. Territoires, incubateurs de santé ? n°170/171. Paris; 2014. p. 192.
24. Medina S, Le Tertre A, Dusseux E, Boumghar A, Camard J. Erpurs : Analyse des liens à court terme entre la pollution atmosphérique et la santé : résultats 1991-1995. Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé. Paris; 1998 p. 102.
25. Campagna D, Lefranc A, Nunes-odasso C. Erpurs 1987 - 2000 Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique et santé. Paris : ORS Île-de-France. 2003 p. 2001.
26. Chardon B, Lefranc A, Granados D, Grémy I. Air pollution and doctors' house calls for respiratory diseases in the Greater Paris area (2000-2003). *Occupational and environmental medicine*. 2007;64:320-4.
27. Medina S, Le Tertre A, Quénel 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. *Evaluation des Risques de la Pollution Urbaine pour la Santé*. *Environmental research*. 1997;75:73-84.
28. Chardon B. Quel indicateur d'exposition pour l'étude des effets sanitaires à court terme de la pollution photo-oxydante pour causes respiratoires. Une étude de cas à Paris et proche couronne. *Environnement, risques et santé*. 2007;6:345-53.
29. Host S, Chatignoux E, Grémy I. Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé (Erpurs). Analyse des liens à court terme entre pollution particulaire et morbidité (2003-2006). Paris : ORS Île-de-France. 2008. 82p.

30. Bois de Fer B, Host S, Chardon B, Chatignoux E, Beaujouan L, Brun-Ney D, et al. Estimation des hospitalisations en urgence pour mesurer les effets à court terme de la pollution atmosphérique : qualité des données issues du PMSI. *Sante Publique (Paris)*. 2009;21(2):147–58.
31. Granados-Canal DJ, Chardon B, Lefranc A, Gremy I. Air pollution and respiratory hospital admissions in greater Paris: exploring sex differences. *Archives of environmental & occupational health*. 60:307–13.
32. Chardon B, Host S, Pedrono G, Grémy I. Apport de la méthode cas-croisé à l'analyse des effets sanitaires à court terme de la pollution atmosphérique. Réanalyse de données du programme Erpurs. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*. 2008;56:31–40.
33. Host S, Chatignoux E, Leal C, Grémy I. Exposition à la pollution atmosphérique de proximité liée au trafic : quelles méthodes pour quels risques sanitaires ? *Rev Epidemiol Sante Publique*. 2012;60:321–30.
34. Host S, Chatignoux E. Impacts sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine et des expositions à proximité du trafic routier dans l'agglomération parisienne. Paris : ORS Île-de-France. 2012. 12 p.
35. OMS. Health effects of black carbon. 2012 p. 87.
36. Host S, Chatignoux E, Gremy I. Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé (Erpurs). Analyse des liens à court terme entre pollution particulaire et morbidité (2003-2006). Paris : ORS Île-de-France. 2008. 82p.
37. Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Evidence on vulnerability and susceptibility to health risks associated with short-term exposure to particulate matter: a systematic review and meta-analysis. *American journal of epidemiology*. 2013;178:865–76.
38. Pope CA, Burnett RT. Confounding in air pollution epidemiology: the broader context. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*. 2007;18:424–6; discussion 427–8.
39. Henschel S, Atkinson R, Zeka A, Le Tertre A, Analitis A, Katsouyanni K, et al. Air pollution interventions and their impact on public health. *International journal of public health*. 2012;57:757–68.
40. Le Tertre A, Henschel S, Atkinson RW, Analitis A, Zeka A, Katsouyanni K, et al. Impact of legislative changes to reduce the sulphur content in fuels in Europe on daily mortality in 20 European cities: an analysis of data from the Aphekom project. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 2014;7:83–91.
41. Health Effects Institute. Assessing Health Impact of Air Quality Regulations : Concepts and Methods for Accountability Research. 2003 p. 113.
42. Medina S, Le Tertre A, Saklad M. The APHEIS project: Air Pollution and Health-A European Information System. *Air quality, atmosphere, & health*. 2009;2:185–98.

Liste des sigles utilisés

APHEA : Air Pollution and Health : A European Approach

APHEIS : Air Pollution and Health : a European Information System

APHEKOM : Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe

AP-HP : Assistance Publique – Hôpitaux de Paris

CepiDc : Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès

CERVEAU : Centre régional de veille et d'action sur les urgences

CES : Centres d'examens de santé

CSHPF : Conseil supérieur d'hygiène publique de France

EHESP : Ecole des hautes études en santé publique

EIS : évaluations d'impacts sanitaires

ENSP : Ecole nationale de santé publique

Erpurs : Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé

ESCAPE : European Study of Cohorts for Air Pollution Effects

GROG : Groupe régional d'observation de la grippe

HCSP : Haut conseil en santé publique

INPES : Institut national de prévention et d'éducation pour la santé

Inserm : Institut national de la santé et de la recherche médicale

InVS : Institut de veille sanitaire

Laure : Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie

LCPP : Laboratoire Central de la Préfecture de Police

LHVP : laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris

NO₂ : dioxyde d'azote

O₃ : ozone

OMS : Organisation mondiale de la santé

ORS : Observatoire régional de santé

Paarc : Pollution atmosphérique et affections respiratoires chroniques

PM : Particulate Matter

PMSI : Programme médicalisé des systèmes d'information

PPA : plan de protection de l'atmosphère

Primequal : Programme de recherche interorganisme pour une meilleure qualité de l'air à l'échelle locale

PRQA : Plan régional de la qualité de l'air

Psas : Programme de surveillance air et santé

RNSA : réseau national de surveillance aérobiologique

RNSP : Réseau national de santé publique

RR : Risque relatif

SO₂ : dioxyde de soufre

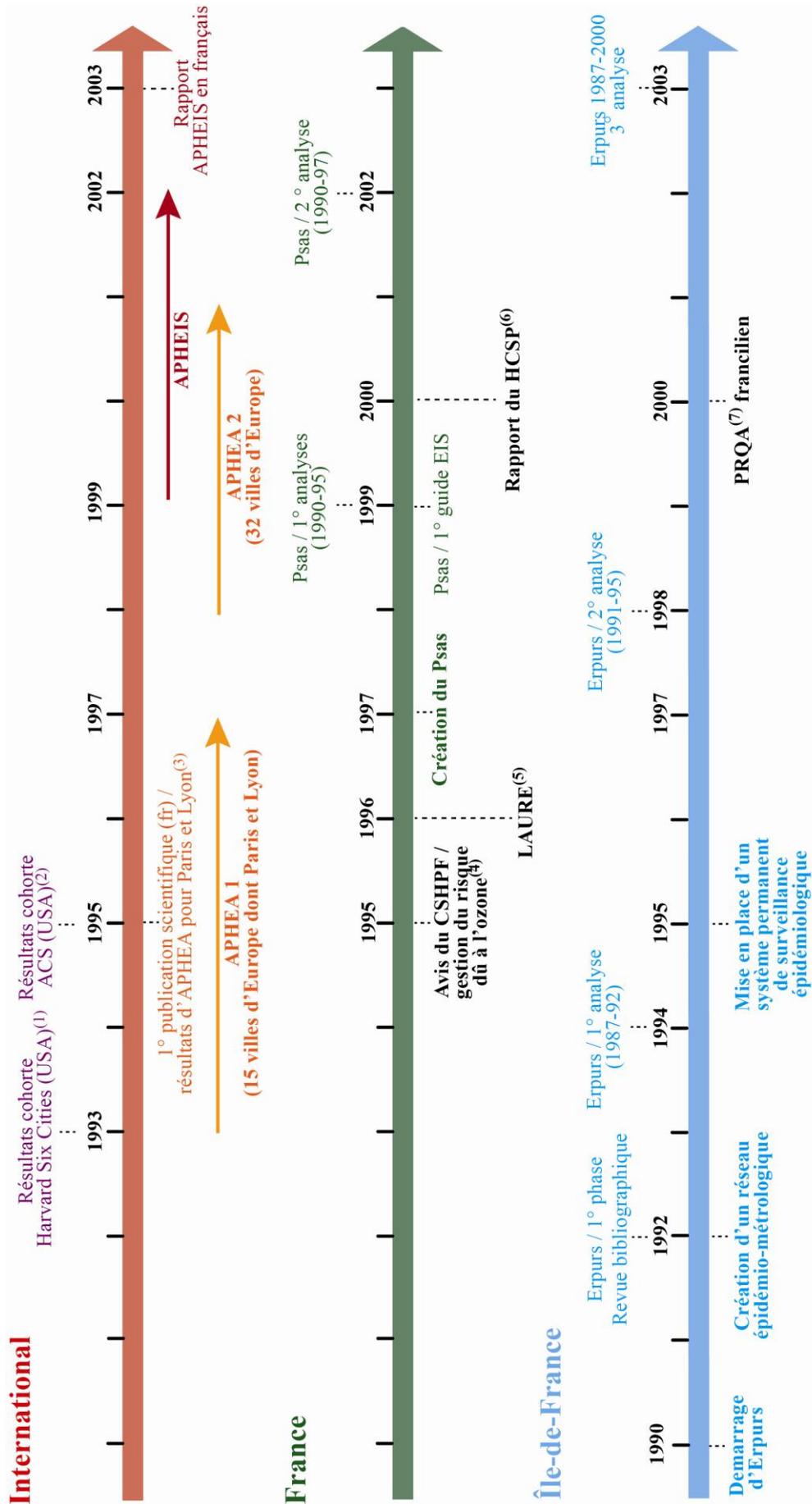
Zapa : Zone d'actions prioritaires pour l'air

