



**HAL**  
open science

## **Evaluation de l'impact de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé en Ile-de-France 1987 - 1992**

Sylvia Medina, Alain Le Tertre, P. Quenel, Yvon El Moullec

### ► **To cite this version:**

Sylvia Medina, Alain Le Tertre, P. Quenel, Yvon El Moullec. Evaluation de l'impact de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé en Ile-de-France 1987 - 1992. Observatoire régional de la santé d'Ile-de-France. 1994, 103 p. <hal-05072715>

**HAL Id: hal-05072715**

**<https://hal.science/hal-05072715v1>**

Submitted on 19 May 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

OBSERVATOIRE RÉGIONAL DE SANTÉ D'ILE-DE-FRANCE

**Evaluation de l'impact**  
**de la pollution atmosphérique urbaine**  
**sur la santé en Ile-de-France**  
**1 9 8 7 - 1 9 9 2**

---

Novembre 1994

Cette étude est le fruit d'une collaboration associant l'Ecole Nationale de Santé Publique, la Faculté de Pharmacie de Paris V, le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, l'Observatoire Régional de Santé d'Ile-de-France et le Réseau National de Santé Publique.

Elle a été réalisée par :

Dr Sylvia MEDINA, médecin épidémiologiste, Alain LE TERTRE, statisticien - ORS d'Ile-de-France

Dr Philippe QUÉNEL, médecin épidémiologiste - Réseau National de Santé Publique

Yvon LE MOULLEC, ingénieur hygiéniste - Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris

# Sommaire

---

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
Le contexte	3
Les étapes du projet ERPURS	7
<b>1 – Données environnementales</b>	<b>11</b>
La pollution atmosphérique	13
Les facteurs de confusion	23
Météorologie, Syndromes grippaux, Pollens	
<b>2 – Données sanitaires</b>	<b>25</b>
La mortalité	27
Les admissions hospitalières	33
Les visites médicales à domicile	39
Les consultations aux urgences pédiatriques	45
Les déclarations d'arrêts de travail	49
<b>3 – Analyse statistique</b>	<b>53</b>
<b>4 – Résultats</b>	<b>65</b>
Effets de la pollution atmosphérique sur :	
– la mortalité	67
– les admissions hospitalières	71
– les visites médicales à domicile	77
– les urgences pédiatriques	83
– les déclarations d'arrêts de travail	85
<b>5 – Pollution atmosphérique et santé :</b>	
<b>l'état des connaissances au niveau international</b>	<b>87</b>
<b>Conclusion</b>	<b>95</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>101</b>

# Introduction

---

Le projet ERPURS (Evaluation des Risques de la Pollution URbaine pour la Santé) est né en décembre 1990 à la demande du Préfet de Région et du Conseil Régional d'Ile-de-France. Il répond à une préoccupation croissante, aussi bien des décideurs que des professionnels et du grand public, de mieux cerner les relations entre la santé et la pollution atmosphérique urbaine.

L'objectif de ce projet est, d'une part, de caractériser et d'estimer à court terme les liens entre la pollution atmosphérique et la santé de la population francilienne et, d'autre part, d'évaluer la pertinence de la mise en place en Ile-de-France d'un système de surveillance de santé publique couplé au système de surveillance de la qualité de l'air.

### *Le contexte : les critères internationaux de qualité de l'air*

La surveillance de la qualité de l'air repose essentiellement sur des mesures de concentration de polluants et/ou d'indicateurs de pollution grâce à des réseaux de capteurs localisés dans les zones urbanisées. En Ile-de-France, leur implantation géographique dépend de la densité de la population et de la localisation des sources de pollution, fixes ou mobiles.

Ces réseaux ont de plus en plus souvent vocation à évaluer l'exposition des populations à la pollution atmosphérique et les résultats observés sont interprétés en se fondant sur deux grandes catégories de critères de qualité de l'air : les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) et les directives de l'Union Européenne (U.E.) dont trois ont été traduites en droit français par le décret du 25 octobre 1991.

pour diminuer le niveau moyen de la pollution (percentile 50 ou médiane)<sup>1</sup> ou la fréquence des épisodes à teneurs élevées (percentile 98)<sup>2</sup>. Ces directives sont donc peu opérationnelles pour les décideurs dans la gestion des épisodes de pollution et pour l'information du public dans ces mêmes situations.

La directive relative à l'ozone, plus récente, est de conception différente. Elle fixe plusieurs valeurs-seuils, issues des travaux de synthèse de l'OMS, dont une pour l'information de la population (180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire) et une pour l'alerte du public (360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire). Dans sa forme actuelle, cette directive ne fixe donc pas de valeur limite ; elle a essentiellement pour objet d'établir dans les Etats Membres une procédure harmonisée de surveillance des niveaux d'ozone, de transmission des résultats aux autorités européennes et d'information de la population lors des épisodes de pollution.

En fait, les critères de qualité de l'air font actuellement l'objet d'un vaste débat scientifique. Leur pouvoir protecteur vis à vis de la santé de la population est discuté. En particulier, lorsque les valeurs de référence sont dépassées, l'incertitude relative aux conséquences sanitaires des épisodes de pollution pose des problèmes décisionnels difficiles.

Or, du fait de conditions météorologiques défavorables, cette situation se produit un certain nombre de fois dans les grandes agglomérations, comme en Ile-de-France. C'est dans ce contexte qu'est né le projet ERPURS qui s'est donné pour objectif d'apporter des éléments de réponse pour évaluer les risques pour la santé liés à la pollution atmosphérique urbaine. En confrontant des indicateurs de pollution et des indicateurs d'activité sanitaire recueillis à partir des structures de soins régionales, il apparaissait possible de quantifier l'impact de la pollution sur la santé et, en conséquence, d'évaluer l'efficacité des normes à l'échelon local.

---

<sup>1</sup> cinquantième percentile de la distribution des valeurs de pollution, c'est-à-dire la valeur qui « coupe » en deux parties égales (basses/hautes) la distribution des valeurs.

<sup>2</sup> quatre-vingt-dix-huitième percentile de la distribution des valeurs de pollution, qui définit pour l'année, la valeur atteinte ou dépassée au cours des 7 jours de plus forte pollution (2% des jours de l'année) pour les données journalières, ou 175 heures par an, pour les teneurs horaires.

## *Les étapes du projet ERPURS*

- En 1991, deux objectifs ont été atteints.

Le premier était de constituer, en Ile-de-France, un réseau pluridisciplinaire autour des problèmes de santé en relation avec la pollution atmosphérique. Ce réseau rassemble aujourd'hui une cinquantaine de partenaires et associe trois types d'expertise concernant :

- l'exposition de la population générale à la pollution atmosphérique ;
- les problèmes de santé reliés à la pollution ;
- la mesure de l'association pollution-santé grâce à l'outil épidémiologique.

Son ambition est de créer une dynamique d'échanges entre des acteurs évoluant habituellement dans des milieux très divers et de favoriser ainsi la mise en commun d'expériences et de compétences complémentaires.

Le deuxième objectif était la mise à jour des connaissances épidémiologiques des problèmes de santé liés à la pollution atmosphérique. Une synthèse bibliographique a ainsi permis de faire le point des différentes études épidémiologiques publiées au niveau international, entre 1980 et 1991, concernant les effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la santé (2).

A l'issue de cette revue de littérature, il est apparu qu'une étude de type « écologique », basée sur des données agrégées, confrontant les indicateurs de pollution à des indicateurs d'activité sanitaire, permettrait de quantifier l'impact de la pollution sur la santé à l'échelon local.

- En 1992, le projet a été consacré à la constitution d'un réseau épidémio-métrologique et à la création d'une base de données rétrospectives environnementales et sanitaires.

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

- le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (LHVP) et AIRPARIF<sup>3</sup> ;
- Météo-France ;
- le Laboratoire d'Aérobiologie de l'Institut Pasteur ;
- le Laboratoire de Virologie de l'Institut Pasteur.

---

<sup>3</sup> AIRPARIF : réseau de surveillance de la qualité de l'air de la région Ile-de-France

chercheurs de 15 villes européennes (dont Paris et Lyon) au cours du premier semestre 1994, en collaboration avec un expert bio-statisticien nord-américain. Suite à une réunion du groupe de travail, organisée à Paris en juin 1994, cette méthode a été validée et adoptée par l'ensemble des participants (33). A terme, ce projet doit permettre de comparer les manifestations sanitaires associées à la pollution atmosphérique dans les différentes villes participant au projet.

*Ce rapport présente les résultats d'une étude épidémiologique « écologique », c'est à dire basée sur des données agrégées, concernant les liens entre la pollution atmosphérique urbaine et la santé en Ile-de-France pour la période comprise entre 1987 et 1992. Il s'agit de caractériser la pollution atmosphérique urbaine en termes de risque pour la santé à partir de l'étude des pathologies donnant lieu à des décès, à des hospitalisations, à des consultations aux urgences pédiatriques, à des visites médicales à domicile, ou à de l'absentéisme professionnel.*

*Il faut situer l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé dans un ensemble de facteurs de risque dont les conditions météorologiques, les épidémies de gripes, les périodes de pollinisation, entre autres, jouent un rôle au moins aussi important que celui de la pollution atmosphérique dans la survenue ou l'aggravation d'une pathologie. L'étude des liens entre la pollution atmosphérique et la santé ne s'est faite qu'une fois ces facteurs pris en compte.*

*Les polluants mesurés dans le cadre de cette étude ne sont qu'un reflet partiel de la complexité de la pollution atmosphérique urbaine et doivent être considérés plutôt comme des indicateurs de pollution.*

*La méthode d'analyse statistique adoptée est, rappelons-le, celle élaborée dans le cadre du projet APHEA (33) par des chercheurs de 15 villes européennes (dont Paris et Lyon), en collaboration avec un expert bio-statisticien nord-américain. Cette méthode d'analyse répond aux critères d'évaluation des études écologiques présentés lors du dernier congrès de l'Association Internationale d'Epidémiologie Environnementale(34).*

*Pour chaque indicateur de pollution et en fonction de la distribution statistique des valeurs moyennes quotidiennes observées en Ile-de-France, les risques pour la santé sont exprimés pour trois situations différentes :*

- niveau « moyen » de pollution atteint ou dépassé 50 % des jours de l'année ;*
- niveau « élevé » de pollution, atteint ou dépassé 18 jours par an, soit 5 % des jours de l'année ;*
- niveau « encore plus élevé » observé entre 5 et 8 jours par an selon les indicateurs et les années. Cette situation correspond à une augmentation de 100 µg/m<sup>3</sup>/jour des niveaux de base de chaque indicateur de pollution. Ce mode d'expression permet des comparaisons au niveau international.*

*S'agissant des valeurs maximales horaires, observées à l'échelle quotidienne, seuls les deux premiers modes d'expression sont utilisés.*

# Données environnementales

---

*Les polluants mesurés dans le cadre de cette étude sont, rappelons-le, un reflet de la complexité de la pollution atmosphérique urbaine et doivent être considérés plutôt comme des indicateurs de pollution.*

*Ces indicateurs sont :*

- l'indice de fumées noires (FN) ;*
- les particules fines en suspension de diamètre inférieur à 13 µm (PS13) ;*
- le dioxyde de soufre (SO2) ;*
- le dioxyde d'azote (NO2) ;*
- l'ozone (O3).*

*Les indicateurs de pollution dits « de proximité » tels que le monoxyde de carbone (CO) ou le plomb (Pb), entre autres, ne rentrent pas dans le cadre de cette étude.*

*Pour tenir compte des valeurs de référence retenues par l'Union Européenne dans les directives de qualité de l'air et par l'OMS pour l'établissement des valeurs-guides, les indicateurs journaliers d'exposition listés ci-dessous ont été retenus :*

*\* pour FN et PS13 :*

- la valeur moyenne des teneurs journalières relevées chaque jour sur l'ensemble des sites (niv. moyens 24 h) ;*

*\* pour SO2 et NO2 :*

- la valeur moyenne des teneurs journalières relevées chaque jour sur l'ensemble des sites (niv. moyens 24 h) ;*
- la valeur moyenne des teneurs maximales horaires relevées chaque jour sur l'ensemble des sites (niv. maxima 1h) ;*

*\* pour O3 :*

- la valeur moyenne des teneurs sur 8 h relevées chaque jour sur l'ensemble des sites (niv. moyens 8 h) ;*
- la valeur moyenne des teneurs maximales horaires relevées chaque jour sur l'ensemble des sites (niv. maxima 1h).*

*Les principaux facteurs de confusion pour lesquels la relation avec la pollution atmosphérique et/ou la santé est connue, ont également été pris en compte. Il s'agit de la météorologie, des épidémies de grippe et des pollens. Les facteurs de risque « classiques » tels que le tabac, les caractéristiques socio-démographiques, ... n'ont pas d'influence dans une analyse de type écologique puisqu'ils restent à peu près constants au jour le jour, sur une même personne.*

## La pollution atmosphérique

---

### • *Types de données recueillies*

La période d'étude du projet ERPURS s'étend de 1987 à 1992 et inclut donc des données de pollution mesurées avant et pendant la phase de modernisation du réseau de mesure francilien (cf. encadré p.12). En conséquence, il a été choisi de sélectionner un nombre limité de stations dont la localisation n'a pas ou (a) peu été modifiée au cours de cette transformation. De plus, **les stations sélectionnées sont uniquement celles du réseau de mesure de la pollution urbaine de fond, les données des sites de proximité, trop dépendantes de la pollution locale, ont été exclues.**

Pour la période du 01-01-1987 au 31-12-1990, les données ont été fournies par le LHVP ; à partir du 01-01-1991, les données ont été transmises par le réseau AIRPARIF.

