

PREFECTURE  
D'ILE-DE-FRANCE

REGION  
D'ILE-DE-FRANCE

**Observatoire régional de santé d'Ile-de-France**

# Erpurs 1987 - 2000

Analyse des liens à court terme entre  
pollution atmosphérique et santé

**Cette troisième analyse de l'étude Erpurs a été réalisée à l'ORS d'Ile-de-France, par**

Dave CAMPAGNA épidémiologiste, Agnès LEFRANC biologiste,  
Catherine NUNES-ODASSO statisticienne,  
sous la direction de Ruth FERRY directeur.

**Cette troisième analyse Erpurs n'aurait pu être réalisée sans les soutiens respectifs**

*du comité scientifique*

- Pr. William DAB – Conservatoire national des arts et métiers (CNAM)
- Pr. Bernard FESTY – Association pour la prévention de la pollution atmosphérique (APPA)
- M. Philippe LAMELOISE – Surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France (AIRPARIF)
- M. Yvon LE MOULLEC – Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris (LHVP)
- Pr. Isabelle MOMAS – Faculté de Pharmacie de Paris V
- Dr Philippe QUENEL, Dr Sylvia MEDINA, M. Alain LE TERTRE – Département santé environnement, Institut de Veille Sanitaire (InVS)

*des organismes partenaires qui mettent à disposition leurs données*

- Dr Jean-Marie COHEN, Dr Anne MOSNIER – Groupes Régionaux d'Observation de la Grippe (GROG), Open Rome
- Dr Jean-Charles GUZZO – SOS-Médecins Paris
- M. Eric JOUGLA, Mme Eliane MICHEL – Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès – INSERM
- M. Philippe LAMELOISE – AIRPARIF
- M. Gilles LECOCQ, Dr Josiane HOLSTEIN – Assistance Publique-Hôpitaux de Paris
- M. Bruno LOSSEC, M. Denis FOURGASSIE – Météo France
- M. Michel THIBEAUDON – Réseau national de surveillance aérobiologique

*et du soutien financier du Conseil régional d'Ile-de-France*

**que tous ici soient vivement remerciés pour leurs concours respectifs.**

# Sommaire

Introduction	5
I. Le programme Erpurs et son évolution	13
II. Les données environnementales	21
III. Les données sanitaires	57
Indicateurs de mortalité	59
Indicateurs de morbidité hospitalière	65
IV. Analyse statistique	83
V. Résultats	97
Mortalité	101
Morbidité	115
VI. Conclusion	171
Références	187
Annexes	193



# Introduction



Le programme Erpurs a été mis en place par l'Observatoire Régional de Santé d'Ile-de-France à la suite de l'épisode de pollution de janvier-février 1989 à la demande du Préfet de Région et du Président du Conseil Régional qui ont souhaité connaître les effets de la pollution atmosphérique sur la santé.

Les travaux menés dans le cadre du programme Erpurs ont ainsi permis de montrer les liens existant entre pollution atmosphérique et santé en Ile-de-France, et de mettre en place un système de surveillance permanent de la pollution atmosphérique et de son impact sanitaire pour améliorer les connaissances tant des décideurs que de la population et de la communauté scientifique (Medina et al. 1994, Medina et al. 1998).

Ce système de surveillance dispose aujourd'hui d'une base de données regroupant quatorze années de données environnementales et sanitaires journalières.

**L'objectif poursuivi par cette troisième publication Erpurs est l'actualisation du système de surveillance épidémiologique des effets de la qualité de l'air sur la santé à partir de ces données, portant sur la période 1987-2000.**

## **Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé**

Le premier rapport Erpurs montrant des liens entre pollution atmosphérique et santé en Ile-de-France a été publié en 1994 (Medina et al.). Ce rapport couvrait la période 1987-1992. Un deuxième rapport Erpurs, publié en 1998, a permis de confirmer ces premiers résultats sur la période 1991-1995 (Medina et al. 1998) et de procéder à la mise en place d'un système de surveillance épidémiologique de la qualité de l'air.

Les liens entre pollution atmosphérique et santé mis en évidence dans le cadre du programme Erpurs (augmentation de la mortalité toutes causes non accidentelles et augmentation de la mortalité et des hospitalisations pour causes respiratoires et cardiovasculaires) ont aussi été observés par de nombreuses autres études menées au niveau national et international (Odajima et al. 1995, Schwartz 1995, Samet et al. 2000, Goldberg et al. 2000, Wichmann et al. 2000, Lippmann et al. 2000, Cassadou et al. 2002, De Marco et al. 2002, Medina et al. 2002)

Un ensemble de travaux épidémiologiques et expérimentaux confirme que la pollution atmosphérique est notamment associée à une augmentation de la fréquence de survenue de crises d'asthme (Molfino et al. 1991, Jorres et al. 1995, Friedman et al. 2001, Galizia et Kinney 1999, Desqueyroux et al. 2002, McConnell et al. 2002), de toux (Gehring et al. 2002), de bronchites, et d'autres pathologies pulmonaires chroniques (Goldberg et al. 2000) et cardiaques (Goldberg et al. 2000, Godleski et al. 2000).