Annexes

Annexe 1 : Equipe initiale responsable du programme Erpurs

- William Dab, médecin épidémiologiste, ORS Île-de-France
- Philippe Quénel, médecin épidémiologiste, ORS Île-de-France
- Sylvia Medina, médecin épidémiologiste, ORS Île-de-France
- Bernard Festy, directeur du LHVP
- Yvon le Moullec, Ingénieur hygiéniste, LHVP
- Isabelle Momas, Pharmacienne épidémiologiste, Faculté de pharmacie
- Philippe Pirard, médecin épidémiologiste, interne de santé publique
- Philippe Lameloise, directeur d'Airparif

Annexe 2 : Historique du programme Erpurs et contexte de 1990 à 2003



⁽¹⁾ Dockery et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993;329:1753-9.

⁽²⁾ Pope CA et al. Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of US Adults. *American J Respir Critical Care Med* 1995;151:669-74.

⁽³⁾ Quenel 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; 4:363-76.

⁽⁴⁾ Conseil supérieur d'hygiène publique de France. Avis concernant l'évaluation et la gestion du risque dû à l'ozone, indicateur de pollution photo-chimique, en France. Séance du 27 avril 1995

⁽⁵⁾ Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie

⁽⁶⁾ Haut Comité de la santé publique. Politiques publiques, pollution atmosphérique et santé Poursuivre la réduction des risques. 2000. 266 p.

⁽⁷⁾ Plan régional de la qualité de l'air

Annexe 3 : Principaux résultats et faits marquants des publications Erpurs

Titre :	1ère phase: effets à court et moyen terme de la pollution atmosphérique sur la santé. Analyse des études épidémiologiques publiées entre 1980 et 1991
Année de publication :	1992
Période d'études :	1980 - 1991
Spécificités :	Revue de la littérature

Principales conclusions

Au cours de ces douze années, un nombre important d'études épidémiologiques ont mis en évidence une relation à court et à moyen terme entre la pollution atmosphérique et la santé cardiorespiratoire, pouvant conduire à une surmortalité dans plusieurs villes européennes et nord-américaines. Dans la plupart de ces études, les effets étaient observés pour de faibles niveaux de pollution, inférieurs aux recommandations de l'OMS. Même si certains groupes de population, comme les enfants, étaient particulièrement exposés aux effets adverses de la pollution atmosphérique, c'est toute la population qui était concernée. Cette revue de la littérature a permis de valider l'utilisation des données sanitaires et d'exposition pour la mise en place d'un système de surveillance visant à apporter une réponse plus claire et explicite concernant les risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique.

Titre :	Liens entre pollution atmosphérique et santé en Île-de-France
Année de publication :	1994
Période d'études :	1987-1992
Spécificités :	Premiers résultats

Indicateurs de pollution		Cofacteurs		Modèle	
FN, PS ₁₃ , SO ₂ , NO ₂ , O ₃		Conditions météorologiques, épidémies de grippe, périodes de pollens		Modèle de série temporelle par régression de Poisson	
Données sanitaires utilisées					
Mortalité	Hospitalisations	Appel à SOS médecins	Recours aux urgences	Absentéisme	
<ul style="list-style-type: none"> - toutes causes non accidentelles - liée aux maladies respiratoires - liée aux maladies de l'appareil circulatoire 	<ul style="list-style-type: none"> - pour maladies respiratoires : tous âges, 15-64 ans, ≥ 65 ans - pour asthme : tous âges, 0-14 ans, 15-64 ans - pour BCPO: tous âges, ≥ 65 ans - pour maladies de l'appareil circulatoire et myocardopathies ischémiques : tous âges 	<ul style="list-style-type: none"> - pour affections des VRS : tous âges, 0-14 ans ; - pour affections des VRI : tous âges, 0-14 ans, 15-64 ans, ≥ 65 ans - pour asthme : tous âges, 0-14 ans, 15-64 ans - pour pathologies cardiovasculaires, maux de tête, maladies de l'œil : tous âges 	urgences pédiatriques pour les affections des VRS, VRI, bronchiolites et asthme	<ul style="list-style-type: none"> absentéisme professionnel chez EDF -GDF pour : - pathologies de l'ensemble de l'appareil respiratoire - pour affections des VRS, VRI, asthme - pour pathologies de l'ensemble de l'appareil circulatoire 	
Résultats significatifs*					
<ul style="list-style-type: none"> - toutes causes et FN PS₁₃ SO₂ O₃: ↗2% 2,9% ↗1% 1% - causes respiratoires et PS₁₃: ↗7,7% - causes cardio-vasculaires et FN SO₂ : ↗2,3% 4% 	<ul style="list-style-type: none"> - causes respiratoires tous âges et FN SO₂ : ↗ 1,5% 1,8% - causes respiratoires 15-64 ans et NO₂ O₃ : ↗ 2,3% 1,1% - causes respiratoires ≥ 65 ans et SO₂ O₃ : ↗ 3,6% 4,6% - BCPO tous âges et SO₂ O₃ : ↗ 4,1% 2,1% - BCPO ≥ 65 ans et O₃ : ↗ 3% - asthme tous âges et SO₂ NO₂ : ↗2,9% 3,4% - asthme 0-14 ans 	<ul style="list-style-type: none"> - affections VRS tous âges et FN SO₂ NO₂ : ↗2,3% 1,2% 7,2% - affections des VRS 0-14 ans et SO₂ NO₂ : ↗6,4% 10,1% - affections VRI tous âges et FN PS₁₃ SO₂ NO₂ O₃ : ↗1,3% 2,4% 1,4% 5,6% 4,1% - affections VRI 0-14 ans et NO₂ O₃ : ↗4,2% 12,3% - affections VRI 15-64 ans et FN PS₁₃ SO₂ NO₂ : 	affections VRS et O ₃ : ↗7,6%	<ul style="list-style-type: none"> - causes respiratoires tous âges et PS₁₃ SO₂ NO₂: ↗5,7% 8,9% 7,1% - affections VRI et SO₂ : ↗3,6% - causes cardiovasculaires tous âges et PS₁₃ : ↗4% 	

	et SO ₂ NO ₂ : ↗ 5,8% asthme 15-64 ans et NO ₂ : ↗ 3,1% causes cardio- vasculaires tous âges et FN PS ₁₃ SO ₂ NO ₂ : ↗2,5% 2,3% 2,4% 1,3% Myocardopathies ischémiques tous âges et FN PS ₁₃ SO ₂ NO ₂ : ↗3,8% 3,5% 4,5% 3,2% 2,4%	↗2,4% 3,5% 3,2% 2,2% affections VRI ≥ 65 ans et O ₃ : ↗2,8% asthme tous âges et FN PS ₁₃ SO ₂ NO ₂ : ↗4,1% 6,5% 3,5% 10,6% asthme 0-14 ans et PS ₁₃ SO ₂ : ↗ 5,7% 12,7% asthme 15-64 ans et NO ₂ : ↗ 3,1% maux de tête et FN NO ₂ O ₃ : ↗ 2,8% 8,8% 4% maux de tête et FN PS ₁₃ SO ₂ NO ₂ : ↗ 5,9% 8,1% 2,3% 8,1% - maladies de l'œil et O ₃ : ↗10,8%		
Principales conclusions				
Un accroissement du nombre journalier de décès est observé en relation avec une élévation des niveaux de particules, SO ₂ , O ₃ et NO ₂				