**Les indicateurs de pollution** étudiés sont l'indice de fumées noires (FN), les particules fines en suspension de diamètre inférieur à 13  $\mu\text{m}$  (PS13), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>). Des effets nocifs sur la santé ont été largement démontrés en liaison avec leur présence dans l'air (3-5).

**Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)**, émis par la combustion des fuels, gazoles et charbons et lié essentiellement au chauffage et aux activités industrielles, est un gaz irritant. Cette pollution est associée à une altération de la fonction pulmonaire chez les enfants et à une exacerbation des symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire).

**Les particules fines en suspension** d'origine anthropique (combustion industrielle, chauffage, incinération, véhicules) mesurées par l'indice de **fumées noires** ou les particules fines en suspension de diamètre inférieur à 13  $\mu\text{m}$  (PS13) peuvent pénétrer jusqu'aux voies respiratoires inférieures, véhiculant à leur surface d'autres polluants pouvant être toxiques.

**Les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)** sont émis par des combustions à haute température, notamment par les moteurs des véhicules. Parmi ces oxydes d'azote, le NO<sub>2</sub> est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires provoquant une hyperréactivité bronchique chez les patients asthmatiques et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections, chez l'enfant.

**L'ozone (O<sub>3</sub>)** est un constituant normal de l'air mais il est aussi formé dans l'atmosphère à partir des composés organiques volatils et des oxydes d'azote sous l'effet du rayonnement solaire (*voir encadré p.16*). L'ozone de la basse atmosphère provoque des irritations oculaires, de la toux et une altération de la fonction pulmonaire surtout chez les enfants et les patients asthmatiques. Les effets sont majorés par l'exercice physique.

Les particules en suspension sont mesurées par la technique reflectométrique (fumées noires FN) et par radiométrie bêta (PS13) ; le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) est mesuré par fluorescence UV, le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) par chimiluminescence, l'ozone (O<sub>3</sub>) par absorption UV.

Les mesures de fumées noires proviennent de 17 sites de mesure, celles de SO<sub>2</sub>, de PS13, de NO<sub>2</sub> et de O<sub>3</sub>, de 4 stations multiparamètres. Ces stations sont localisées dans Paris et dans les trois départements périphériques (Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne). Les sites sont choisis pour être géographiquement représentatifs et ne sont pas directement influencés par une source de pollution atmosphérique locale. Les stations mesurant les fumées noires fournissent des données journalières (valeurs intégrées sur 24 heures) alors que les capteurs-analyseurs de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub> délivrent des teneurs intégrées sur 15 minutes permettant de calculer des valeurs moyennes horaires et journalières. Les données étudiées ont toutes été validées au préalable par le LHVP en collaboration avec AIRPARIF. Les jours où moins de 75% des mesures moyennes horaires sont disponibles pour un poste, la moyenne journalière de ce poste est considérée comme manquante.

Peu d'auteurs se sont intéressés à la validation de l'agrégation de valeurs mesurées par différents sites pour définir un indicateur global d'exposition (6-8). Une première analyse a montré, pour Paris et sa région, que les niveaux des indicateurs de pollution mesurés aux différents sites sont comparables et qu'il existe une forte corrélation géographique entre les postes de mesure, permettant de justifier l'agrégation des moyennes quotidiennes des sites. Une étude plus fine fondée sur l'analyse des moyennes journalières de l'indice des fumées noires aux différents postes de mesure, a montré que les mesures sont fortement corrélées, qu'elles présentent les mêmes structures temporelles, que les niveaux sont comparables et évoluent en même temps sur les sites de Paris et de sa petite couronne à l'échelle quotidienne. L'utilisation d'une moyenne arithmétique des moyennes journalières des sites pour élaborer un indicateur global de niveau de fumées noires sur Paris et sa petite couronne est donc justifiée (9).

Compte tenu de ces résultats et des valeurs de référence retenues par l'Union Européenne dans les directives de qualité de l'air et par l'OMS pour l'établissement des valeurs-guides, **les indicateurs journaliers d'exposition** listés ci-dessous ont été retenus.

---

Pour FN et PS13 :

- la valeur moyenne des teneurs journalières relevées chaque jour sur l'ensemble des sites (**niv. moyens 24 h**) ;

Pour SO<sub>2</sub> et NO<sub>2</sub> :

- la valeur moyenne des teneurs journalières relevées chaque jour sur l'ensemble des sites (**niv. moyens 24 h**) ;
- la valeur moyenne des teneurs maximales horaires relevées chaque jour sur l'ensemble des sites (**niv. maxima 1h**) ;

Pour O<sub>3</sub> :

- la valeur moyenne des teneurs sur 8 h relevées chaque jour (entre 10 et 18 heures TU) sur l'ensemble des sites (**niv. moyens 8 h**) ;
  - la valeur moyenne des teneurs maximales horaires relevées chaque jour sur l'ensemble des sites (**niv. maxima 1h**).
-

• *Niveaux de pollution en 1987 – 1992*

Les niveaux moyens journaliers de pollution acido-particulaire (fumées noires, particules en suspension, dioxyde de soufre) présentent des valeurs plus élevées en hiver qu'en été. Les pics de pollution surviennent toujours lors des périodes hivernales.

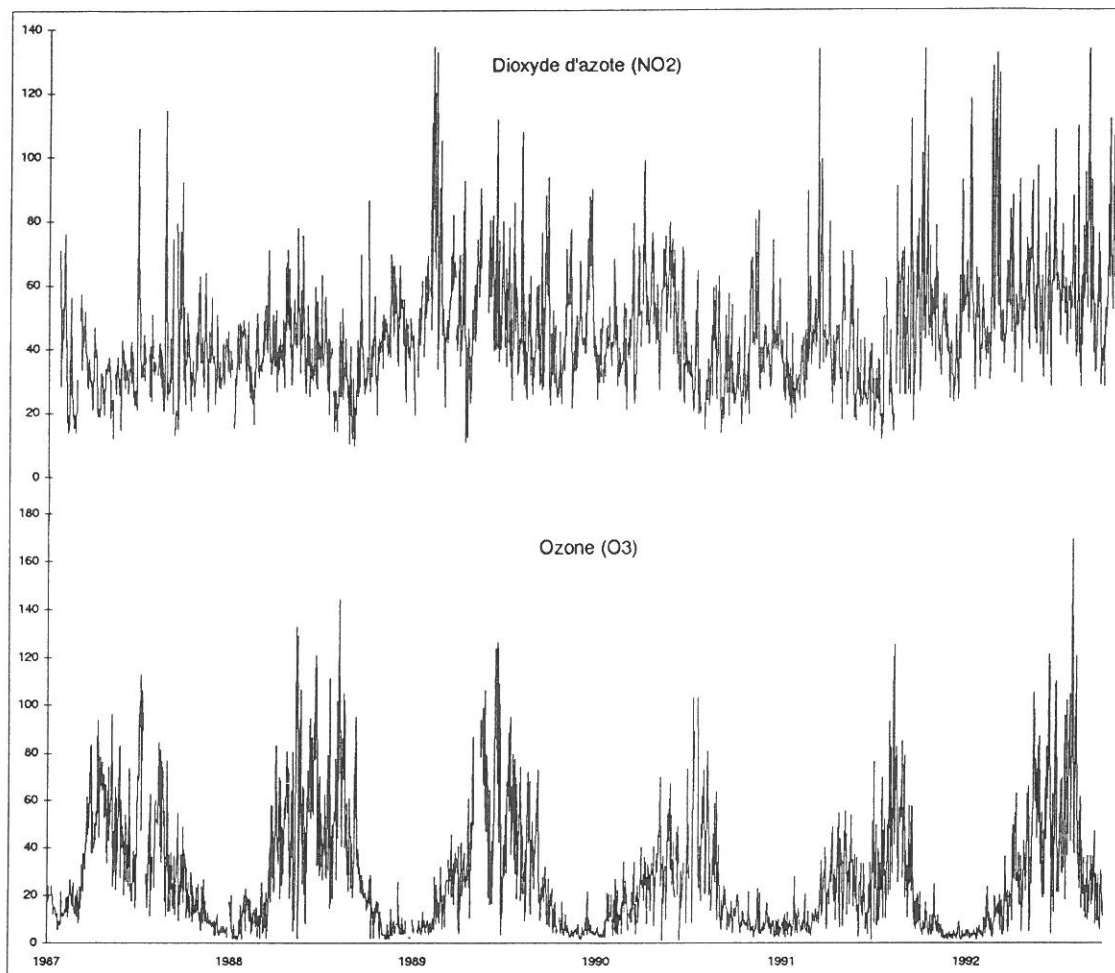
L'analyse du graphique des PS13 montre une stabilité de 1987 à 1990, une variabilité saisonnière importante de 1990 à 1991, puis une diminution. Malgré l'importance des données manquantes, cet indicateur a cependant été étudié en raison, essentiellement, de son utilisation dans les études internationales.

Le dioxyde d'azote présente un cycle plus particulier. Les niveaux maxima sont atteints lors des périodes hivernales ou estivales. Les saisons intermédiaires (printemps, automne) connaissent des niveaux plus faibles, en raison des conditions climatiques plus favorables caractérisant ces périodes.

L'ozone, formé à partir des oxydes d'azote, des composés organiques volatils (et du CO) sous l'influence du rayonnement solaire, présente des niveaux nettement plus élevés en été qu'en hiver (*voir encadré p.16*).

Les courbes des pages suivantes illustrent ces phénomènes.

### Niveaux moyens journaliers de pollution ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 1987-1992



- *Niveaux saisonniers de pollution*

Les niveaux de SO<sub>2</sub> sont plus importants en hiver, la valeur la plus élevée observée étant de 149 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière.

Les niveaux de fumées noires sont également plus élevés en hiver ; le niveau le plus élevé observé est d'environ 137 µg/m<sup>3</sup>.

Pour les PS13, le niveau maximal atteint en hiver est de 151 µg/m<sup>3</sup>.

Les teneurs moyennes de NO<sub>2</sub> sont sensiblement équivalentes en hiver et en été. Il est cependant important de noter que les niveaux élevés traduisent des situations de pollution différentes selon les saisons :

- en hiver, la stagnation atmosphérique en relation avec des vents faibles et, surtout, les fortes inversions de température, conduisent à une élévation des niveaux de l'ensemble des indicateurs de pollution primaires et, en particulier, des oxydes d'azote émis au niveau du sol par le trafic automobile. Bien que la photochimie atmosphérique soit en général peu active, les teneurs en NO<sub>2</sub> peuvent dépasser les valeurs limites en raison des niveaux importants de monoxyde d'azote disponibles et, aussi, du fait qu'une part des oxydes d'azote (de l'ordre de 15 %) est émise sous forme de NO<sub>2</sub> ;

- en été, les inversions de température sont beaucoup moins importantes et persistantes, mais la photochimie atmosphérique est plus active. Les niveaux élevés indiquent alors à la fois une dispersion limitée des indicateurs de pollution, faute de vent, et une forte activité photochimique dont témoignent les teneurs élevées en ozone qui accompagnent ces phénomènes.

Les niveaux de particules en suspension sont également élevés en été, et peuvent atteindre 105 µg/m<sup>3</sup>.

## Facteurs de confusion

---

L'étude de la relation entre la pollution atmosphérique et la santé est complexe, de nombreux facteurs agissant à la fois sur la pollution et sur la santé. La pollution est, par exemple, très liée à la météorologie. De même, les effets sur la santé peuvent être dus à des facteurs autres que la pollution : viroses, allergies, pollens, etc. Des techniques d'analyse statistique permettent de prendre en compte tous ces facteurs qui interfèrent dans l'étude de la relation entre un indicateur de pollution et un indicateur de santé. Dans cette étude, les principaux facteurs de confusion pour lesquels la relation avec la pollution atmosphérique et/ou la santé est connue, ont été pris en compte. Les facteurs de risque « classiques » tels que le tabac, les caractéristiques socio-démographiques, ... n'ont pas d'influence dans une analyse de type écologique comme celle-ci puisqu'ils restent à peu près constants, au jour le jour, sur une même personne.

Néanmoins, il peut toujours exister un facteur inconnu qui n'a pas été pris en compte et qui expliquerait la relation observée.

### • *Météorologie*

AIRPARIF et le LHVP ont fourni, sur une base quotidienne, les données météorologiques recueillies par Météo-France sur la station du parc Montsouris (température moyenne et humidité relative).

La moyenne des températures hivernales pendant la période d'étude était de 7,3°C. Il faut noter que l'été 1990 a été particulièrement chaud, notamment les 3 et 4 août (30°C).

### • *Epidémies de grippe*

Les épidémies de grippe ont été prises en compte dans l'analyse à partir :

- des isollements de souches virales de grippe A et B effectués par le Centre de Référence de la Grippe France-Nord de l'Institut Pasteur, pour la période du 1-1-1987 au 31-3-1992 ;
- des données de visites médicales à domicile de SOS-Médecins Paris (syndrome grippal) pour l'ensemble de la période d'étude.

Sur le graphique ci-contre, on distingue notamment l'importance des épidémies de grippe au cours des hivers 1988-89 et 1989-90.

### • *Pollens*

Les informations concernant les périodes de pollens ont été collectées par le Laboratoire d'Aérobiologie de l'Institut Pasteur. Les données consistent en un compte pollinique total journalier, recueilli du 02-02-1989 au 31-03-1992, et un indicateur de risque allergénique prenant en compte le pouvoir allergisant des principaux pollens identifiés pour la période du 21-2-1989 au 31-3-1992. Le graphique présente les comptes polliniques totaux. L'impact des pollens est surtout important au printemps, mais également, dans une moindre mesure, en été.

# Données sanitaires

---

*Les indicateurs de santé suivants ont été analysés :*

- données de mortalité (Service Commun n°8-INSERM) ;*
- hospitalisations (Assistance Publique-Hôpitaux de Paris) ;*
- urgences pédiatriques (Hôpital Trousseau) ;*
- visites médicales à domicile (SOS-Médecins Paris) ;*
- absentéisme professionnel (EDF-GDF)*

*en relation, principalement, avec les pathologies respiratoires et cardio-vasculaires.*

*En raison d'une restructuration complète du système informatique de stockage et de traitement des données, les informations de la Brigade des Sapeurs Pompiers de Paris n'étaient pas disponibles au moment du recueil de données.*

*Initialement les données du SAMU de Paris ont été recueillies pour étudier spécifiquement les pointes de pollution et les périodes sélectionnées se sont avérées trop courtes pour appliquer à ces données la méthode d'analyse retenue.*

## La mortalité

---

- *Types de données recueillies*

Les données de mortalité ont été obtenues auprès du service d'information sur les causes médicales de décès du service commun n°8 de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM).

La population couverte par les indicateurs de mortalité en 1990 comprend 6 140 512 personnes domiciliées à Paris et dans la proche couronne, dont 403 202 personnes de plus de 75 ans.

Les statistiques concernant le nombre de décès sont établies à partir du certificat de décès. Rempli obligatoirement par un médecin, il comporte des renseignements sur l'âge, l'adresse du défunt et les causes principale et immédiate du décès. Le codage des causes de décès est réalisé d'après la Classification Internationale des Maladies 9ème révision CIM-9, sous contrôle médical et de façon centralisée afin d'assurer l'homogénéité du traitement statistique.

Les données retenues pour l'analyse sont celles concernant les causes principales de décès domiciliés (lieu de résidence du décédé) à Paris et en proche couronne pour la période comprise entre 1987 et 1990. Seuls les décès en relation avec une pathologie ont été retenus, excluant ainsi les traumatismes et empoisonnements et les causes extérieures de traumatismes et empoisonnements (CIM-9  $\geq$ 800).

L'analyse a porté sur :

- la mortalité totale non accidentelle ;
- la mortalité liée aux maladies de l'appareil respiratoire CIM-9 (460-519) : affections aiguës des voies respiratoires, pneumonie et grippe, maladies pulmonaires obstructives chroniques et affections connexes, maladies pulmonaires dues à des agents externes, autres maladies de l'appareil respiratoire ;
- la mortalité liée aux maladies de l'appareil circulatoire CIM-9 (390-459) : cardiopathies rhumatismales, maladies hypertensives, cardiopathies ischémiques, troubles de la circulation pulmonaire, autres formes de cardiopathies, maladies vasculaires cérébrales, maladies des artères, artérioles et capillaires, maladies des veines et des vaisseaux lymphatiques, autres maladies de l'appareil circulatoire.

- *Nombre de décès par jour entre 1987 et 1990*

Le nombre de décès de personnes domiciliées à Paris et en proche couronne, enregistrés au cours de la période 1987–1990, est de 189 169. Le nombre total de décès (mortalité totale) est, en moyenne, de 129 décès par jour, pouvant atteindre 214 décès quotidiens.

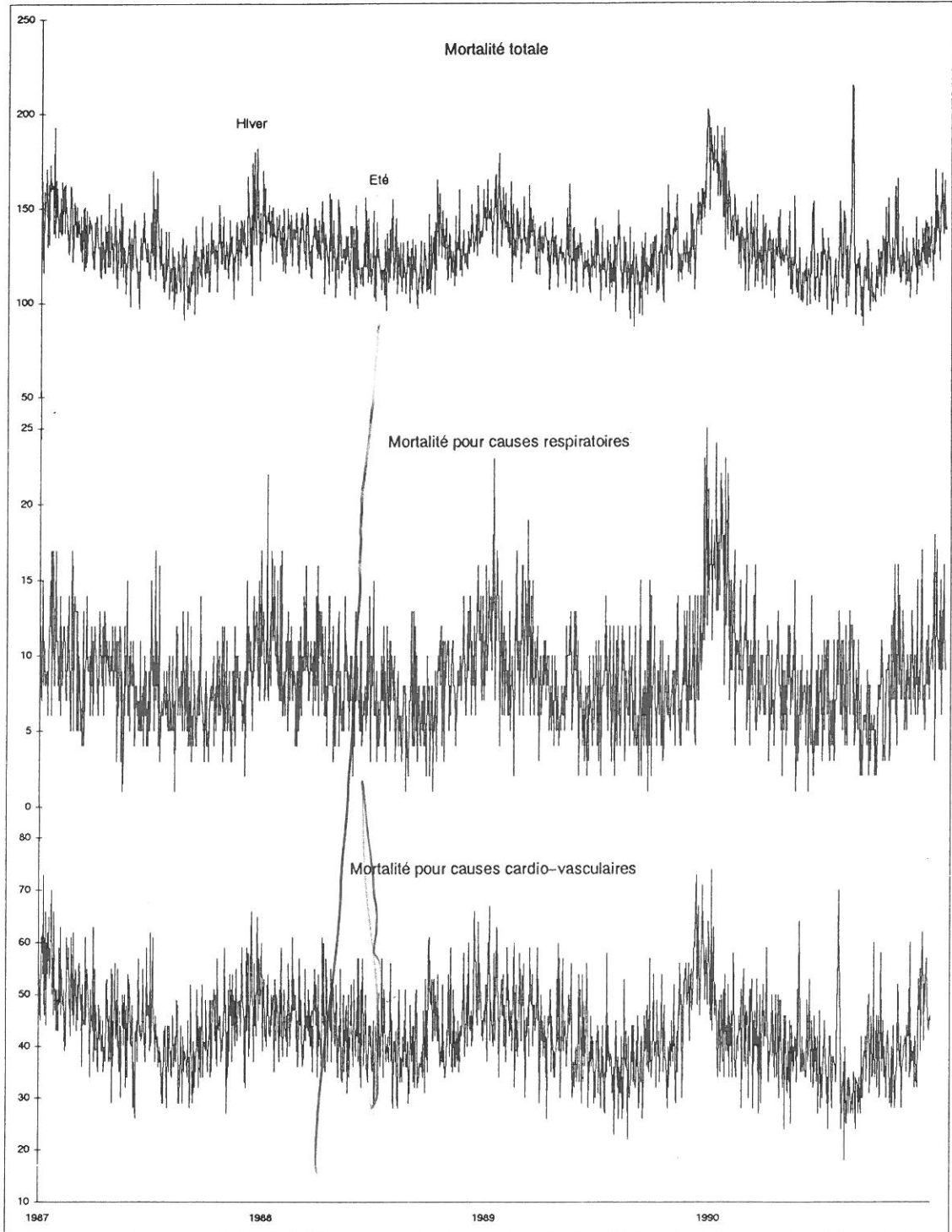
En moyenne, neuf décès pour causes respiratoires sont enregistrés par jour, avec un maximum de 25 décès. La mortalité cardio-vasculaire représente un nombre important de décès : en moyenne 43 décès par jour, pouvant atteindre jusqu'à 74 décès quotidiens.

Les graphiques de la page suivante montrent les comptes journaliers des causes de décès pour la période 1987–1990. Pour la mortalité (non accidentelle) on observe des valeurs élevées correspondant aux périodes hivernales, mais aussi estivales, notamment en 1987 et, surtout, en 1990, où la température moyenne journalière a atteint 30°C les 3 et 4 août.

La mortalité pour causes respiratoires présente des cycles saisonniers et des augmentations hivernales en relation avec les épidémies de grippe.

La mortalité pour causes cardio-vasculaires présente des pics en été correspondant aux périodes de grande chaleur.

# Compte journalier des décès 1987-1990



## Les hospitalisations

---

- *Types de données recueillies*

Les données concernant les hospitalisations ont été fournies par le service d'épidémiologie de l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris. Chaque séjour hospitalier (800 000 par an en court séjour) donne lieu à l'enregistrement d'informations anonymes, dont le diagnostic de sortie qui correspond au diagnostic principal ayant motivé le plus de soins pendant le séjour. Les diagnostics établis par les cliniciens dans les services de l'hôpital, sont codés d'après la Classification Internationale des Maladies 9ème révision CIM-9. Les hospitalisations retenues pour cette étude concernent les 27 hôpitaux de court séjour (médecine, chirurgie, gynécologie-obstétrique) situés sur la zone géographique d'étude, c'est-à-dire Paris et la proche couronne.

Pour la période allant du 01-01-1987 au 30-09-1992, le nombre journalier d'hospitalisations a été recueilli, pour :

- l'ensemble de la pathologie respiratoire CIM-9 (codes 460-519) : affections aiguës des voies respiratoires, pneumonie et grippe, maladies pulmonaires obstructives chroniques et affections connexes, maladies pulmonaires dues à des agents externes, autres maladies de l'appareil respiratoire ;
- l'asthme CIM-9 (493) ;
- les broncho-pneumopathies chroniques obstructives CIM-9 (codes 490-492 et 494-496) : bronchite, emphysème, bronchectasie, alvéolite allergique, autres obstructions chroniques des voies respiratoires ;
- l'ensemble de l'appareil circulatoire (CIM-9 codes 390 à 459) : cardiopathies rhumatismales, maladies hypertensives, cardiopathies ischémiques, troubles de la circulation pulmonaire, autres formes de cardiopathies, maladies vasculaires cérébrales, maladies des artères, artérioles et capillaires, maladies des veines et des vaisseaux lymphatiques, autres maladies de l'appareil circulatoire ;
- les myocardopathies ischémiques (CIM-9 codes 410-414) : infarctus du myocarde, angine de poitrine, autres formes de cardiopathies ischémiques.

• *Nombre d'hospitalisations par jour à l'AP-HP entre 1987 et 1992*

Pour la période d'étude, les hospitalisations pour maladie respiratoire (tous âges) dans les hôpitaux de l'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris (AP-HP) s'élèvent, en moyenne, à 79 hospitalisations par jour, ce nombre peut atteindre 175.

Pour les adultes (15–64 ans) la pathologie respiratoire occasionne, en moyenne, 33 hospitalisations par jour, le maximum observé étant de 75.

Pour les personnes âgées de 65 ans et plus, les affections respiratoires représentent en moyenne 22 hospitalisations par jour, le maximum étant de 60.

En moyenne, la maladie asthmatique est à l'origine de 14 hospitalisations quotidiennes, avec un maximum de 40 :

- chez les plus jeunes (0–14 ans), la moyenne est de 5 hospitalisations par jour, et le maximum de 23 ;
- chez les adultes (15–64 ans), la moyenne est de 7 et le maximum de 26 hospitalisations par jour.

Les maladies pulmonaires chroniques obstructives (BPCO) sont à l'origine de 12 hospitalisations en moyenne par jour, pouvant atteindre un maximum de 31. Chez les personnes de 65 ans et plus, la moyenne est de 11 hospitalisations par jour, et le maximum de 18.

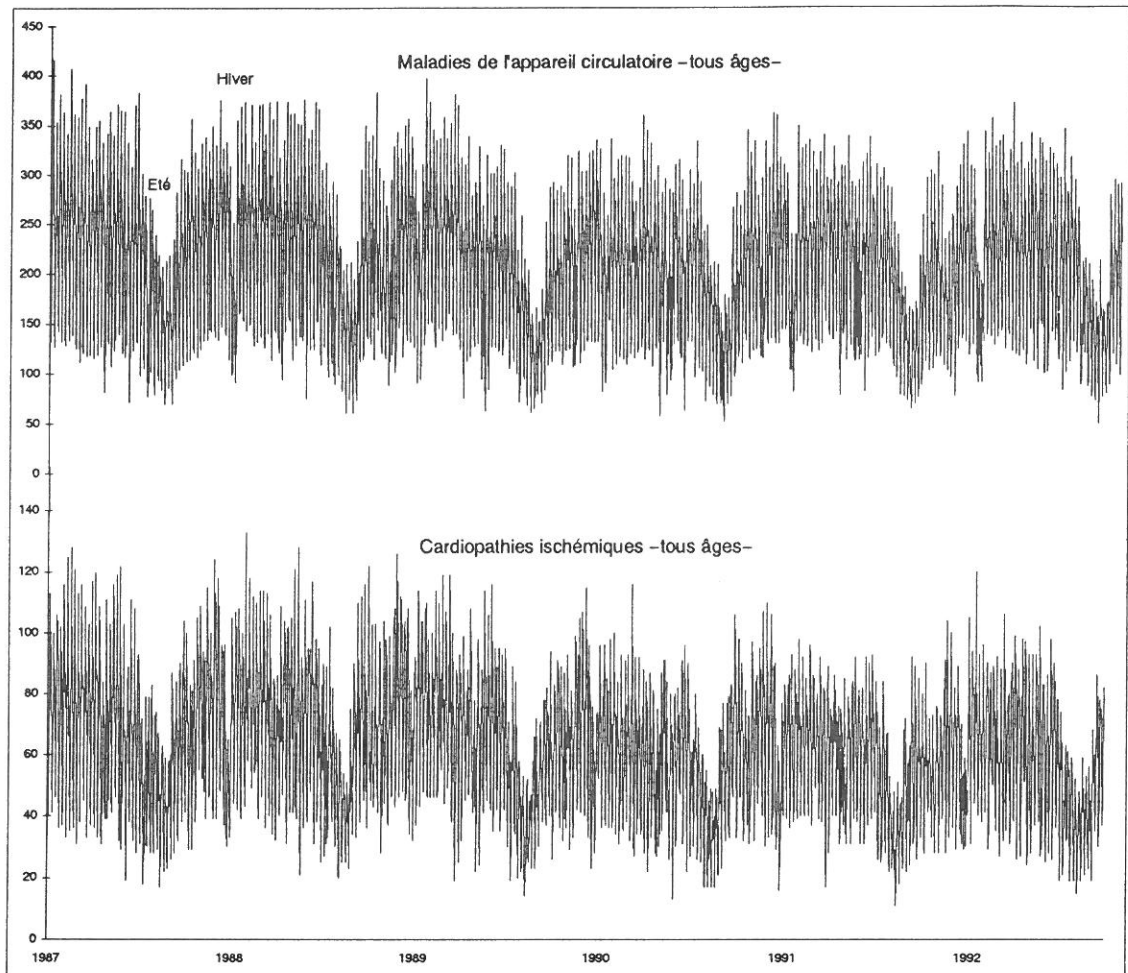
Les maladies de l'appareil circulatoire représentent en moyenne 205 hospitalisations par jour, avec un maximum de 416.