FN : fumées noires

PS₁₃ : particules fines en suspension de diamètre inférieur à 13 µm

SO₂ : dioxyde de soufre

NO₂ : dioxyde d'azote

O₃ : ozone

VRI : voies respiratoires inférieures

VRS : voies respiratoires supérieures

*les résultats sont décrits pour une élévation du niveau de base à un niveau moyen du polluant

<p>Titre : Liens entre pollution atmosphérique et santé en Île-de-France. Mise en place d'un système de surveillance épidémiologique de la qualité de l'air</p> <p>Année de publication : 1997</p> <p>Période d'études : 1991-1995</p> <p>Spécificités : Amélioration au niveau de la modélisation: utilisation de fonctions de lissage non paramétriques pour mieux contrôler les variations saisonnières brutales ou irrégulières des différents facteurs. Analyse réalisée séparément pour 2 saisons (hiver/été)</p>

Indicateurs de pollution		Cofacteurs		Modèle	
FN, PS ₁₃ , SO ₂ , NO ₂ , O ₃		Conditions météorologiques, épidémies de grippe, périodes de pollens		Modèle de série temporelle par régression de Poisson	
Données sanitaires utilisées					
Mortalité	Hospitalisations	Appel à SOS médecins	Recours aux urgences	Absentéisme	
<ul style="list-style-type: none"> - toutes causes non accidentelles - liée aux maladies respiratoires - liée aux maladies de l'appareil circulatoire 	<ul style="list-style-type: none"> - pour maladies respiratoires : tous âges, 15-64 ans, ≥ 65 ans - pour asthme: tous âges, 0-14 ans, 15-64 ans - pour BCPO : tous âges, ≥ 65 ans - pour maladies de l'appareil circulatoire et myocardopathies ischémiques : tous âges 	<ul style="list-style-type: none"> - pour affections des VRS, VRI, - pour crises d'asthme - pour pathologies cardiovasculaires - pour maux de tête et maladies de l'œil 	<ul style="list-style-type: none"> urgences pédiatriques pour les affections des VRS, VRI, bronchiolites et asthme 	<ul style="list-style-type: none"> absences au travail : <ul style="list-style-type: none"> - pour affections des VRS, VRI - pour asthme - pour pathologies de l'ensemble de l'appareil circulatoire 	
Résultats significatifs*					
<p>En hiver</p> <ul style="list-style-type: none"> - toutes causes et SO₂ : ↗1,4% - toutes causes et NO₂ : ↗1,0% - pour causes respiratoires et SO₂ : ↗2,0% 	<p>En hiver</p> <ul style="list-style-type: none"> - causes respiratoires tous âges 15-64 ans et FN : ↗1% 1,7% - causes respiratoires tous âges 15-64 ans et NO₂ : ↗1,2% 2,5% - asthme 15-64 ans et FN : ↗2,7% - asthme 0-14 ans et NO₂ : ↗10,8% 	<p>En hiver</p> <ul style="list-style-type: none"> - asthme tous âges 0-14 ans et SO₂ : ↗2,3% 9,8% - asthme tous âges 0-14 ans et PS₁₃ : ↗2,8% 14,8% - asthme tous âges 0-14 ans et FN : ↗2,1% 7,5% - asthme tous âges 0-14 ans et NO₂ : ↗4% 8,1% - affections cardiovasculaires tous âges et FN : ↗2,4% 	<p>En hiver</p> <ul style="list-style-type: none"> - affections VRS et SO₂ : ↗2% - asthme et FN : ↗3% 	<p>En hiver</p> <ul style="list-style-type: none"> - causes respiratoires et SO₂ PS₁₃ FN NO₂ : ↗2,6% 3,4% 2,7% 6% - affections VRI et SO₂ FN NO₂ : ↗7,3% 5,2% 10,4% 	

	<ul style="list-style-type: none"> - causes cardiovasculaires tous âges et FN NO₂ : ↗1,5% 2,4% - myocardiopathies ischémiques tous âges et FN NO₂ : ↗2,7% 2,2% 	<ul style="list-style-type: none"> - maux de tête tous âges et SO₂ PS₁₃ FN NO₂ : ↗4,1% 5,2% 2,8% 3,6% 		
<p>En été</p> <p>toutes causes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - FN : ↗2,6% - PS₁₃ : ↗2,0% - NO₂ : ↗3,7% - O₃ : ↗1,4% <p>pour causes respiratoires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - FN : ↗4,5% - PS₁₃ : ↗4,2% - NO₂ : ↗8% <p>pour causes cardiovasculaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - PS₁₃ : ↗2,4% - NO₂ : ↗3,3% 	<p>En été</p> <ul style="list-style-type: none"> - causes respiratoires tous âges 15-64 ans et NO₂ : ↗2,6% 3,2% - causes respiratoires ≥ 65 ans et FN NO₂ : ↗2,7% 4,4% - BCPO tous âges et FN NO₂ : ↗6,4% 6,2% - asthme tous âges et FN NO₂ : ↗5,6% 11,6% - asthme 0-14 ans et FN NO₂ : ↗24,9% 19,2% - causes cardiovasculaires et FN NO₂ : ↗2,1% 3,2% - myocardiopathies ischémiques et FN NO₂ : ↗2,2% 2,6% 	<p>En été</p> <ul style="list-style-type: none"> - asthme tous âges et PS₁₃ : ↗4% - asthme tous âges 0-14ans 15-64 ans et FN: ↗7,5% 14,7% 6,6% - asthme tous âges 0-14 ans 15-64 ans et NO₂ : ↗22,5% 20,1% 15,7% - affections cardiovasculaires : tous âges et PS₁₃ FN NO₂ O₃ : ↗2,6% 1,9% 2,6% 2,8% - maux de tête tous âges et PS₁₃ FN NO₂ : ↗2,5% 4,7% 5,8% - maladies de l'œil tous âges et PS₁₃ FN NO₂ O₃ : ↗6,5% 6,8% 8,6% 4,3% 	<p>En été</p> <ul style="list-style-type: none"> - affections VRS et NO₂ : ↗4,5% - asthme et PS₁₃ NO₂ : ↗5,3% 9,9% - bronchiolite et FN NO₂ : ↗7,3% 15,1% 	<p>En été</p> <ul style="list-style-type: none"> - causes respiratoires et PS₁₃ FN NO₂ : ↗7,3% 5,6% 9,8% - affections VRS et PS₁₃ FN NO₂ : ↗5,9% 6,6% 11,3% - affections VRI et PS₁₃ FN NO₂ : ↗13,4% 10,9% 16,1% - causes cardiovasculaires et PS₁₃ FN NO₂ : ↗19,9% 19,1% 23%

Principales conclusions

Les liens les plus importants avec les indicateurs de santé sont généralement observés pour l'indicateur NO₂. Cette étude montre un léger accroissement des risques par rapport à la première période d'étude (1987-1992) que ce soit en termes de mortalité ou de morbidité.