Pour les myocardiopathies ischémiques, la moyenne est de 62 hospitalisations par jour, et le maximum de 133.

Les graphiques des pages suivantes présentent les comptes journaliers d'hospitalisations à l'AP-HP. Ils se caractérisent par une forte saisonnalité : les comptes les plus élevés sont atteints en hiver et les valeurs les plus faibles sont enregistrées au cours des mois de juillet et août, correspondant à la fermeture de certaines unités.

Toutes les hospitalisations, et particulièrement celles pour maladies de l'appareil circulatoire, présentent une forte variabilité hebdomadaire, caractérisée sur le graphique par "l'épaisseur" des séries.

## Compte journalier des hospitalisations AP-HP 1987-1992



## Les visites médicales à domicile

---

- *Types de données recueillies*

Des informations concernant les visites médicales à domicile ont pu être obtenues auprès de SOS-Médecins Paris. Cet organisme effectue environ 300 000 visites par an sur la zone d'étude concernée, soit environ 20% des visites à domicile réalisées par l'ensemble des médecins généralistes.

Pour la période du 01-01-1988 au 31-12-1992, les motifs d'appels suivants ont été retenus à partir d'une classification interne comprenant 78 items :

- affections des voies respiratoires supérieures (pharyngites, angines, laryngites) ;
- affections des voies respiratoires inférieures (dyspnée, gêne respiratoire) ;
- crises d'asthme ;
- pathologies cardio-vasculaires : angor, angine de poitrine, douleurs thoraciques, accidents vasculaires cérébraux, tachycardies, oedème aigu du poumon ;
- maux de tête ;
- maladies de l'oeil.

• *Nombre de visites médicales à domicile par jour de SOS-Médecins Paris entre 1988 et 1992*

Au cours de la période d'étude, le nombre moyen d'appels quotidiens à SOS-Médecins est de 800, et peut atteindre 2420. L'activité de SOS-Médecins présente un cycle hebdomadaire marqué, avec un nombre plus important d'appels en fin de semaine (samedi, dimanche).

Les affections des voies respiratoires supérieures (pharyngites, angines, laryngites) constituent des motifs d'appels fréquents, avec une moyenne journalière de 95 et un maximum de 291 visites par jour. Pour les enfants (0-14 ans), ces affections motivent en moyenne 36 visites par jour, le maximum pouvant atteindre 146.

Les affections des voies respiratoires inférieures (gêne respiratoire, dyspnée) représentent 51 visites par jour avec un maximum de 285 :

- pour les enfants, ces affections sont à l'origine de 16 visites par jour en moyenne, avec un maximum de 118 ;
- pour les adultes (15 à 64 ans), la moyenne est de 24 et le maximum de 159 ;
- pour les personnes de 65 ans et plus, la moyenne est de 9 visites par jour, et le maximum de 43.

Les crises d'asthme peuvent occasionner jusqu'à 30 visites par jour :

- chez les enfants, le maximum est de 10 visites par jour (moyenne 1) ;
- dans la population adulte, elles occasionnent en moyenne 5 visites par jour (maximum 22).

La pathologie cardio-vasculaire représente en moyenne 9 appels par jour, avec un maximum de 31.

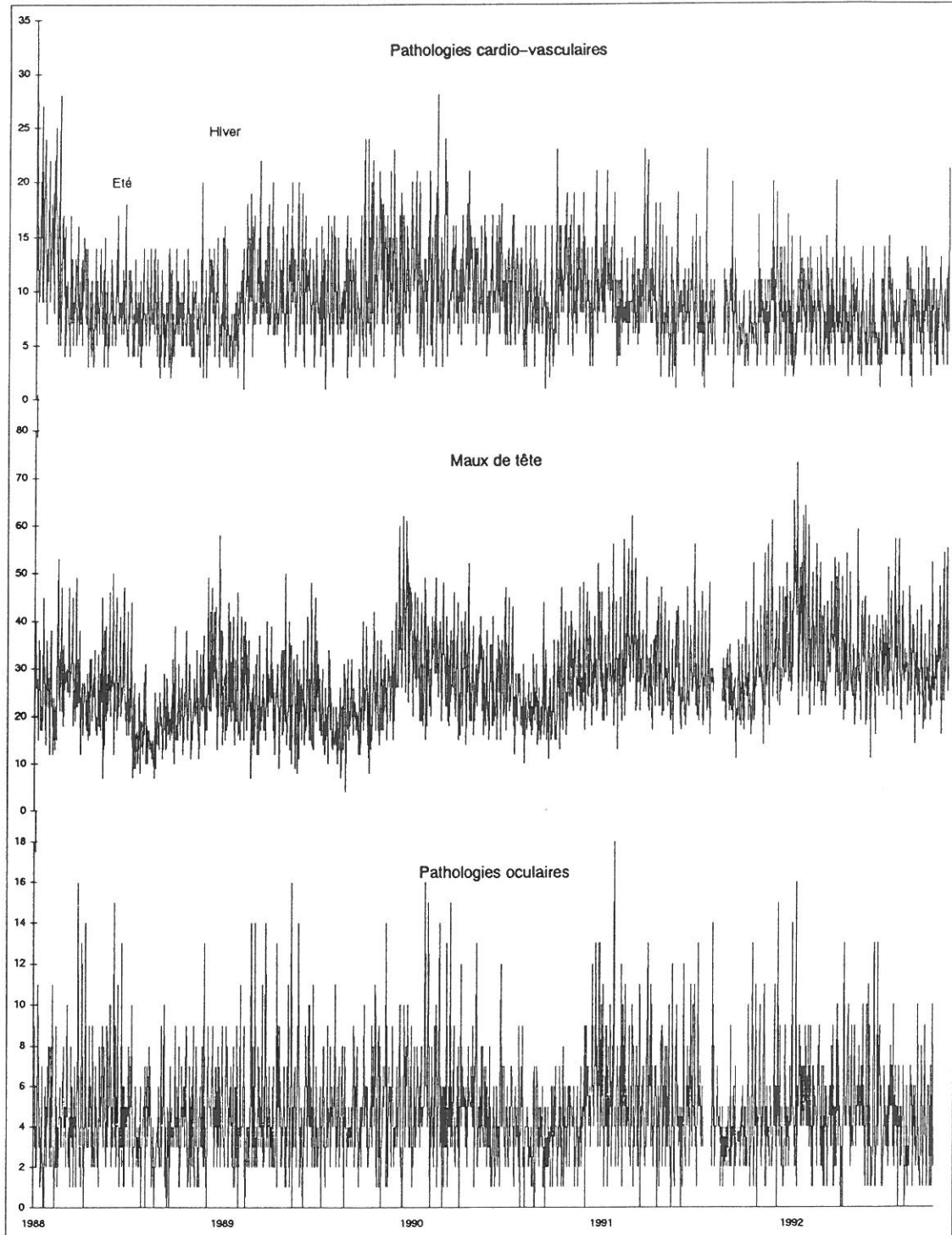
Les appels pour maux de tête représentent chaque jour jusqu'à 73 visites, et les affections de l'oeil 18 visites.

Les graphiques des pages suivantes présentent les comptes journaliers des visites médicales à domicile. On observe une augmentation nette des valeurs hivernales, qui reflètent notamment les épidémies de grippe, particulièrement marquée pour les affections des voies respiratoires supérieures, inférieures et l'asthme. On observe également, dans le cas de l'asthme, une augmentation des visites médicales à domicile lors des périodes de pollinisation.

Les consultations médicales à domicile pour maux de tête augmentent régulièrement au cours de la période d'étude.

Les pathologies cardio-vasculaires et oculaires ne présentent pas de cycle saisonnier régulier.

## Compte journalier des visites médicales à domicile –SOS Médecins Paris– 1988–1992



## Les consultations aux urgences pédiatriques

---

- *Types de données recueillies*

Les données de consultation recueillies aux urgences pédiatriques, pour la période du 01-12-1988 au 30-06-1992, concernent :

- les pathologies des voies respiratoires supérieures (sinusites, rhinites, otites, pharyngites, angines, laryngites) ;
- les pathologies des voies respiratoires inférieures (bronchites, pneumonies, pneumopathies) ;
- les bronchiolites ;
- l'asthme.

Toutes ces données ont été collectées par le service des urgences de l'hôpital Armand Trousseau (Assistance Publique-Hôpitaux de Paris) et étaient codées d'après une classification interne par un médecin du service des urgences.

- *Nombre de consultations par jour aux urgences pédiatriques entre 1988 et 1992*

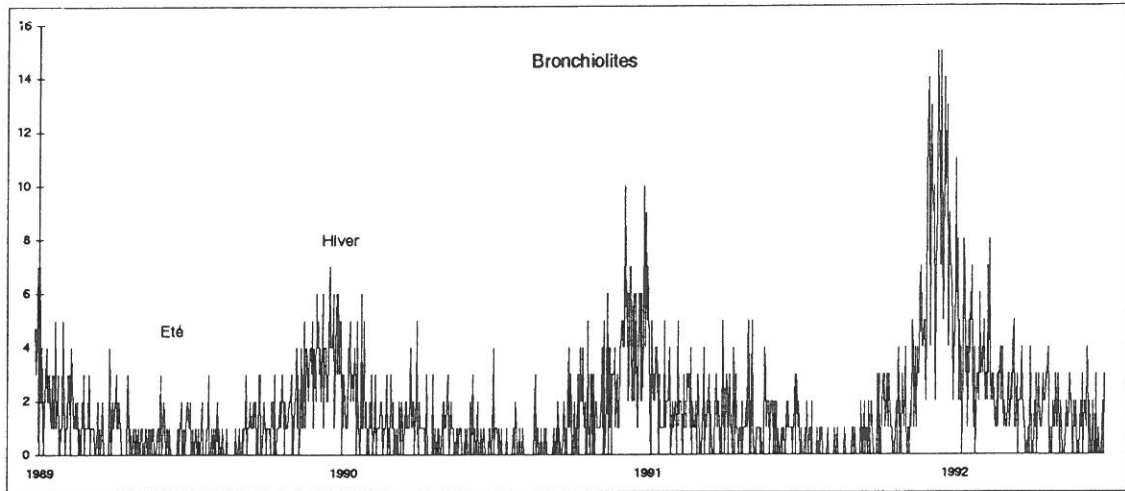
Pendant la période d'étude, les affections des voies respiratoires supérieures (sinusites, rhinites, pharyngites, angines, laryngites) occasionnent, en moyenne, 18 consultations quotidiennes aux urgences de l'hôpital Trousseau, et peuvent atteindre le nombre de 61.

Les affections des voies respiratoires inférieures (bronchites, pneumonies, pneumopathies) motivent en moyenne cinq consultations par jour, avec un maximum de 25.

L'asthme et les bronchiolites représentent en moyenne trois consultations par jour, avec un maximum de 15.

Les graphiques des consultations en urgence pédiatrique à l'hôpital Trousseau, présentés dans les deux pages suivantes, montrent une augmentation des valeurs hivernales moins marquée cependant pour l'asthme. Les bronchiolites ont été beaucoup plus nombreuses lors des hivers 1990-91 et surtout 1991-92.

**Compte journalier des consultations en urgence pédiatrique  
Hôpital Trousseau 1988-1992**



## Les déclarations d'arrêts de travail

---

### • *Type de données recueillies*

Le nombre d'agents d'EDF-GDF habitant Paris ou la proche couronne, était de 18 000 en moyenne, au cours de chaque année d'étude. Le nombre d'arrêts de travail, leur durée moyenne, la profession, le sexe et l'âge des agents ont été collectés auprès du Service Général de Médecine de Contrôle d'EDF-GDF. Les absences au travail pour la période du 01-01-1989 au 30-09-1992 pour les causes médicales suivantes ont été retenues :

- ensemble de l'appareil respiratoire ;
- affections des voies respiratoires supérieures (angines, sinusites, autres maladies des voies respiratoires supérieures) ;
- affections des voies respiratoires inférieures (pneumonies, pneumopathies, bronchites aiguës, bronchites chroniques) ;
- asthme ;
- ensemble de l'appareil circulatoire (hypertension artérielle, affections coronariennes, infarctus du myocarde, affections cérébro-vasculaires).

### • *Nombre de déclarations d'arrêt de travail par jour à EDF-GDF entre 1989 et 1992*

Pour la période de 1989 à 1992, les déclarations d'arrêt de travail pour pathologies respiratoires, sont en moyenne de quatre par jour et peuvent atteindre 51.

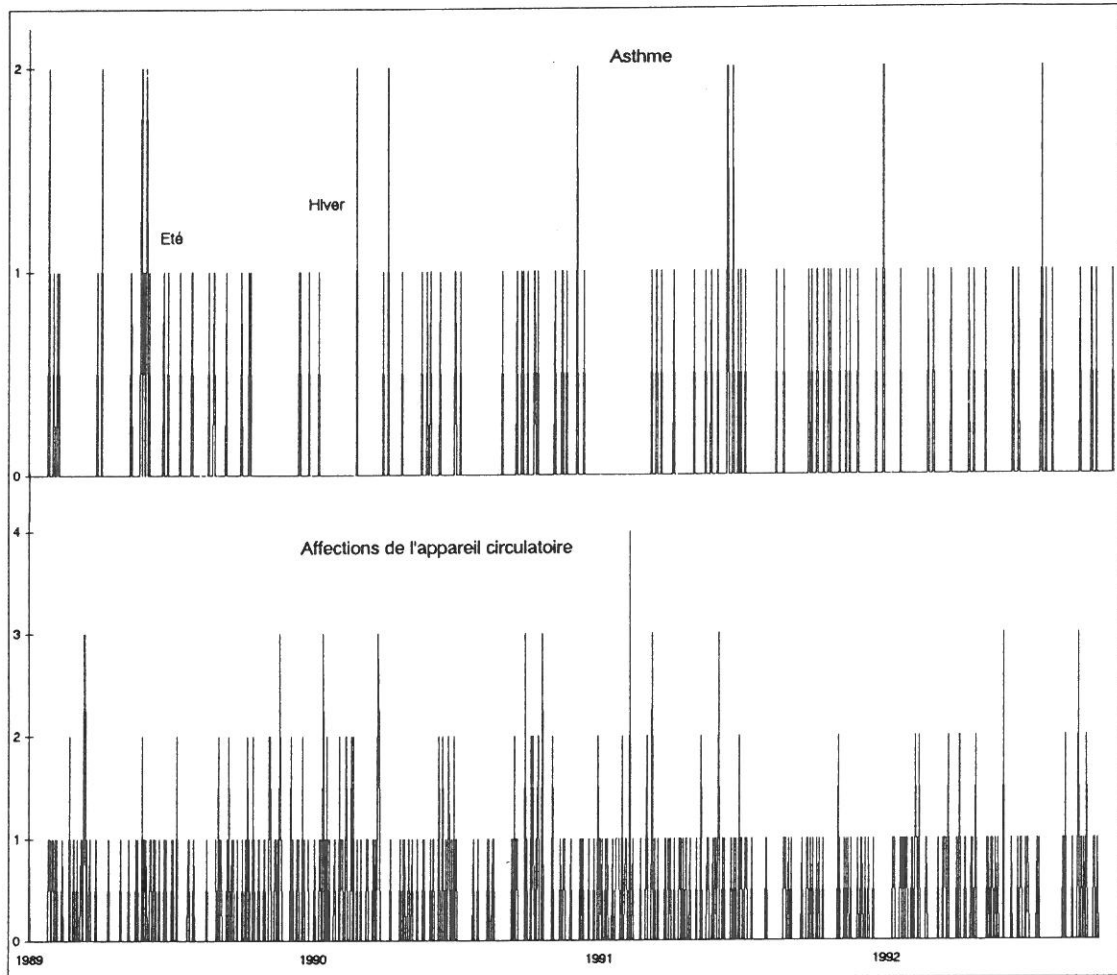
Les affections des voies respiratoires supérieures (angines, sinusites, autres maladies des voies respiratoires supérieures) représentent en moyenne deux arrêts par jour, avec un maximum de 16. Les affections des voies respiratoires inférieures (pneumonies, pneumopathies, bronchites aiguës, bronchites chroniques) sont à l'origine d'un arrêt en moyenne, mais peuvent atteindre 11 arrêts par jour.

L'asthme représente un nombre très faible d'arrêts de travail, au maximum deux par jour.

Les pathologies cardio-vasculaires (infarctus du myocarde, affections coronariennes, affections cérébro-vasculaires et hypertension) sont à l'origine d'un maximum de quatre arrêts par jour.

Les graphiques des déclarations d'arrêt de travail à EDF-GDF (pages suivantes) montrent une augmentation des valeurs en période hivernale. Les valeurs très faibles enregistrées pour les arrêts de travail pour asthme et l'ensemble de l'appareil circulatoire ne permettent pas de dégager clairement de tendance ou de saisonnalité.

## Compte journalier des déclarations d'arrêts de travail à EDF-GDF 1989-1992



# Analyse statistique

---

*La méthode d'analyse statistique retenue pour cette étude est, rappelons-le, celle élaborée dans le cadre du projet APHEA (33) par des chercheurs de 15 villes européennes (dont Paris et Lyon) et validée par les travaux de J. Schwartz (13). Elle répond aux critères d'évaluation des études écologiques, proposés lors du dernier congrès de l'Association Internationale d'Epidémiologie Environnementale (34).*

*La construction du modèle prend en compte, étape par étape :*

- les variations temporelles « à long terme » telles que la tendance, les variations annuelles, saisonnières et hebdomadaires ;*
- les variations dues aux grèves hospitalières et aux périodes de vacances ;*
- les épidémies de grippe et les périodes de pollinisation ;*
- les effets à court terme de la météorologie ;*
- l'effet à court terme des variables de pollution atmosphérique.*

*Une régression de Poisson incluant tous ces phénomènes permet de quantifier l'importance de la relation entre la pollution atmosphérique et la santé. Ce type de régression est particulièrement adapté à l'étude de larges populations à risque dont la probabilité de décéder ou de consulter un jour donné est faible.*

*A partir des courbes « dose-réponse » construites pour chaque indicateur sanitaire en fonction des concentrations de chaque indicateur de pollution, les risques pour la santé ont été estimés pour différents niveaux de pollution observés pendant la période d'étude, en région parisienne.*

L'élaboration d'un protocole d'analyse qui permet d'identifier et de quantifier la relation existant entre la pollution et la mortalité ou la morbidité est un préalable indispensable à l'exploitation de la base de données constituée.

Les données sanitaires, tout comme celles de pollution, connaissent des variations temporelles dues à de multiples facteurs.

Ces variations peuvent être courtes (cycles hebdomadaires) ou plus longues (cycles saisonniers, annuels ...). Si les séries de données sanitaires et de pollution présentent des variations temporelles similaires, le risque est d'attribuer à la pollution des effets « à court terme » sur la santé alors qu'il n'en est rien (surestimation de la relation), la corrélation entre les deux séries étant essentiellement due aux variations cycliques « à long terme ». Inversement, si ces cycles sont opposés, le risque est de sous-estimer la relation. Par exemple, en hiver, les niveaux de pollution acido-particulaire sont fréquemment élevés et la mortalité peut également augmenter lors d'une épidémie de grippe ; inversement, en été, alors que les niveaux d'ozone sont élevés, l'activité des services de soins peut diminuer pendant les vacances.

Par ailleurs, de par leur nature, les données sanitaires sont le plus souvent autocorrélées. Par exemple, le nombre d'hospitalisations d'un jour dépend de celui de la veille et des jours précédents. De nouveau, si ce phénomène n'est pas pris en compte dans l'analyse, le risque est de conclure à un lien significatif entre pollution et santé alors qu'il n'en est rien, ou vice-versa.

Pour aboutir à une identification et à une estimation non biaisée du lien entre la pollution atmosphérique et la santé, il est donc indispensable de tenir compte de ces phénomènes temporels et d'autocorrélation. Trois méthodes d'analyse ont ainsi été testées pour contrôler ces phénomènes.

A partir de la courbe dose-réponse construite pour chaque indicateur sanitaire en fonction des concentrations des polluants, **les risques pour la santé** ont été calculés pour différents niveaux de pollution observés pendant la période d'étude en région parisienne.

Une exposition nulle à la pollution atmosphérique urbaine dans les conditions réelles de la vie courante étant peu plausible, **la valeur de base** pour le calcul des risques pour la santé de différents niveaux de pollution a été fixée au cinquième percentile de la distribution des valeurs journalières de chaque indicateur de pollution (P5), c'est à dire au niveau de pollution non dépassé ou atteint **les 18 jours (5% du temps) les moins « pollués » de l'année.**

Pour chaque indicateur de pollution et en fonction de la distribution statistique des valeurs journalières observées en Ile-de-France, les risques pour la santé ont été calculés pour **trois situations différentes :**

- niveau « **moyen** » de pollution, atteint ou dépassé 50 % des jours de l'année (**médiane ou percentile 50 -P50**) ;
- niveau « **élevé** » de pollution, atteint ou dépassé les 18 jours de plus forte pollution (soit 5% des jours de l'année, **percentile 95 -P95**) ;
- niveau « **encore plus élevé** », observé de 5 à 8 jours par an selon les indicateurs et les années. Cette situation correspond à une **augmentation de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$**  des niveaux de base de pollution (en moyenne journalière ou sur 8 h pour l'ozone). Ce mode d'expression permet de comparer les résultats observés en région parisienne aux études internationales dont les résultats sont le plus souvent présentés de cette manière. Il n'a pas été utilisé pour les valeurs maximales horaires.

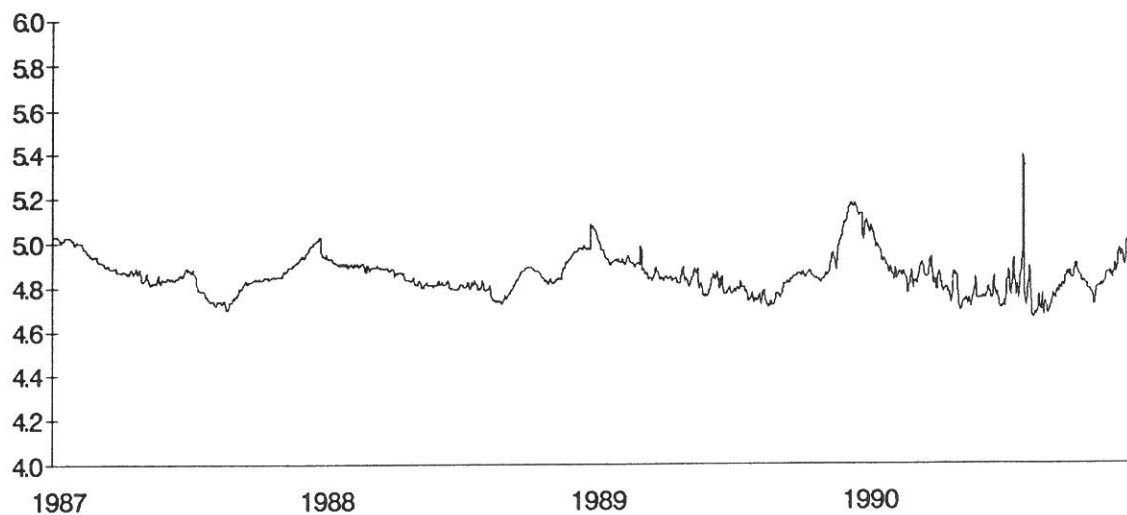
La méthode d'analyse statistique adoptée ici est, rappelons-le, celle élaborée dans le cadre du projet APHEA (33) par des chercheurs de 15 villes européennes (dont Paris et Lyon) et validée par les travaux de J. Schwartz (13). Elle répond aux critères d'évaluation des études écologiques (cf p.93), proposés lors du dernier congrès de l'Association Internationale d'Epidémiologie Environnementale (34).

La construction du modèle prend en compte, **étape par étape :**

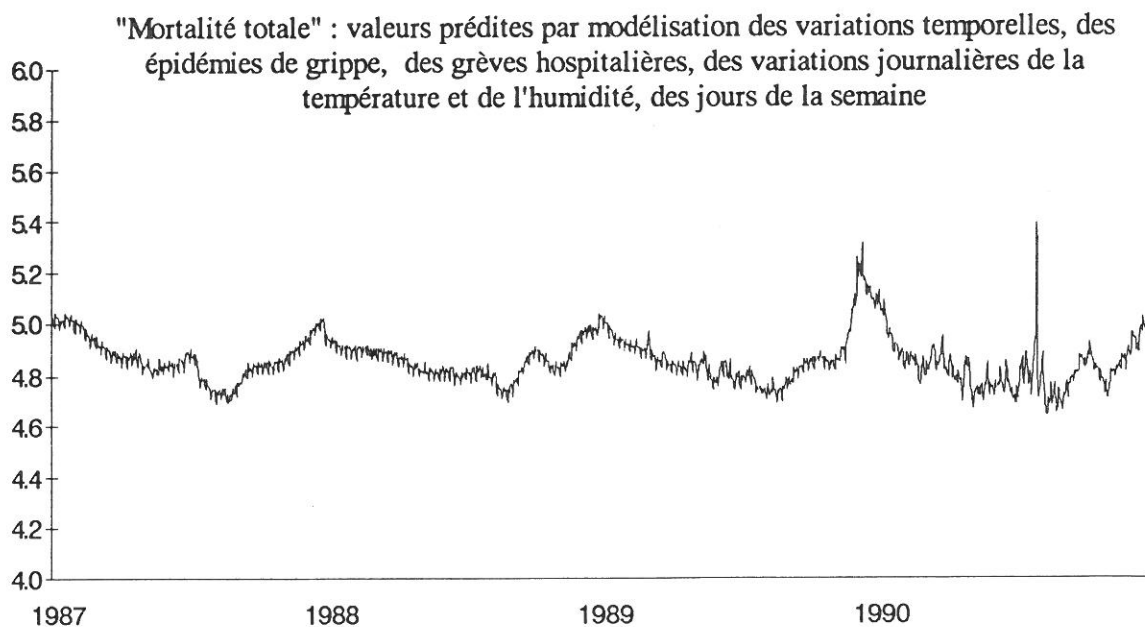
- les variations temporelles « à long terme » telles que la tendance, les variations annuelles, saisonnières et hebdomadaires ;
- les variations dues aux grèves hospitalières et aux périodes de vacances ;
- les épidémies de grippe et les périodes de pollinisation ;
- les effets à court terme de la météorologie ;
- les effets à court terme des variables de pollution atmosphérique.

A titre d'exemple, la modélisation de la série « mortalité totale » est présentée dans les pages suivantes.