FN : fumées noires

PS₁₃ : particules fines en suspension de diamètre inférieur à 13 µm

SO₂ : dioxyde de soufre

NO₂ : dioxyde d'azote

O₃ : ozone

*les résultats sont décrits pour une élévation du niveau de base à un niveau moyen du polluant

<p>Titre : Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé en Île-de-France (3^{ème} Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique et santé)</p> <p>Année de publication : 2003</p> <p>Période d'études : 1987-2000</p> <p>Spécificités : Allongement de la période d'étude à 10 ans, ajout d'indicateurs sanitaires, ajout d'un indicateur de pollution atmosphérique (PM₁₀), estimation des risques annuels plutôt que saisonniers, validation à des fins épidémiologiques d'indicateurs de morbidité hospitalière issus du PMSI.</p>
--

Indicateurs de pollution	Cofacteurs	Modèle		
NO ₂ , O ₃ , FN, PM ₁₃ , PM ₁₀ , SO ₂	Météo journalière, compte pollinique, nombre de visites à domicile pour syndrome grippal, périodes de grippe A et B	Modèles additifs généralisés (GAM): méthode des séries temporelles		
Données sanitaires utilisées				
Mortalité	Hospitalisations	Appel à SOS médecins	Recours aux urgences	Absentéisme
<ul style="list-style-type: none"> - mortalité toutes causes non accidentelle (tous âges) - mortalité pour causes respiratoires (tous âges) - mortalité pour causes cardiovasculaires (tous âges) 	<ul style="list-style-type: none"> - pour maladies respiratoires : tous âges, 0-14 ans, 15-64 ans, ≥ 65 ans - pour asthme : tous âges, 0-14 ans, 15-64ans - pour BCPO : tous âges, ≥ 65 ans - pour maladies de l'appareil circulatoire : tous âges - pour cardiopathies ischémiques : tous âges 	—	—	—
Résultats significatifs*				
<ul style="list-style-type: none"> - toutes causes et NO₂ : ↗2% - pour causes cardiovasculaires et PM₁₃ : ↗2,4 % - pour causes respiratoires et PM₁₃ : ↗4,7% 	<ul style="list-style-type: none"> - asthme des 0-14 ans et NO₂ : ↗7,9% - maladies respiratoires 0-14 ans et PM₁₃ : ↗5,1% - BCPO et O₃ : ↗1,9% - maladies circulatoires et NO₂ : ↗3,3% 	—	—	—
Principales conclusions				
Les effets en termes d'hospitalisations pour maladies respiratoires, dont l'asthme, sont plus marqués chez les enfants de 0-14 ans. Les liens entre pollution atmosphérique et mortalité sont davantage marqués pour les causes spécifiques que pour la mortalité totale. Les niveaux de risque les plus élevés apparaissent avec les particules (PM et fumées noires) et le NO ₂ .				

FN : fumées noires

PM₁₃ : particules fines en suspension de diamètre inférieur à 13 µm

SO₂ : dioxyde de soufre

NO₂ : dioxyde d'azote

O₃ : ozone

VRI : voies respiratoires inférieures

VRS : voies respiratoires supérieures

*les résultats sont décrits pour une élévation du niveau de base à un niveau moyen du polluant

<p>Titre : Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé : analyse des liens à court terme entre niveaux de pollution atmosphérique et visites médicales à domicile pour pathologies respiratoires</p> <p>Année de publication : 2005</p> <p>Période d'études : 2000-2003</p> <p>Spécificités : Ajout d'un nouvel indicateur de pollution atmosphérique (pollution particulaire fine PM_{2,5}). Exploration du délai entre l'exposition et les effets (jusqu'à 20 jours)</p>
--

Indicateurs de pollution		Cofacteurs		Modèle	
NO ₂ , PM ₁₀ et PM _{2,5}		Météo journalière, période de présence des principaux pollens allergisant, épidémies de grippe		Modèles additifs généralisés (GAM) Modèles à retards échelonnés	
Données sanitaires utilisées					
Mortalité	Hospitalisations	Appel à SOS Médecins	Recours aux urgences	Absentéisme	
—	—	- pour asthme (tous âges) - pour affections VRI ou VRS (tous âges)	—	—	
Résultats significatifs*					
—	—	- VRS ou VRI et PM ₁₀ : ↗3 % - VRS ou VRI et PM _{2,5} : ↗5,9 %	—	—	
Principales conclusions					
<p>Cette étude montre l'existence de liens significatifs entre les niveaux de pollution particulaire (PM₁₀ et PM_{2,5}) et le nombre de visites médicales à domicile effectuées par SOS Médecins pour des affections des voies respiratoires supérieures et inférieures. Les risques sanitaires associés aux variations des niveaux de PM_{2,5} sont plus élevés que ceux constatés pour les variations des niveaux de PM₁₀ et laissent supposer une plus grande nocivité des particules les plus fines.</p> <p>La persistance des effets jusqu'à quatre jours après l'exposition et l'absence d'effet « moisson » à court terme confortent l'importance de la pollution atmosphérique en terme de santé publique.</p>					

NO₂ : dioxyde d'azote

PM₁₀ : particules fines en suspension de diamètre inférieur à 10 µm

PM_{2,5} : particules fines en suspension de diamètre inférieur à 2,5 µm

VRI : voies respiratoires inférieures

VRS : voies respiratoires supérieures

*les résultats sont décrits pour une élévation du niveau de polluant de 10 µg/m³

<p>Titre : Exploration de la différence de sensibilité à la pollution atmosphérique chez les hommes et les femmes. Hospitalisations pour causes respiratoires, Paris et proche couronne</p> <p>Année de publication : 2006</p> <p>Période d'études : 2000-2003</p> <p>Spécificités : Mise en évidence une éventuelle différence de sensibilité vis-à-vis de la pollution atmosphérique selon le sexe. Analyse par sexe (construction d'un modèle propre à chaque sexe). Utilisation des données du PMSI</p>

Indicateurs de pollution	Cofacteurs	Modèle		
NO ₂ , PM ₁₀	Conditions météo, décompte pollinique quotidien, épidémies de grippe, Jours fériés, jours de la semaine, vacances scolaires	Modèles additifs généralisés GAM		
Données sanitaires utilisées				
Mortalité	Hospitalisations	Appel à SOS médecins	Recours aux urgences	Absentéisme
—	pour causes respiratoires chez les hommes et les femmes ≥ 15ans	—	—	—
Principaux résultats*				
—	<p>PM₁₀</p> <ul style="list-style-type: none"> - ↗1,6% pour l'ensemble de la population - ↗2,5% chez les hommes - ↗0,8% chez les femmes (non significatif) <p>NO₂</p> <ul style="list-style-type: none"> - ↗0,9% pour l'ensemble de la population - ↗1,8% chez les hommes - ↗0,6% chez les femmes (non significatif) 	—	—	—
Principales conclusions				
<p>Dans la population étudiée ici, hommes et femmes hospitalisés ne présentent pas les mêmes caractéristiques : les femmes hospitalisées sont en moyenne plus âgées. De plus, parmi les affections respiratoires, la répartition des motifs d'admission diffère selon le sexe. Les mécanismes physiopathologiques d'apparition de la maladie, ainsi que la prise en charge des pathologies sont susceptibles de varier selon le sexe et pourraient expliquer ces résultats.</p>				

NO₂ : dioxyde d'azote

PM₁₀ : particules fines en suspension de diamètre inférieur à 10 µm

*les résultats sont décrits pour une ↗ du niveau de polluant de 10 µg/m³

<p>Titre : Évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé : analyse des liens entre pollution photo-oxydante et hospitalisations pour causes respiratoires</p> <p>Année de publication : 2006</p> <p>Période d'études : 2000-2003</p> <p>Spécificités : Construction de différents indicateurs d'exposition à la pollution photo-oxydante</p>
--

Indicateurs de pollution		Cofacteurs		Modèle	
maximums journaliers des moyennes sur 8h glissantes : - O ₃ (année entière saison chaude en période de pollution photo-oxydante) et - indicateur OX combinant les niveaux de NO ₂ et O ₃		Conditions météo (température minimale), épidémies de grippe, jours fériés, jours de la semaine, vacances scolaires		Modèles additifs généralisés GAM	
Données sanitaires utilisées					
Mortalité	Hospitalisations	Appel à SOS médecins	Recours aux urgences	Absentéisme	
—	pour maladies de l'appareil respiratoire des 15 ans et plus (0-3 jours)	—	—	—	
Résultats significatifs*					
—	- O ₃ -8h saison chaude : 70,84% - O ₃ -8h en période de pollution photo-oxydante (O ₃ >75 µg/m ³) : 71,53%	—	—	—	
Principales conclusions					
Cette étude montre la difficulté à estimer l'effet sanitaire de la pollution photo-oxydante. Elle montre qu'il existe une relation exposition-risque non linéaire sur l'année entière entre l'ozone et le risque d'être hospitalisé pour causes respiratoires. Elle souligne que l'indicateur d'exposition à la pollution photo-oxydante le plus approprié semble être le maximum journalier des moyennes mobiles sur 8 heures, en distinguant les saisons chaudes et froides. Des analyses approfondies sur le choix et la définition des saisons chaudes seraient nécessaires.					

O₃ : ozone

*les résultats sont décrits pour une élévation du niveau de polluant de 10µg/m³

<p>Titre : Apport de la méthode cas-croisé à l'analyse des effets sanitaires à court terme de la pollution atmosphérique. Réanalyse de données du programme Erpurs</p> <p>Année de publication : 2007</p> <p>Période d'études : 2000-2003</p> <p>Spécificités : Description d'une méthode alternative pour l'étude des effets sanitaires de la pollution atmosphérique : méthode des cas-croisés. Revue bibliographique des études faisant appel à cette méthode d'analyse Réanalyse de données avec cette méthode alternative.</p>

Indicateurs de pollution		Cofacteurs		Modèle	
NO ₂ , PM ₁₀		Conditions météorologiques, épidémies de grippe, périodes de pollinisation Jours fériés, jours de la semaine, vacances scolaires + tendance à long et moyen terme des indicateurs		Analyse de type cas-croisé : régression logistique conditionnelle	
Données sanitaires utilisées					
Mortalité	Hospitalisations	Appel à SOS médecins	Recours aux urgences	Absentéisme	
—	pour causes respiratoires des ≥15 ans	pour des affections des VRS, VRI et asthme	—	—	
Principales conclusions					
Les résultats obtenus au moyen d'une étude de type cas-croisé sont similaires à ceux obtenus au moyen d'analyses de séries temporelles concernant la pollution particulaire. En revanche, des différences sont observées au sujet du NO ₂ . L'utilisation d'analyses de séries temporelles pour mesurer les effets sanitaires à court terme de la pollution atmosphérique reste à privilégier dans le cas de données agrégées, en revanche dans le cas où des données à l'échelle individuelle sont disponibles, l'utilisation de la méthode cas-croisé peut permettre la réalisation d'analyses plus fines.					

NO₂ : dioxyde d'azote

O₃ : ozone

PM₁₀ : particules fines en suspension de diamètre inférieur à 10µm

*les résultats sont décrits pour un ↗ du niveau de base à un niveau moyen de pollution

<p>Titre : Estimation des hospitalisations en urgence pour mesurer les effets à court terme de la pollution atmosphérique : qualité des données issues du PMSI</p> <p>Année de publication : 2008</p> <p>Période d'études : 2005</p> <p>Spécificités : Comparaison de l'indicateur d'hospitalisation classiquement utilisé, qui ne permet pas de distinguer les hospitalisations programmées et non programmées, avec trois nouveaux indicateurs d'hospitalisations en urgence, dont deux reconstruits à partir des données issues du PMSI, et un construit à partir des données issues du Système d'informatisation des urgences.</p>
--

Données sanitaires utilisées
Nombre journalier d'hospitalisations pour pathologies respiratoires et cardiovasculaires, estimé au sein d'une sélection de 7 hôpitaux de l'AP-HP
Principaux résultats
L'indicateur classiquement utilisé est corrélé significativement aux hospitalisations en urgences (p-value<0,001). Ces corrélations sont cependant plus faibles pour les pathologies cardiovasculaires (coefficient de corrélation de 0,52 contre 0,88 pour les pathologies respiratoires). De même, la part des hospitalisations programmées est significativement plus importante pour les pathologies cardiovasculaires (55 % en moyenne) que pour les pathologies respiratoires (27 %). Cette part diffère selon le sexe, l'âge et le jour de la semaine mais pas selon le mois ou la saison.
Principales conclusions
Cette analyse montre que la spécificité des données PMSI utilisées pour estimer les effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la santé varie en fonction des pathologies étudiées. Pour les pathologies respiratoires, l'indicateur classiquement utilisé semble fournir une bonne estimation des hospitalisations en urgence. En revanche, concernant les pathologies cardiovasculaires, les admissions programmées pourraient introduire un bruit susceptible d'affecter la précision des estimations. Cette étude montre également la pertinence des analyses par pathologie et par sous-groupe de population.

<p>Titre : Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé : analyse des liens à court terme entre niveaux de pollution particulaire, et hospitalisations et visites médicales à domicile</p> <p>Année de publication : 2008</p> <p>Période d'études : 2003-2006</p> <p>Spécificités : Exploration du rôle des différentes composantes de la pollution particulaire avec une attention particulière aux effets des particules grossières. Utilisation de modèles à retards polynomiaux afin d'illustrer la persistance des effets de la pollution atmosphérique à court terme. Analyses bi-polluants</p>
--

Indicateurs de pollution		Cofacteurs		Modèle	
NO ₂ , PM _{2,5} et PM _{2,5-10}				Modèles additifs généralisés GAM, modèles à retards échelonnés	
Données sanitaires utilisées					
Mortalité	Hospitalisations	Appel à SOS médecins	Recours aux urgences	Absentéisme	
—	<ul style="list-style-type: none"> - pour causes respiratoires : 0-14 ans, 15-64 ans, ≥65 ans - pour causes cardiovasculaires: tous âges et ≥65 ans 	<ul style="list-style-type: none"> - pour pathologies respiratoires (VRS, VRI, asthme) : 0-14 ans, 15-64 ans, ≥65 ans - pour pathologies cardiovasculaires : tous âges et ≥65 ans 	—	—	
Résultats significatifs*					
—	<p>Chez les ≥65 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Symptôme respiratoire et NO₂ PM_{2,5} PM_{2,5-10}: ↗3,9% 2,5% 3,8%. - Infection respiratoire et NO₂ PM_{2,5} PM_{2,5-10} : ↗5,7% 3,4% 5,4% - Symptôme cardiovasculaire et NO₂ : ↗2,7% - Symptôme vasculaire et NO₂: ↗3,1%. - AVC et NO₂ : ↗3,6%. - AVC ischémique et NO₂ : ↗4,7% 	<p>Chez 0-14 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Symptôme respiratoire et NO₂ PM_{2,5-10}: ↗4,1% 3,6% - VRI et NO₂ PM_{2,5} PM_{2,5-10}: ↗6,3% 2,6% 4,2% - VRS et NO₂ PM_{2,5-10} : ↗5,1% 4,4% <p>Chez les 15-64 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Symptôme respiratoire et NO₂ PM_{2,5} : ↗4,3% 2,7% - VRI et NO₂ PM_{2,5} PM_{2,5-10}: ↗8,4% 4,1% 3,9% - VRS et NO₂ PM_{2,5} : ↗4,1% 2,7% 	—	—	

Principales conclusions

Cette étude contribue à une meilleure compréhension des effets propres des différentes fractions particulaires dans la région Île-de-France : indépendamment des particules fines $PM_{2,5}$, les particules grossières $PM_{2,5-10}$ ont des effets à court terme sur les nombres d'hospitalisations et d'appels à SOS Médecins, en particulier pour les affections respiratoires.

NO_2 : dioxyde d'azote

$PM_{2,5}$: particules fines en suspension de diamètre inférieur à $2,5\mu m$

$PM_{2,5-10}$: particules fines en suspension de diamètre compris entre $2,5$ et $10\mu m$ (particules coarses)

*les résultats sont décrits pour une élévation du niveau de base à un niveau moyen de l'indicateur de pollution

<p>Titre : Pollution atmosphérique de proximité liée au trafic : expositions et effets sanitaires Année de publication : 2009 Période d'études : - Spécificités : Revue de la littérature</p>

Principales conclusions

Alors que la pollution atmosphérique de fond bénéficie d'outils et méthodes, tant pour la surveillance des niveaux que des effets, permettant de bien l'appréhender, la pollution de proximité, liée en particulier au trafic est plus difficile à caractériser mais fait l'objet de plus en plus d'attention. La caractérisation de ses zones d'influence et de ses modes d'exposition majoritaires s'améliore, ce qui devrait permettre d'identifier plus finement les populations les plus exposées ou susceptibles de l'être. En ce qui concerne l'étude des effets sanitaires, une littérature abondante a vu le jour au cours de la dernière décennie. Bien que la plupart des indicateurs d'exposition utilisés dans les études épidémiologiques ne prennent en compte que partiellement l'exposition à ce type de pollution, et parfois même de manière grossière, ils permettent d'approcher des contrastes d'exposition bien réels qui se manifestent par un état de santé plus dégradé des populations résidant à proximité des sources de trafic routier. Ces résultats sont plus particulièrement étayés en ce qui concerne les phénomènes d'exacerbation de l'asthme chez l'enfant.