"Mortalité totale" : valeurs prédites par modélisation des variations temporelles, des épidémies de grippe, des grèves hospitalières, des variations journalières de la température et de l'humidité



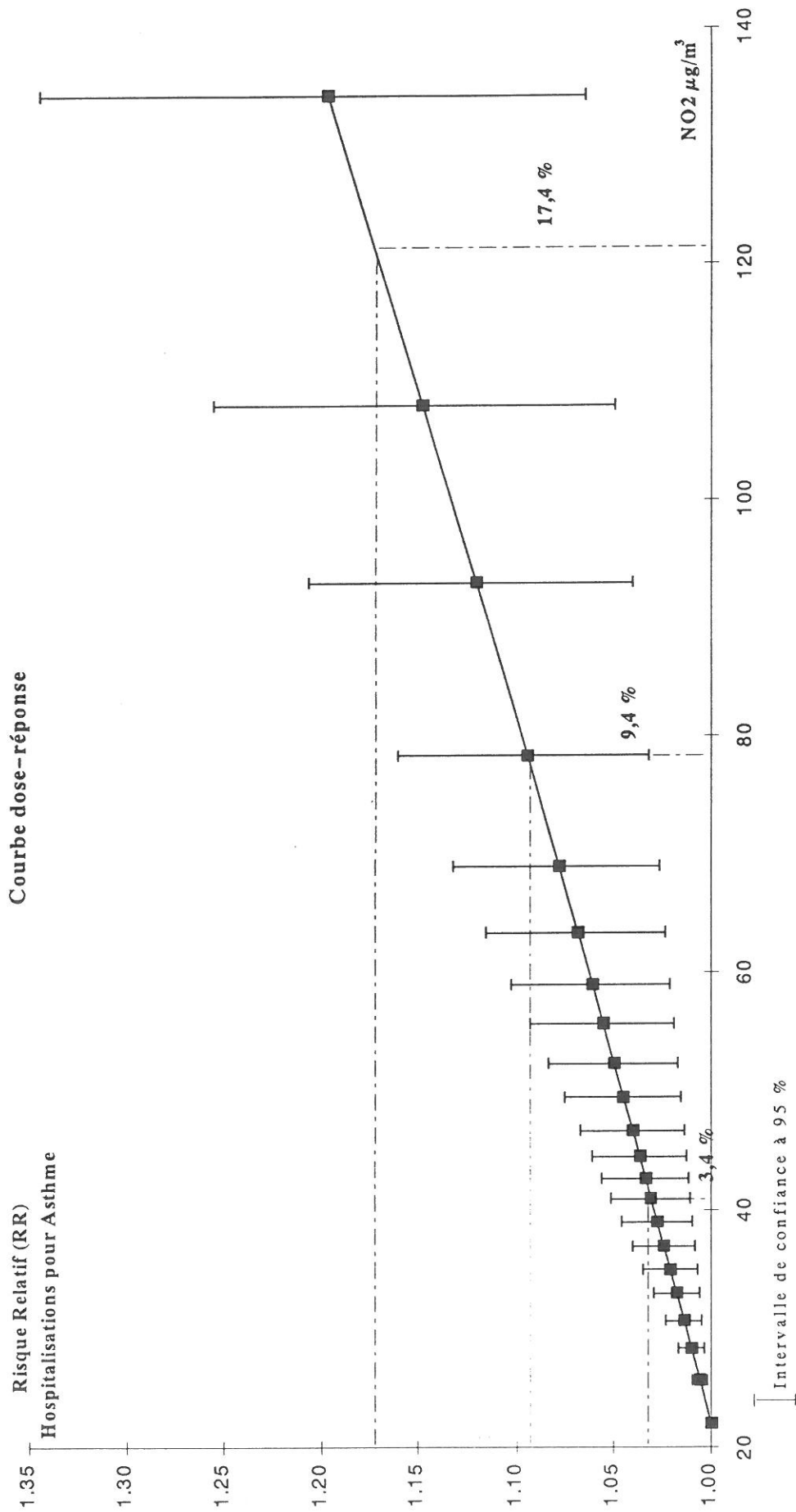
Sur ce graphique, on peut observer, par rapport au précédent, les variations introduites par la modélisation des **épidémies de grippe, des grèves hospitalières** et des variations journalières de la **température et de l'humidité**.



Par rapport au graphique précédent, la **variabilité hebdomadaire** de la "mortalité totale" est prise en compte par le modèle.

Dans l'exemple « NO<sub>2</sub>-hospitalisations pour asthme », à l'échelle des valeurs moyennes journalières de NO<sub>2</sub> :

- un accroissement de 3,4 % (RR=1,034) « des hospitalisations pour asthme » est observé pour un niveau de NO<sub>2</sub> de 43 µg/m<sup>3</sup> -P50- (niveau de base 22 µg/m<sup>3</sup> (P5) + 21 µg/m<sup>3</sup>) ;
- un accroissement de 9,4 % (RR=1,094) « des hospitalisations pour asthme » est associé à un niveau de NO<sub>2</sub> de 78 µg/m<sup>3</sup> -P95- (niveau de base 22 µg/m<sup>3</sup> (P5) + 56 µg/m<sup>3</sup>) ;
- un accroissement de 17,4 % (RR=1,174) « des hospitalisations pour asthme » est associé à un niveau de NO<sub>2</sub> de 122 µg/m<sup>3</sup> (niveau de base 22 µg/m<sup>3</sup> (P5) + 100 µg/m<sup>3</sup>).



\* on observe un accroissement de 3,4 % (RR = 1,034) des "hospitalisations pour asthme" pour un niveau de NO2 de 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (P50) ;  
 \* on observe un accroissement de 9,4 % (RR = 1,094) des "hospitalisations pour asthme" pour un niveau de NO2 de 78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (P95) ;  
 \* on observe un accroissement de 17,4 % (RR = 1,174) des "hospitalisations pour asthme" pour un niveau de NO2 de 122  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

# Résultats

---

*Les résultats présentés dans les pages suivantes rendent compte des liens observés entre les indicateurs de pollution atmosphérique urbaine et les indicateurs de santé, en région parisienne, pour la période 1987–1992.*

*La valeur de base retenue pour le calcul des risques pour la santé liés à différents niveaux de pollution a été fixée, rappelons-le, au cinquième percentile (P5) de la distribution des valeurs journalières de chaque indicateur de pollution, c'est à dire au niveau de pollution non dépassé ou atteint au cours des 18 jours les « moins pollués » de l'année.*

*Pour chaque indicateur de pollution et en fonction de la distribution statistique des valeurs journalières observées en Ile-de-France, les risques pour la santé ont été calculés pour trois situations différentes :*

- niveau « moyen » de pollution, atteint ou dépassé 50 % des jours de l'année (médiane – percentile 50–P50) ;*
- niveau « élevé » de pollution, atteint ou dépassé les 18 jours de plus forte pollution (soit 5 % des jours de l'année, percentile 95–P95) ;*
- niveau « encore plus élevé » de pollution, observé de 5 à 8 jours par an selon les indicateurs et les années. Cette situation correspond à une augmentation de 100 µg/m<sup>3</sup> du niveau de base des teneurs moyennes sur 24h (ou 8h) de chaque indicateur de pollution. Ce mode d'expression permet de comparer les résultats observés en région parisienne aux études internationales dont les résultats sont le plus souvent présentés de cette manière. Il n'a pas été utilisé pour les valeurs maximales horaires (abréviation nc dans les tableaux).*

## Relations entre pollution atmosphérique et mortalité

---

*Une augmentation du nombre journalier de décès est observée en relation avec un accroissement des niveaux de particules, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et, dans une moindre mesure, de NO<sub>2</sub>.*

*La mortalité totale non accidentelle (toutes causes confondues) augmente de 1 à 7% pour différents accroissements des niveaux de base journaliers de particules, SO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>.*

*L'augmentation de la mortalité pour causes respiratoires et cardiovasculaires est davantage liée à un accroissement des niveaux journaliers de pollution acido-particulaire (particules et SO<sub>2</sub>).*

*Globalement, les résultats confirment ceux publiés dans la littérature, notamment en ce qui concerne les liens entre la pollution particulaire et la mortalité respiratoire (14–15).*

*Cependant, il faut souligner qu'il est difficile de parler d'un rôle direct de la pollution dans la survenue d'un décès. La pollution constitue probablement un facteur aggravant chez des personnes déjà fragilisées par une maladie sous-jacente.*

• *FN, PS13, NO2, O3 et mortalité « toutes causes »*

Lorsque les concentrations des différents indicateurs de pollution augmentent depuis leur niveau de base (P5) jusqu'à un niveau « moyen » (P50), le nombre journalier de décès « toutes causes » augmente de 1 à 3 % selon les indicateurs.

Lorsque la valeur P95 (18 jours de plus forte pollution de l'année) est atteinte, le nombre journalier de décès augmente d'environ 3 à 6 % selon le cas.

Enfin, pour un accroissement de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$  du niveau de base (P5) des différents indicateurs de pollution, l'augmentation du nombre journalier de décès varie entre 5 et 7 %.

• *PS13, SO2 et mortalité pour causes respiratoires*

Une augmentation de 7,7 % du nombre journalier de décès pour causes respiratoires est observée lorsque les concentrations de particules (PS13) atteignent un niveau « moyen » (P50) de  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette hausse est de 14,5 % lorsque le niveau de PS13 atteint la valeur P95 ( $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ; elle est de 16,8 % pour une augmentation de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$ .

**Compte tenu de l'importance des données manquantes pour l'indicateur PS13, les résultats, présentés dans un but de comparaison internationale, sont pour l'instant à interpréter avec prudence. Une analyse sur une période ultérieure sera réalisée afin de valider au mieux ces résultats.**

Les niveaux maxima horaires de SO2 montrent également une relation significative avec la mortalité pour causes respiratoires.

• *FN, SO2 et mortalité pour causes cardio-vasculaires*

Des liens entre la mortalité pour causes cardio-vasculaires et la pollution particulaire (FN) et soufrée (SO2) sont observés lorsque les niveaux du jour même et des trois jours précédents augmentent par rapport au niveau de base.

Il n'apparaît pas de relation entre la pollution photo-oxydante (NO2 et O3) et la mortalité pour causes respiratoires et cardio-vasculaires, alors qu'il existe un lien avec la mortalité toutes causes. Ceci pourrait s'expliquer par des effets de la pollution photo-oxydante sur des pathologies spécifiques non prises en compte dans cette étude.

## Relations entre pollution atmosphérique et hospitalisations

---

*Des liens entre pollution atmosphérique et hospitalisations sont observés avec un décalage variant entre 0 et 2 jours.*

*L'augmentation des hospitalisations pour causes respiratoires est essentiellement liée aux accroissements des niveaux de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et de O<sub>3</sub>. Les manifestations sont plus importantes chez les personnes âgées hospitalisées pour bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO) en liaison avec les teneurs d'ozone. Il en est de même pour l'asthme chez les adultes et NO<sub>2</sub> et l'asthme chez les enfants et SO<sub>2</sub>.*

*L'augmentation des hospitalisations pour causes cardio-vasculaires est essentiellement en relation avec l'accroissement de la pollution acido-particulaire (particules et SO<sub>2</sub>) et, à un moindre degré, avec NO<sub>2</sub>. Lorsque les niveaux « moyens » de pollution acido-particulaire sont atteints, on observe une augmentation des hospitalisations pour myocardopathies ischémiques de l'ordre de 4 %. Cette hausse varie entre 6 et 10 % pour des niveaux de pollution atteints ou dépassés au cours des 18 jours de plus forte pollution de l'année.*

- *FN, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub> et hospitalisations pour causes respiratoires*

On observe un lien significatif entre les hospitalisations pour causes respiratoires (tous âges confondus) et la pollution liée aux fumées noires (FN), au dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), au dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et à l'ozone (O<sub>3</sub>).

Ce lien est plus marqué avec les hospitalisations pour causes respiratoires des patients âgés de plus de 65 ans en relation avec SO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>.

Lorsque le SO<sub>2</sub> atteint un niveau « moyen » (23 µg/m<sup>3</sup>), les hospitalisations pour causes respiratoires des personnes âgées augmentent de 3,6 %.

Pour la valeur P95 (77 µg/m<sup>3</sup>), le nombre d'hospitalisations augmente de 7,5 %.

Une augmentation de 100 µg/m<sup>3</sup>/jour du niveau de base de SO<sub>2</sub> est liée à une augmentation de ces hospitalisations de 8,6 %.

En ce qui concerne l'ozone, lorsque les niveaux « moyens » de pollution sont atteints (P50), les hospitalisations pour causes respiratoires des personnes âgées augmentent de 4,6 %. Ces augmentations sont respectivement de 8,1 et 8,7 % lorsque les niveaux d'ozone atteignent la valeur P95 (81 µg/m<sup>3</sup>) et 103 µg/m<sup>3</sup>.

- *SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et hospitalisations pour bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO)*

Chez les personnes âgées, des augmentations des hospitalisations pour BPCO de 3, 14,5 et 19 % sont mises en évidence pour des accroissements du niveau journalier de base de l'indicateur « ozone » qui atteignent respectivement 20, 81 et 103 µg/m<sup>3</sup>.

- *SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et hospitalisations pour asthme*

Les augmentations du nombre d'hospitalisations pour asthme varient entre 3 et 17,4 % selon les différents accroissements des niveaux de SO<sub>2</sub> et de NO<sub>2</sub>.

Il faut souligner le cas des enfants, pour lesquels lorsque le niveau de base de SO<sub>2</sub> (14 µg/m<sup>3</sup>) atteint 23, 77 et 107 µg/m<sup>3</sup>, on observe une hausse des hospitalisations pour asthme de 6, 12 et 14 %.