Les résultats de ces études ne peuvent pas être directement transposés d'une région à une autre compte-tenu des spécificités en termes de bâti, d'urbanisation, de parc automobile et d'habitudes de vie (notamment les modes de déplacement) qui peuvent être observées. Toutefois, ils fournissent des premiers éléments permettant de guider l'action publique en termes de gestion de la qualité de l'air. Outre des actions favorisant la limitation du trafic, des actions sur les aménagements urbains, tels que les choix de l'implantation des bâtiments ainsi que des aménagements routiers, pourraient aussi permettre de limiter la surexposition de des populations, en particulier les plus fragiles.

<p>Titre : Impacts sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine et des expositions à proximité du trafic routier dans l'agglomération parisienne</p> <p>Année de publication : 2012</p> <p>Période d'études : 2004-2006</p> <p>Spécificités : Evaluation de l'impact sanitaire et économique de la pollution atmosphérique à Paris et en proche couronne selon les méthodes employées dans le cadre du Projet européen Aphekom. Pour la 1^o fois en France sont évalués les impacts sanitaires liés au trafic routier. Cette évaluation rend compte des effets simultanés à court et à long termes de cette pollution.</p>
--

Principaux Résultats
<p>Le non-respect des valeurs guides de l'OMS en ce qui concerne les niveaux de particules a été responsable annuellement, sur la période 2004-2006 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - du fait d'une exposition chronique, de l'ordre de 140 décès anticipés chez les adultes, soit 4 % des décès toutes causes non accidentelles enregistrés, qui se traduisent par une perte de 6 mois d'espérance de vie à 30 ans par habitant. Cet impact représente un coût de l'ordre de 2,3 milliards d'euros. - du fait d'une exposition aiguë, d'une centaine de décès anticipés et de 480 hospitalisations pour causes cardio-respiratoires, ce qui représente au total un coût de l'ordre de 11,4 millions d'euros. <p>Il a été estimé que plus de la moitié des enfants (<18 ans) à Paris et en proche couronne réside à moins de 150 mètres d'un axe à fort trafic routier et environ un tiers à moins de 75 mètres. Ces axes concentrent des niveaux de pollution atmosphérique généralement accrus et des risques de pathologies majorés.</p> <p>Cette proximité aux axes à fort trafic routier est responsable de 16 % des nouveaux cas d'asthme chez les enfants (<18 ans). Ces effets, conjugués aux effets à court terme de la pollution de l'air sont responsables de 29 % des crises d'asthme et de 16 % des hospitalisations pour asthme, ce qui représente environ 650 hospitalisations évitables chaque année.</p>
Principales conclusions
<p>Cette évaluation montre qu'un nombre non négligeable d'événements sanitaires, y compris de décès, survient en raison de niveaux de pollution atmosphérique encore trop élevés dans l'agglomération parisienne et rend compte du poids sanitaire du trafic routier en zone urbaine dense.</p>

<p>Titre : Expositions à la pollution atmosphérique et recours aux urgences pour pathologies respiratoires chez les enfants en Île-de-France. Analyse des liens à court terme entre niveaux de pollution atmosphérique et recours aux urgences (2007-2010).</p> <p>Année de publication : 2013</p> <p>Période d'études : 2007-2010</p> <p>Spécificités : Utilisation de données Oscore®. Mise en œuvre de méthodes d'imputations multiples pour s'affranchir des biais potentiels dans les estimations induits par la non-exhaustivité dans le recueil des diagnostics des passages.</p>
--

Indicateurs de pollution		Cofacteurs		Modèle	
NO ₂ , PM _{2,5} et PM _{2,5-10}		Températures, pollens, tendances temporelles, vacances scolaires, épidémies de grippe		Méthode de séries temporelles	
Données sanitaires utilisées					
Mortalité	Hospitalisations	Appel à SOS médecins	Recours aux urgences	Absentéisme	
—	—	—	<ul style="list-style-type: none"> - pour asthme chez 0-1 an et les 2-14 ans - pour bronchite aiguë chez 0-1 an et les 2-14 ans - pour bronchiolite chez les 0-1 an 	—	
Résultats significatifs*					
—	—	—	<ul style="list-style-type: none"> - pour crises d'asthme chez les 2-14 ans et NO₂ PM_{2,5} PM_{2,5-10}: ↗1,8% 2,1% 3,2%. - pour crises d'asthme chez les 0-1 an et NO₂ PM_{2,5} PM_{2,5-10}: ↗5,8% 3,2% 3,7% - pour bronchite aiguë chez les 2-14 ans et NO₂ PM_{2,5}: ↗7,5% 5,3% 	—	
Principales conclusions					
Des liens positifs et significatifs sont retrouvés entre le nombre quotidien de passages pour asthme et bronchite chez les 0-1 an et les 2-14 ans et les niveaux ambiants de pollution, une élévation "habituelle" (d'un intervalle interquartile) des niveaux de polluants du jour et de la veille étant associée à une augmentation de 2 à 7% des passages.					

NO₂ : Dioxyde d'azote

PM_{2,5} : Particules fines en suspension de diamètre inférieur à 2,5 µm

PM_{2,5-10} : Particules fines en suspension de diamètre compris entre 2,5 et 10 µm (particules coarses)

*les résultats sont décrits pour un ↗ du niveau de base à un niveau moyen de pollution

Annexe 4 : Responsables scientifiques successifs du programme Erpurs à l'ORS Île-de-France

- William Dab, médecin épidémiologiste (1986 - 1989)
- Sylvia Medina, médecin épidémiologiste (1988 - 1997)
- Philippe Quénel, médecin épidémiologiste (1990 - 1993)
- Philippe Pirard, interne de santé publique (1990 - 1993)
- Alain Le Tertre, statisticien (1993 - 1997)
- Jean-Philippe Camard, épidémiologiste (1996 - 2000)
- Éric Dusseux, médecin de santé publique et épidémiologiste (1997-2000)
- Azzedine Boumghar, statisticien (1996 - 2000)
- Dave Campagna, épidémiologiste (2001-2002)
- Agnès Lefranc, épidémiologiste (2002 - 2006)
- Catherine Nunes, statisticienne (2000 - 2003)
- Benoît Chardon, statisticien (2003 – 2007)
- Denis Granados, interne de santé publique (2005-2006)
- Sabine Host, épidémiologiste (2006 - ...)
- Edouard Chatignoux, statisticien (2007 - 2013)
- Noëlla Karusisi, statisticienne (2014 - ...)

Annexe 5 : Membres actuels du conseil scientifique Erpurs

- Mme Laure Beaujouan (AP-HP)
- Pr. Jean-Marie Haguenoer (Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique)
- Mme Géraldine Le Nir (Airparif)
- M. Alain Le Tertre (Institut de veille sanitaire)
- Mme Agnès Lefranc (Institut de veille sanitaire)
- Pr. Francelyne Marano (Laboratoire de Cytophysiologie et Toxicologie cellulaire, Paris 7)
- Mme le Docteur Sylvia Medina (Institut de veille sanitaire)
- Pr. Isabelle Momas (Faculté de Pharmacie, Paris 5)
- Mme Annie-Claude Paty (CIRE Île-de-France / Champagne-Ardenne)
- M. le Docteur Georges Salines (Ville de Paris, Bureau de la santé environnementale et de l'hygiène)
- Mme le Docteur Claire Segala (Sépia-santé)

Annexe 6 : Etudes publiées dans le cadre d'Erpurs et des travaux coordonnés par l'InVS

▪ *Rapports ORS accompagnés de synthèses*

- Effets à court et moyen terme de la pollution atmosphérique sur la santé. Analyse des études épidémiologiques publiées entre 1980 et 1991. ORS Île-de-France. 1992. 226 p.
- Évaluation des Risques de la Pollution URbaine sur la Santé (Erpurs). Impact de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé en Île-de-France (1987-1992). ORS Île-de-France. 1994. 103 p. (4 p.)
- Signification et limites des indicateurs de pollution atmosphérique en milieu urbain. Impact sur la santé selon différents scénarii d'évolution de la pollution atmosphérique en agglomération parisienne. Episodes de pollution et santé en agglomération parisienne, 1987-1995. ORS Île-de-France. 1997. 162 p.
- Trois analyses pour approfondir l'étude des liens entre pollution atmosphérique et santé. ORS Île-de-France. 1997. 4 p.
- Liens entre pollution atmosphérique et santé en Île-de-France. Mise en place d'un système de surveillance épidémiologique de la qualité de l'air. ORS Île-de-France. 1998
- Erpurs. Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique et santé – Résultats 1991-1995. 1998. 102 p.
- Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé en Île de France 1987 -2000. (3ème Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique et santé). ORS Île-de-France. 2003. 201 p. (4 p.)
- Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé : analyse des liens à court terme entre niveaux de pollution atmosphérique et visites médicales à domicile pour pathologies respiratoires ORS Île-de-France. 2005. 59 p. (2 p.)
- Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé. Exploration de la différence de sensibilité à la pollution atmosphérique chez les hommes et les femmes. ORS Île-de-France. 2006. 66 p. (2 p.)
- Évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé : analyse des liens entre pollution photo-oxydante et hospitalisations pour causes respiratoires. ORS Île-de-France. 2006. 65 p.
- Relations à court terme entre les niveaux de pollution atmosphérique et les admissions à l'hôpital : résultats obtenus dans le cadre du Programme de surveillance air et santé (Psas). ORS Île-de-France. 2006. 4 p.
- Apport de la méthode cas-croisé à l'analyse des effets sanitaires à court terme de la pollution atmosphérique: réanalyse de données du programme Erpurs. ORS Île-de-France. 2007. 12 p.
- Estimation des hospitalisations en urgence pour mesurer les effets à court terme de la pollution atmosphérique : qualité des données issues du PMSI. ORS Île-de-France. 2008. 10 p.

- Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé : analyse des liens à court terme entre niveaux de pollution particulaire, et hospitalisations et visites médicales à domicile. ORS Île-de-France. 2008. 83 p. (4 p.)
 - Pollution atmosphérique de proximité liée au trafic : expositions et effets sanitaires. ORS Île-de-France. 2009. 12 p.
 - Impacts sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine et des expositions à proximité du trafic routier dans l'agglomération parisienne. ORS Île-de-France. 2012. 16 p.
 - Expositions à la pollution atmosphérique et recours aux urgences pour pathologies respiratoires chez les enfants en Île-de-France. Analyse des liens à court terme entre niveaux de pollution atmosphérique et recours aux urgences (2007-2010). ORS Île-de-France. 2013. 8 p (rapport technique en ligne 42 p.)
- **Publications dans revue à comité de lecture**
- Momas I, Pirard P, Quenel P, et al. [Urban atmospheric pollution and mortality: analysis of epidemiological studies published between 1980 and 1991]. Rev Epidemiol Sante Publique. 1993;41(1):30–43.
 - Quenel P, Medina S, Momas I, Pirard P, Le Moullec Y, Ferry R., Festy B., Dab W. Health service based morbidity indicators as a measure of health effects of air pollution. European Journal of Public Health 1994; 4(3):201-206.
 - Quenel P, Zmirou-Navier D, Le Tertre A, Balducci F, Medina S, Barumandzadeh T, 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; 4:363–76.
 - Dab W, Medina S, Quenel P, Le Moullec Y, Le Tertre A, Thelot B, et al. Short term respiratory health effects of ambient air pollution: results of the APHEA project in Paris. J Epidemiol Community Heal. 1996.
 - Medina S, Dab W, Quénel P, Ferry R, Festy B. Urban air pollution is still a public health problem in Paris. World Health Forum. 1996;17(2):187–93.
 - Medina S, Le Tertre A, Quénel P, Le Moullec Y, Lameloise P, Guzzo JC, Festy B, Ferry R, Dab W. 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. Evaluation des Risques de la Pollution Urbaine pour la Santé. Environ Res. 1997 Oct;75(1):73-84.
 - Le Tertre A, Quénel P, Medina S, Le Moullec Y, Festy B, Ferry R, Dab W. Short-term modeling of the effect of air pollution on health. Example: SO₂ and total mortality, Paris 1987-1999. Rev Epidemiol Sante Publique. 1998 Sep;46(4):316-28. French
 - Granados-Canal DJ, Chardon B, Lefranc A, Gremy I. Air pollution and respiratory hospital admissions in greater Paris: exploring sex differences. Arch Environ Occup Health. 2005 Nov-Dec; 60(6):307-13.
 - Chardon B, Host S, Lefranc A, Millard F, Gremy I. Quel indicateur d'exposition pour l'étude des effets sanitaires à court terme de la pollution photo-oxydante pour causes respiratoires.

Une étude de cas à Paris et proche couronne (2000-2003) Volume n° 6, Numéro 5, Septembre-Octobre 2007

- Chardon B, Lefranc A, Granados D, Grémy I. Air pollution and doctors' house calls for respiratory diseases in the Greater Paris area (2000-3). *Occup Environ Med.* 2007 May; 64(5):320-4.
- B. Chardon, S. Host, G. Pedrono, I. Gremy. Contribution of case-crossover design to the analysis of short-term health effects of air pollution: Reanalysis of air pollution and health data. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique.* 2008
- Bois de Fer B, Host S, Chardon B, Chatignoux E, Beaujouan L, Brun-Ney D, Grémy I. Estimating emergency hospital admissions to gauge short-term effects of air pollution: evaluation of health data quality. *Sante Publique.* 2009 Mar-Apr;21(2):147-58.
- Chardon B. Short-term effects of air pollution: time series observations in Paris and the neighboring suburbs. *Cah Sociol Demogr Med.* 2008 Jul-Sep;48(3):389-400. French.
- Valari M, Menut L, Chatignoux E. Using a chemistry transport model to account for the spatial variability of exposure concentrations in epidemiologic air pollution studies. *J Air Waste Manag Assoc.* 2011 Feb;61(2):164–79.
- Host S, Chatignoux E, Leal C, Grémy I. Exposition à la pollution atmosphérique de proximité liée au trafic : quelles méthodes pour quels risques sanitaires ? *Rev Epidemiol Sante Publique.* 2012;60(4):321–330.

▪ ***Autres publications***

- Granados D, Chardon B, Lefranc A, Grémy I. Erpurs, évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé. Exploration de la différence de sensibilité à la pollution atmosphérique chez les hommes et les femmes. *Pollution atmosphérique.* 2006 ; 189 : 31-33.
- Chardon B, Lefranc A, Granados D, Grémy I. Erpurs, évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé. Analyse des liens à court terme entre niveaux de pollution atmosphérique et visites médicales à domicile (2000-2003). *Pollution atmosphérique.* 2005; 187: 347-349.
- Grémy I, Lefranc A, Pepin P. Conséquences sanitaires de la canicule d'août 2003 en Île-de-France. Premier bilan. *Pollution atmosphérique.* 2004 ; 183 : 321-327.
- Ferry R, Lefranc A. Éditorial : Environnement et santé en Île-de-France. *Pollution atmosphérique.* 2003; 178: 165-166.
- Campagna D, Lefranc A, Nunes-Odasso C, Ferry R. Évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé en Île-de-France (Erpurs) : liens avec la mortalité. *VertigO.* 2003; 4(1).
- Campagna D, Lefranc A, Nunes-Odasso C, Ferry R. Erpurs, évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé 1987-2000. *Pollution Atmosphérique.* 2003 ; 177 : 41-44.
- Lefranc A, Chardon B, Lameloise P, Léger K. Atlas de la santé en Île-de-France. Fiche « Pollution atmosphérique, une large population concernée ». Direction régionale des

affaires sanitaires et sociales d'Île-de-France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France, Observatoire régional de santé d'Île-de-France, 2005, 148 p.

- Host S, Le Nir G, Medina S. Pollution de l'air et santé : une nécessaire interdisciplinarité. In : Les Cahiers de l'IAU Île-de-France n° 170-171. Territoires, incubateurs de santé? Paris ; p. 76-79.