• *FN, PS13, SO2, NO2 et hospitalisations pour causes cardio-vasculaires*

Les hospitalisations pour causes cardio-vasculaires en général, et plus particulièrement pour myocardopathies ischémiques augmentent avec les niveaux de FN, PS13, SO2 et NO2.

Lorsque les différents polluants atteignent des niveaux « moyens » de pollution, les hospitalisations pour myocardopathies ischémiques augmentent de 2,3 à 4,5 %. Cette hausse varie entre 4,6 et 9,5 % pour la valeur atteinte ou dépassée les 18 jours de plus forte pollution de l'année (P95) ; elle fluctue entre 6,3 et 11 % pour une augmentation de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$  des niveaux de base de pollution.

## Relations entre pollution atmosphérique et visites médicales à domicile

---

*Globalement, les liens entre la pollution atmosphérique et les visites médicales à domicile sont observés avec un décalage variable, de 0, 1, 2 ou 3 jours.*

*Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) apparaît comme l'indicateur de pollution présentant l'impact le plus élevé sur l'ensemble des indicateurs des visites médicales à domicile et, plus particulièrement, sur la maladie asthmatique (tous âges confondus) et pour la population adulte.*

*Chez les enfants, les visites médicales à domicile pour asthme augmentent de 13 % lorsque les niveaux « moyens » de SO<sub>2</sub> sont atteints, de 28 % pour la valeur atteinte ou dépassée les 18 jours de plus forte pollution de l'année (P95), et de 30 % pour un accroissement au-dessus du niveau de base de 100 µg/m<sup>3</sup>/jour.*

*Une augmentation des visites médicales à domicile pour maux de tête a été mise en évidence avec NO<sub>2</sub> et, à un moindre degré, avec la pollution acido-particulaire (particules et SO<sub>2</sub>).*

*Enfin, lorsque les niveaux de pollution photo-oxydante (O<sub>3</sub>) augmentent, on observe une hausse des visites médicales à domicile pour manifestations oculaires.*

- *FN, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub> et visites médicales à domicile pour affections des voies respiratoires supérieures*

Les liens entre la pollution atmosphérique et les affections des voies respiratoires supérieures (VRS) sont plus importants chez les enfants (0–14 ans), notamment avec SO<sub>2</sub> et NO<sub>2</sub>. Une augmentation de ces visites, de l'ordre de 10 % est observée lorsque les niveaux « moyens » de NO<sub>2</sub> sont atteints. Cette hausse est de 20 % pour la valeur atteinte ou dépassée les 18 jours de plus forte pollution de l'année (P95) ; elle est de 28 % pour une augmentation de 100 µg/m<sup>3</sup>/jour des niveaux de base de NO<sub>2</sub>.

- *FN, PS13, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et visites médicales à domicile pour affections des voies respiratoires inférieures*

L'étude des affections des voies respiratoires inférieures (VRI) montre l'existence d'un lien avec la pollution photo-oxydante chez les enfants, plus particulièrement pour l'ozone.

Dans la population adulte, des relations sont observées avec la pollution particulaire et SO<sub>2</sub>, mais également avec NO<sub>2</sub>. Lorsque les différents indicateurs de pollution atteignent une pollution « moyenne », les visites pour affections des voies respiratoires inférieures chez les adultes augmentent entre 2,2 et 5,6 %.

Pour la valeur atteinte ou dépassée les 18 jours de plus forte pollution de l'année (P95), cette augmentation varie entre 10,3 et 15,9 % ; pour un accroissement de 100 µg/m<sup>3</sup>/jour, elle fluctue entre 13,9 et 30 %.

• *FN, PSI3, SO2, NO2, O3 et visites médicales à domicile pour asthme*

L'étude des visites médicales à domicile pour asthme montre l'existence d'une relation avec les niveaux de particules et SO2, mais surtout avec NO2.

Les visites pour asthme augmentent de 10,6 % lorsque le NO2 atteint un niveau « moyen » de 43 µg/m<sup>3</sup>. Cette hausse est de 31,6 % pour la valeur atteinte ou dépassée les 18 jours de plus forte pollution de l'année (P95) ; elle est de 62,8 % pour un accroissement au-dessus du niveau de base de 100 µg/m<sup>3</sup>/jour.

Chez les enfants, des liens entre la pollution atmosphérique et l'asthme sont observés avec la pollution particulaire, mais surtout avec SO2 et O3. Dans la population adulte, on n'observe plus de lien avec SO2, mais avec FN et surtout NO2 et O3.

• *FN, PSI3, SO2, NO2 et visites médicales à domicile pour maux de tête*

Une fréquence accrue des maux de tête, variant entre 2 et 20 %, est observée avec les différentes augmentations des niveaux de particules, SO2 et NO2.

• *O3 et visites médicales à domicile pour maladies de l'oeil*

Une relation significative est également observée entre les niveaux d'ozone et les manifestations oculaires, avec 10 à 20 % d'accroissement selon les niveaux d'ozone atteints.

Contrairement aux hospitalisations et à la mortalité, aucune relation n'a été mise en évidence entre la pollution atmosphérique et les visites médicales à domicile pour pathologies cardio-vasculaires. Il est possible que les appels à SOS médecins pour ces pathologies soient en rapport avec la survenue de symptômes liés à des pathologies d'apparition récente, moins graves, différentes des affections cardio-vasculaires plus anciennes pour lesquelles les patients ont recours à une hospitalisation en cas d'aggravation.

Niveaux des indicateurs de pollution (µg/m <sup>3</sup> )			
<b>Fumées noires</b> niv. moyens 24 h		<b>NO2</b> niv. moyens 24 h	
percentile 5 (P5)	11	percentile 5 (P5)	22
médiane (P50)	26	médiane (P50)	43
percentile 95 (P95)	74	percentile 95 (P95)	78
<b>PSI3</b> niv. moyens 24 h		<b>NO2</b> niv. maxima 1 h	
percentile 5 (P5)	19	percentile 5 (P5)	38
médiane (P50)	46	médiane (P50)	65
percentile 95 (P95)	94	percentile 95 (P95)	143
<b>SO2</b> niv. moyens 24 h		<b>O3</b> niv. moyens 8 h*	
percentile 5 (P5)	7	percentile 5 (P5)	3
médiane (P50)	23	médiane (P50)	20
percentile 95 (P95)	77	percentile 95 (P95)	81
<b>SO2</b> niv. maxima 1 h		<b>O3</b> niv. maxima 1 h*	
percentile 5 (P5)	14	percentile 5 (P5)	6
médiane (P50)	47	médiane (P50)	36
percentile 95 (P95)	155	percentile 95 (P95)	108

\* O3 n'est ici qu'un indicateur de pollution photo-oxydante urbaine

## Relations entre pollution atmosphérique et urgences pédiatriques

---

- *Ozone et affections des voies respiratoires supérieures*

Le seul lien observé entre les consultations aux urgences pédiatriques et la pollution atmosphérique concerne les niveaux maxima horaires d'ozone (avec un décalage de 1 jour) et les consultations pour affections des voies respiratoires supérieures (sinusites, rhinites, pharyngites, angines, laryngites).

Aucun effet de la pollution n'a été observé sur les affections des voies respiratoires inférieures, l'asthme ou les bronchiolites.

Ces résultats soulèvent la possibilité d'un biais de recrutement. Il se peut que certaines admissions pour affections des voies respiratoires inférieures, asthme ou bronchiolites se fassent directement dans le service de pneumologie. Une étude détaillée des modalités de recrutement de l'hôpital permettra d'éclaircir cette question.

## Relations entre pollution atmosphérique et déclarations d'arrêt de travail

---

- *Particules, SO<sub>2</sub> et NO<sub>2</sub> et les déclarations d'arrêt de travail à EDF–GDF pour pathologies respiratoires*

Les déclarations d'arrêt de travail d'EDF–GDF pour pathologies respiratoires augmentent entre 5,7 et 9 % lorsque les niveaux moyens (P50) de pollution sont atteints. Cette hausse varie entre 14,1 et 19,2 % pour la valeur atteinte ou dépassée les 18 jours de plus forte pollution de l'année (P95) ; elle est de l'ordre de 20 % pour une augmentation de 100 µg/m<sup>3</sup>/jour.

On observe également un lien entre SO<sub>2</sub> et les déclarations d'arrêt de travail pour affections des voies respiratoires inférieures, et entre la pollution particulaire et les déclarations d'arrêt de travail pour affections cardio-vasculaires.

Les déclarations d'arrêt de travail pour affections des voies respiratoires supérieures ou pour asthme ne montrent pas de lien avec la pollution. Il en est de même pour l'ozone.

Niveaux des indicateurs de pollution (µg/m <sup>3</sup> )			
<b>Fumées noires</b> niv. moyens 24 h		<b>NO<sub>2</sub></b> niv. moyens 24 h	
percentile 5 (P5)	11	percentile 5 (P5)	22
médiane (P50)	26	médiane (P50)	43
percentile 95 (P95)	74	percentile 95 (P95)	78
<b>PS13</b> niv. moyens 24 h		<b>NO<sub>2</sub></b> niv. maxima 1 h	
percentile 5 (P5)	19	percentile 5 (P5)	38
médiane (P50)	46	médiane (P50)	65
percentile 95 (P95)	94	percentile 95 (P95)	143
<b>SO<sub>2</sub></b> niv. moyens 24 h		<b>O<sub>3</sub></b> niv. moyens 8 h*	
percentile 5 (P5)	7	percentile 5 (P5)	3
médiane (P50)	23	médiane (P50)	20
percentile 95 (P95)	77	percentile 95 (P95)	81
<b>SO<sub>2</sub></b> niv. maxima 1 h		<b>O<sub>3</sub></b> niv. maxima 1 h*	
percentile 5 (P5)	14	percentile 5 (P5)	6
médiane (P50)	47	médiane (P50)	36
percentile 95 (P95)	155	percentile 95 (P95)	108

\* O<sub>3</sub> n'est ici qu'un indicateur de pollution photo-oxydante urbaine

# **P**ollution atmosphérique et santé :

**l'état des connaissances au niveau international**

---

Avant de conclure ce rapport sur les résultats observés en Ile-de-France, il a paru intéressant de résumer l'état des connaissances récentes sur les liens entre la pollution atmosphérique et la santé au niveau international.

D'importants épisodes de pollution atmosphérique sont survenus depuis le début du siècle : dans la vallée de la Meuse (Belgique) en 1930, à Donora (Pennsylvanie) en 1948, à Londres en 1952... . Ces épisodes de pollution, caractérisés par des niveaux très élevés de pollution acido-particulaire, ont révélé, sans aucun doute, l'existence d'une liaison entre la pollution atmosphérique et la mortalité et/ou la morbidité.

Depuis le début des années 80 et suite aux mesures réglementaires et techniques prises pour maîtriser les émissions de sources fixes, les niveaux de pollution acido-particulaire ont considérablement diminué. Cependant, des études récentes ont montré que des niveaux modérés et faibles de pollution atmosphérique se traduisent néanmoins par un impact sur la mortalité et la morbidité. Ces études utilisent, pour la plupart d'entre elles, des méthodes d'analyse appropriées qui permettent, d'une part, de prendre en compte les phénomènes temporels et d'autocorrélation et, d'autre part, d'étudier simultanément les effets de la pollution et ceux d'autres facteurs environnementaux.

### *Principaux résultats concernant la pollution atmosphérique et la mortalité*

Aux Etats-Unis, Dockery et Pope ont réalisé une revue de la littérature sur les effets à court terme de la pollution particulaire sur la pathologie respiratoire (16). Concernant la mortalité, une augmentation de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  des niveaux moyens journaliers de particules (PM10, PS, COH ou FN) est associée à une augmentation de l'ordre de 1 % de la mortalité totale non accidentelle, de 3,4 % de la mortalité pour causes respiratoires et de 1,4% de la mortalité cardio-vasculaire.

En France, une association statistiquement significative entre la mortalité respiratoire (mais pas avec la mortalité cardio-vasculaire) et des niveaux moyens annuels en SO<sub>2</sub> de  $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à Lyon et de  $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à Marseille a été mise en évidence (17).

Dans une méta-analyse réalisée en 1994 concernant les liens entre la pollution atmosphérique et la mortalité (18) observés dans une dizaine de villes nord-américaines, Schwartz montre qu'une augmentation de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  des particules totales en suspension est liée à une hausse de 6 % de la mortalité totale non accidentelle.

Sweeney (24) trouve une association significativement positive entre les admissions hospitalières pour pathologie respiratoire et SO<sub>2</sub> (niveaux compris entre 40 et 45 µg/m<sup>3</sup>) ainsi qu'avec les fumées noires.

Afin de valider l'utilisation de données de morbidité hospitalière dans l'étude de l'influence de la pollution atmosphérique sur la pathologie respiratoire, Bates et al (25) réalisent une étude concernant la période 1984–1986. En été, les consultations d'urgence pour pathologie respiratoire présentent une liaison positive avec les niveaux de SO<sub>2</sub> du jour même et de la veille, pour les sujets âgés de 15 à 60 ans. En hiver, il existe une relation entre les consultations pour pathologie respiratoire et les niveaux de SO<sub>2</sub> du jour même, de la veille et de l'avant veille, quel que soit l'âge.

Gross et al (26), en Israël au cours de l'année 1980, étudient l'activité du service d'urgence de Soroka. L'analyse réalisée sous l'hypothèse que les admissions dans un service d'urgence un jour donné suivent une distribution de Poisson, montre que la pathologie respiratoire chez l'adulte est plus fréquente les jours où les niveaux de TSP et PM<sub>3,5</sub> sont élevés.

Plus récemment, à Barcelone, il a été mis en évidence que les admissions en urgence pour broncho-pneumopathies chroniques obstructives augmentent de 17 % les jours de forte pollution (12).