▪ ***Etudes et travaux publiés dans le cadre des études coordonnées par l'InVS***

➤ **Rapports**

- Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain. InVS. 1999. 148 p
- Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain – Phase II. InVS. 2002. 184 p.
- Psas-9 : Estimation des effets à long terme sur la mortalité de la pollution atmosphérique urbaine : quels critères pour le choix d'une cohorte. Institut de veille sanitaire, 2004.
- Psas-9 : Morbidité hospitalière et pollution atmosphérique : utilisation du programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) pour la construction d'indicateurs. InVS, 2004.
- Psas-9 : protocole d'extraction des données et de construction des indicateurs de morbidité hospitalière à partir du PMSI. InVS, 2004.
- Vague de chaleur de l'été 2003: relations entre température, pollution atmosphérique et mortalité dans 9 villes françaises. InVS, 2004.
- APHEIS, 3rd year report : Paris city report. InVS, 2004.
- ENHIS, Health impact assessment of air pollution: Paris city report. InVS, 2005.
- Séries temporelles et modèles de régression – Application à l'analyse des associations à court terme entre la pollution atmosphérique et la santé. InVS, 2005.
- Relations à court terme entre les niveaux de pollution atmosphérique et les admissions à l'hôpital dans huit villes françaises. Psas. InVS, Novembre 2006.
- Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique urbaine et mortalité dans neuf villes françaises. Psas. InVS, Juin 2008.
- Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine, concepts et méthodes. Psas. InVS, Mars 2008.
- APHEKOM. Local city report. Paris. Septembre 2012.
- Influence de la saison et des épisodes de fortes chaleurs sur les liens entre ozone, particules et mortalité dans neuf villes françaises. Novembre 2012.

➤ Publications dans revue à comité de lecture.

- D, Declercq C, Prouvost H, Pascal L, Nunes C, Filleul L, Cassadou S, Le Tertre A, Zeghnoun A, Medina S, Lefranc A, Saviuc P, Quenel P, Campagna D. Retentissement de la pollution atmosphérique sur la santé, le programme de Surveillance air et santé 9 villes. *Presse Med.* 2004; 33(19 Pt 1): 1323-7.
- Eilstein D, Zeghnoun A, Le Tertre A, Cassadou S, Declercq C, Filleul L, Lefranc A, Medina S, Nunes C, Pascal L, Prouvost H, Saviuc P, Campagna D, Quenel P. Modélisation des liens à court terme entre la pollution atmosphérique et la santé : une actualisation des méthodes d'analyse des séries temporelles. *Rev Epidemiol Sante Publique.* 2004; 52(6): 583-9.
- Le Tertre A, Lefranc A, Eilstein D, Declercq C, Medina S, Blanchard M, Chardon B, Fabre P, Filleul L, Jusot JF, Pascal L, Prouvost H, Cassadou S, Ledrans M. Impact of the 2003 heatwave on all-cause mortality in 9 French cities. *Epidemiology.* 2006 Jan; 17(1):75-9.
- Filleul L, Cassadou S, Médina S, Fabres P, Lefranc A, Eilstein D, Le Tertre A, Pascal L, Chardon B, Blanchard M, Declercq C, Jusot JF, Prouvost H, Ledrans M. The relation between temperature, ozone, and mortality in nine French cities during the heat wave of 2003. *Environ Health Perspect.* 2006 Sep; 114(9):1344-7.
- Lefranc A, Le Tertre A, Filleul L, Larrieu S, Blanchard M, Jusot JF, Fabre P, Declercq C, Prouvost H, Pascal L, Chardon B, Eilstein D, Medina S, Cassadou S, Ledrans M. Letter to the editor : reaction to “Effects of temperature and ozone on daily mortality during the August 2003 heat wave in France”, appearing in the July/August 2005 issue. *Arch Environ Occup Health.* 2006 ; 61(1): 43-44.
- Jusot JF, Lefranc A, Cassadou S, D'Helf-Blanchard M, Ellstein D, Chardon B, Filleul L, Pascal L, Fabre P, Declercq C, Prouvost H, Le Tertre A, Medina S. Estimation de la mortalité attribuable aux particules fines (PM10) dans les 9 villes françaises participant au programme européen APHEIS. *Santé Publique.* 2006; 18(1): 71-84.
- Samoli E, Aga E, Touloumi G, Nisiotis K, Forsberg B, Lefranc A, Pekkanen J, Wojtyniak B, Schindler C, Niciu E, Brunstein R, Dodic Fikfak M, Schwartz J, Katsouyanni K. Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality: an analysis within the APHEA project. *Eur Respir J.* 2006; 27(6): 1129-38.
- Larrieu S, Jusot J-F, Blanchard M, Prouvost H, Declercq C, Fabre P, Pascal L, Le Tertre A, Wagner V, Rivière S, Chardon B, Borrelli D, Cassadou S, Eilstein D, Lefranc A. Short term effects of air pollution on hospitalizations for cardiovascular diseases in eight French cities: The PSAS program. *Sci Total Environ.* 2007; 387: 105-112.
- Host S, Larrieu S, Pascal L, Blanchard M, Declercq C, Fabre P, Jusot JF, Chardon B, Le Tertre A, Wagner V, Prouvost H, Lefranc A. Short-term associations between fine and coarse particles and hospital admissions for cardiorespiratory diseases in six French cities. *Occup Environ Med.* 2008 Aug;65(8):544-51.
- Lefranc A, Pascal L, Larrieu S, Blanchard M, Wagner V, Declercq C et l'équipe du programme de surveillance air et santé. Pollution atmosphérique et maladies cardiovasculaires : éléments apportés par le Programme de surveillance air et santé. *Archives des maladies professionnelles et de l'environnement.* 2009 ; 70(3) :339-345.

- Larrieu S, Lefranc A, Gault G, Chatignoux E, Couvy F, Jouves B, Filleul L. Are the short-term effects of air pollution restricted to cardiorespiratory diseases? *Am J Epidemiol*. 2009 May 15;169(10):1201-8.
- Pascal M, Wagner V, Chatignoux E, Falq G, Corso M, Blanchard M, et al. Ozone and short-term mortality in nine French cities: Influence of temperature and season. *Atmos Environ*. 2012 Dec;62:566-72.
- Pascal M, Falq G, Wagner V, Chatignoux E, Corso M, Blanchard M, Host S, Pascal L, Larrieu S. Short-term impacts of particulate matter (PM₁₀, PM_{10-2.5}, PM_{2.5}) on mortality in nine French cities. *Atmos Environ*. 2014;95:175-84.

➤ Autres

- Cassadou S, Chardon B, D'Helf M, Declercq C, Eilstein D, Fabre P, Filleul L, Jusot J-F, Lefranc A, Le Tertre A, Medina S, Pascal L, Prouvost H, Ledrans M. Vague de chaleur de l'été 2003 : Relations entre températures, pollution atmosphérique et mortalité dans neuf villes françaises. *Pollution atmosphérique*. 2006 ; 191 : 303-305.
- D'Helf M, Cassadou S, Pascal L, Filleul L, Eilstein D, Fabre P, Jusot J-F, Medina S, Declercq C, Prouvost H, Lefranc A, Nunes C. Bilan des Plans régionaux pour la qualité de l'air – Résumé. *Pollution atmosphérique*. 2006 ; 190 : 153.
- Laaidi K, Bretin P, Cassadou S, Chardon B, Declercq C, D'Helf M, Eilstein D, Empereur-Bissonnet P, Fabre P, Filleul L, Jusot J, Lefranc A, Le Tertre A, Lauzeille D, Ledrans M, Lorente C, Medina S, Pascal L, Pascal M, Prouvost H, Salines G, Sérazin C, Tillaut H, Vandentorren S, Zeghnoun A. Canicule. Bilan des études réalisées par l'Institut de veille sanitaire et mise en place d'un système d'alerte. *La Presse thermale et climatique*. 2005 ; 142 : 55-67
- Pascal L, Medina S, Filleul L, Cassadou S, Chardon B, D'Helf M, Declercq C, Eilstein D, Fabre P, Jusot J-F, Lefranc A, Le Tertre A, Prouvost H. Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution photochimique au cours de l'été 2003 en France : contexte, pertinence et limites. *Pollution atmosphérique*. 2004 ; numéro spécial: 79-85.
- Eilstein D, Declercq C, Prouvost H, Zeghnoun A, Saviuc P, Pascal L, Nunes C, Cassadou S, Filleul L, Le Tertre A, Médina S, Lefranc A, Campagna D. Pollution atmosphérique : quel impact sanitaire ? *La revue du praticien – médecine générale*. 2004 ; 643 : 289-291.