A Helsinki, où les niveaux de pollution sont faibles, un effet de la pollution atmosphérique sur les admissions en urgence pour asthme a été mis en évidence (27).

A Birmingham, Alabama (13), l'étude de la relation entre la pollution et les hospitalisations chez les personnes âgées met en évidence une augmentation de 19 % des hospitalisations pour pneumonie et de 27 % pour broncho-pneumopathies chroniques obstructives, pour un accroissement de 100 µg/m<sup>3</sup> des niveaux de particules. Pour l'ozone, une augmentation de 50 ppb (105 µg/m<sup>3</sup>) est associée respectivement à une augmentation de 14 et de 17 % des hospitalisations pour pneumonie et broncho-pneumopathies chroniques obstructives. De nouveau, aucun effet de seuil n'est mis en évidence.

Dans leur revue de la littérature, Dockery et Pope (16) montrent qu'une augmentation de 10 µg/m<sup>3</sup> des niveaux moyens journaliers de particules (PM<sub>10</sub>, PS, COH ou FN) est associée à une augmentation de l'ordre de 2 à 4 % des admissions en urgence et des hospitalisations pour asthme.

En ce qui concerne la pathologie cardio-vasculaire, Mazumdar et al (28) étudient les relations à court terme entre la pollution et l'activité des urgences hospitalières à Pittsburgh. Un modèle de régression non linéaire est ajusté sur les données filtrées, mois par mois, ce qui permet de contrôler les facteurs météorologiques et saisonniers. Les auteurs concluent à l'existence d'une relation positive entre la pollution particulaire (coefficients de COH compris entre 0,58 et 1,28) et les admissions du même jour pour la pathologie cardiaque.

Wichmann et al (29) ne retrouvent pas d'association entre le pic de pollution de type particulaire et les consultations de médecins généralistes et concluent que l'activité de ces derniers est plutôt liée à la température ; les consultations ont diminué lors du mauvais temps.

Ballerat et al (21) étudient l'absentéisme pour pathologie respiratoire dans 35 crèches et observent essentiellement une relation avec la pollution oxydante (NO<sub>2</sub>, NO), avec un délai de 4 jours. Cette association persiste après prise en compte de la température et l'auteur souligne la sensibilité de cet indicateur à la plupart des polluants étudiés (PS, CO, NO<sub>2</sub>, NO, HC).

Pönka (32) étudie l'absentéisme dans 14 crèches, 210 écoles et 12 entreprises d'Helsinki. Lorsque l'effet dû à la température est pris en compte, il trouve une liaison entre les niveaux de SO<sub>2</sub> et "l'absentéisme lié à une maladie fébrile" chez les adultes mais pas chez les enfants d'âge scolaire. L'auteur souligne l'impossibilité de quantifier précisément les rôles respectifs de la pollution, de la température et de leur interaction.

Les résultats de la plupart de ces études ont été synthétisés dans une revue de la littérature par Quénel et al. (4-5) et il apparaît clairement que des liens entre la pollution atmosphérique et des indicateurs d'activité sanitaire ont été mis en évidence pour des niveaux de pollution atmosphérique inférieurs aux valeurs de référence internationales.

### *Sixième conférence de l'Association Internationale d'Epidémiologie Environnementale*

Au cours du dernier congrès d'épidémiologie environnementale qui s'est tenu à Research Triangle Park, Caroline du Nord, en septembre 1994, la plupart des questions soulevées par les résultats présentés dans ce rapport ont été abordées.

En particulier, des critères permettant d'évaluer la qualité et la validité des enquêtes écologiques ont été présentés (Thuston, Etats-Unis). Ces critères permettent de vérifier qu'un certain nombre de points méthodologiques essentiels ont été pris en compte. Il s'agit du contrôle des facteurs de confusion, des variations temporelles à long terme, de l'autocorrélation des observations et du choix de la loi de distribution de ces observations. La procédure d'analyse mise en oeuvre dans l'étude présentée ici répond à tous ces critères de qualité.

Au cours de ce congrès, les résultats de nombreuses enquêtes épidémiologiques réalisées récemment dans ce domaine ont été présentés.

Certaines interventions ont eu trait aux liens entre la pollution atmosphérique et la mortalité en Pologne, à Taïwan, au Canada, à Santiago de Chili, à Amsterdam, à Bombay.

Les liens entre la pollution atmosphérique et la morbidité ont été également largement abordés en ce qui concerne les symptômes respiratoires chez des enfants asthmatiques à Mexico ou en Israël, la toux chez

# Conclusion

---

**L**es résultats de cette étude rétrospective montrent clairement une association statistiquement significative entre certains indicateurs de pollution atmosphérique et des indicateurs reflétant l'état de santé de la population. Les principales constatations sont résumées ci-dessous. Pour chaque indicateur de pollution et en fonction de la distribution statistique des valeurs quotidiennes observées en Ile-de-France, les **risques pour la santé** sont exprimés pour trois situations différentes :

- niveau « **moyen** » de pollution, atteint ou dépassé 50 % des jours de l'année (P50) ;
- niveau « **élevé** » de pollution, atteint ou dépassé les 18 jours de plus forte pollution de l'année, soit 5 % des jours de l'année (P95) ;
- niveau « encore plus élevé » observé de 5 à 8 jours par an selon les indicateurs et les années. Cette situation correspond à une augmentation de **100  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$**  des niveaux de base de chaque indicateur de pollution. Ce mode d'expression permet des comparaisons au niveau international.

On observe un lien marqué entre le **dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)** – essentiellement lié au trafic automobile – et la plupart des indicateurs de santé.

Des accroissements depuis le niveau de base de NO<sub>2</sub> (22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jusqu'à 43 (P50), 78 (P95) et 122  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (niveau de base + 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en moyennes journalières, s'accompagnent d'augmentations respectives,

- de 3, 9 et 17 % des hospitalisations à l'AP-HP pour asthme ;
- de 6, 11 et 15 % des visites médicales à domicile de SOS Médecins pour affections des voies respiratoires inférieures ;
- de 10, 32 et 63 % des visites SOS pour asthme ;
- de 8, 16 et 22 % des visites SOS pour maux de tête ;
- de 7, 14 et 20 % des déclarations d'arrêts de travail à EDF-GDF pour affections respiratoires.

S'agissant du **dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)**, – essentiellement lié au chauffage et aux activités industrielles, bien qu'il soit en nette diminution depuis de nombreuses années en Ile-de-France, des accroissements depuis le niveau de base de SO<sub>2</sub> (7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jusqu'à 23, 77, et 107  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en moyennes journalières, s'accompagnent d'augmentations :

- de 4, 8 et 10 % de la mortalité pour causes cardio-vasculaires ;
- de 6, 12 et 14 % des hospitalisations à l'AP-HP pour asthme chez les enfants, et de 5, 10 et 11 % pour maladies ischémiques cardiaques ;
- de 4, 17 et 25 % des visites médicales à domicile de SOS Médecins pour asthme, et de 2, 10 et 15 % pour maux de tête ;
- de 9, 19 et 22 % des déclarations d'arrêts de travail à EDF-GDF pour affections respiratoires.

Des accroissements depuis le niveau de base des **fumées noires** (11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jusqu'à 26, 74 et 111  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en moyennes journalières, s'accompagnent d'augmentations :

- de 2, 5 et 6 % de la mortalité pour causes cardio-vasculaires ;
- de 2, 5 et 10 % des hospitalisations à l'AP-HP pour causes respiratoires et cardio-vasculaires ;
- de 4, 18 et 30 % des visites médicales à domicile de SOS Médecins pour asthme ; de 6, 14 et 17 % pour maux de tête.

- les résultats sont également confirmés par les résultats préliminaires obtenus dans quelques unes des 15 villes européennes qui mettent actuellement en oeuvre le même protocole d'analyse.

Néanmoins, certains éléments incitent à rester prudent :

- cette étude est de type écologique, c'est-à-dire que l'exposition n'a pas été mesurée au niveau individuel pour chacune des personnes concernées. Dans ce type d'étude, on fait l'hypothèse que l'ensemble de la population est exposée, en moyenne, aux mêmes niveaux de pollution. On sait qu'en épidémiologie, le niveau de preuve obtenue par ce genre de protocole n'est pas aussi bon que celui procuré par des études menées au niveau individuel ;
- si la représentativité des données de mortalité ne fait pas de doute, celle des indicateurs de morbidité n'a pas encore été évaluée ;
- quantitativement, au niveau individuel, les liens observés sont faibles (risques relatifs  $RR < 2$ ), ce qui signifie qu'on ne peut pas totalement exclure qu'ils soient liés à des facteurs non connus non pris en compte dans ce travail.

**D**ans cette étude, l'objectif était d'analyser les effets de la pollution atmosphérique en termes de risques pour la santé de la population francilienne.

Malgré une diminution des niveaux de certains indicateurs de pollution au cours des trente dernières années, il apparaît que les concentrations observées au cours de la période 1987–1992 sont reliées à des problèmes de santé. Ces liens ont été mis en évidence pour des augmentations de niveaux de pollution inférieures aux seuils fixés par les valeurs de référence européennes et de l'OMS et relancent ainsi le débat concernant la pertinence des normes actuelles pour la protection de la santé de la population.

Dans la mesure où ces relations pourraient traduire des effets, faibles (en termes de risque individuel) mais concernant une population aussi importante que celle de l'Ile-de-France, il convient de s'interroger sérieusement sur la nécessité de renforcer les mesures de contrôle de la pollution et de mettre en oeuvre d'autres actions de prévention à moyen et long terme, notamment à travers l'information de la population lorsque des valeurs élevées de certains polluants sont atteintes ou dépassées, ainsi qu'au travers des possibilités offertes par les progrès de la technologie, en particulier dans le domaine des émissions d'origine automobile.

Ces résultats, comme ceux déjà publiés au niveau international, font qu'il apparaît aujourd'hui raisonnable de plaider, d'une part, pour une réduction de la pollution atmosphérique urbaine de fond, ce qui permettrait également de diminuer la fréquence des épisodes de pollution, d'autre part, pour des actions de prévention et d'information lors de la survenue d'épisodes de pollution liés à l'ozone et au dioxyde d'azote.

## Références bibliographiques

---

- (1) OMS –Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series N° 23, 1987.
- (2) Le Moullec Y., Medina S., Momas I., Pirard P., Quénel P. ERPURS : Effets à court et moyen termes de la pollution atmosphérique sur la santé. Analyse des études épidémiologiques publiées entre 1980 et 1991. Rapport d'étude– ORS Ile de France– Paris 1992; 300 pages.
- (3) Momas I., Pirard P., Quénel P., Medina S., Le Moullec Y., Ferry R., Dab W., Festy B. Pollution atmosphérique urbaine et mortalité : une synthèse des études épidémiologiques publiées entre 1980 et 1991. Rev. Epidem. et Santé Publ., 1993;41:30–43.
- (4) Quénel Ph., Medina S., Pirard Ph., Momas I., Le Moullec Y., Festy B., Dab W. Health service based morbidity indicators as a measure of health effects of air pollution. A literature review 1980–1991. European Journal of Public Health, 1994;4:201–206.
- (5) Quénel Ph., Medina S., Pirard Ph., Momas I., Le Moullec Y., Ferry R., Festy B., Dab W. Impact de la pollution atmosphérique sur la consommation de soins. Pollution Atmosphérique 1993;1:87–102.
- (6) Goldstein I., Landovitz L. Analysis of air pollution patterns in New–York city : I Can one station represent the large metropolitan area ? . Atmospheric Environment 1977;11:53–57.
- (7) Shumway R.H., Azari A.S., Pawitan Y. Modeling mortality fluctuations in Los Angeles as functions of pollution and weather effects. Environmental Research 1988;45:224–241.
- (8) Lippfert F.W., Hemmerstrom T. Temporal patterns in air pollution and hospital admissions. Environmental Research 1992;59:374–399.
- (9) Pirard P. Elaboration d'un indicateur de pollution particulaire extérieure en région parisienne à partir des mesures de surveillance météorologique. Mémoire D.E.A. 1993; Université Paris Sud –UFR Médicale du Kremlin Bicêtre.
- (10) Box GEP, Jenkins GM. Time series analysis: forecasting and control. Revised Ed. San Francisco: Holden–Day Inc, 1976.
- (11) Haugh LD, Box GEP. Identification of dynamic regression (distributed lag) models connecting two time series. J. Amer. Statist. Ass. 1977;72:121–30.
- (12) Sunyer J., Anto J.M., Murillo C., Saez M. Effects of urban air pollution on emergency room admissions for chronic obstructive pulmonary disease. American Journal of Epidemiology 1991;134:277–289.
- (13) Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for the Elderly in Birmingham, Alabama. Am J Epidemiol 1994;139:589–98.
- (14) Dockery D., Schwartz, J., Spengler J. Air pollution and daily mortality : associations with particulates and acid aerosols . Environmental Research 1992;59:362–73.
- (15) Dockery D. W., Pope C.A. III, Xu X. An association between air pollution and mortality in six US cities. N Engl Med 1993;329:1753–9.
- (16) Dockery D. W., Pope C.A. III. Acute respiratory effects of particulate air pollution. Ann. Rev. Public Health. 1994.15:107–32.
- (17) Derrienic F, Richardson S., Mollie A., Lellouch J. Short term effects of sulphur dioxide pollution in two french cities. Int J Epidemiol 1989. 18:186–197.
- (18) Schwartz J. Air pollution and daily mortality : a review and meta analysis. Environ. Res. 1994;64:36–52.
- (19) Spix C., Heinrich J., Dockery D., Schwartz J. et al. Air pollution and daily mortality in Erfurt, East Germany. Environ Health Perspect. 1993. 101:518–526.