La pollution atmosphérique perturberait aussi le développement de l'appareil respiratoire des enfants, les rendant ainsi à long terme plus vulnérables aux polluants (Jedrychowski et al. 1999).

La mortalité par cancer du poumon semble aussi associée à la pollution atmosphérique (Barbone 1995, Pope et al. 2002, Hoeck 2002).



## La pollution atmosphérique demeure une préoccupation

La pollution atmosphérique demeure, de nos jours, une préoccupation de santé publique et ce malgré l'adoption de valeurs guides de l'OMS (tableau 1) et de normes d'émissions plus sévères. La mise en place d'une meilleure surveillance de la qualité de l'air a permis d'observer une baisse importante des niveaux de certains types de pollution (OMS 2000).

L'OMS a publié des valeurs guides de qualité de l'air qui doivent permettre aux pays d'établir leurs normes nationales et régionales de qualité de l'air compte tenu de la situation environnementale, sociale, économique et culturelle existante.

“La valeur guide de la qualité de l'air est la concentration au-dessous de laquelle le polluant atmosphérique ne devrait avoir aucun effet préjudiciable sur la santé”. (1)

Dans le cas spécifique des particules fines, l'OMS ne présente pas une valeur guide mais des courbes permettant d'évaluer les effets des concentrations atmosphériques en particules sur la santé.

**Tableau 1. Valeurs guides OMS (1999) pour trois indicateurs de pollution**

Indicateur de pollution atmosphérique	Concentration annuelle moyenne dans l'air ambiant ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valeur guide ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentration à laquelle des effets sur la santé commencent à être observés ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Durée de l'exposition
NO <sub>2</sub>	10-150	200	365-565	1 heure
		40		1 an
O <sub>3</sub>	10-100	120	Non déterminée	8 heures
SO <sub>2</sub>	5-400*	500	1000	10 minutes
		125	250	24 heures
		50	100	1 an

\*Les concentrations de SO<sub>2</sub> en Europe sont plutôt inférieures à 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Source: OMS, *Air Quality Guidelines* ([www.who.int/peh/air/Airqualitygd.htm](http://www.who.int/peh/air/Airqualitygd.htm)) ; Exploitation : ORS Ile-de-France

(1) OMS, *Air Quality Guidelines* ([www.who.int/peh/air/Airqualitygd.htm](http://www.who.int/peh/air/Airqualitygd.htm))

## **Le programme Erpurs et la “Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie” ou L.A.U.R.E.**

Le programme Erpurs s'inscrit dans le cadre de la “Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (la L.A.U.R.E) du 30 décembre 1996” qui stipule dans son article 3 que “l'Etat assure ... la surveillance de la qualité de l'air et ... de ses effets sur la santé” (Loi n° 96-1236). Pour y parvenir sont également prévus par cette loi les trois outils suivants :

- les Plans Régionaux pour la Qualité de l'Air (**PRQA**) qui fixent des orientations visant à “prévenir, réduire ou atténuer les effets de la pollution atmosphérique” (DRIRE 2000) ;
- les Plans régionaux de Déplacements Urbains (**PDU**) qui définissent les principes d'organisation des déplacements de personnes, du transport de marchandises, de la circulation et du stationnement (PDU 1998), et
- les Plans de Protection de l'Atmosphère (**PPA**) qui doivent définir les objectifs de réduction des concentrations des polluants atmosphériques et conduisent potentiellement à envisager des mesures contraignantes à l'intérieur du périmètre délimité par le plan.

Pour y parvenir, cette loi et ces plans régionaux doivent s'appuyer sur une évaluation des effets de la pollution atmosphérique sur la santé. Cela nécessite une actualisation régulière des outils épidémiologiques de surveillance et d'analyse des effets de la pollution atmosphérique sur la santé tels que le programme Erpurs et les travaux nationaux (Programme de Surveillance Air & Santé, PSAS-9) et européens de l'InVS (programme APHEIS : *Air Pollution and Health : a European Information System*).

La démarche actuelle du programme Erpurs, qui repose sur des séries pouvant atteindre douze années de recueil d'indicateurs environnementaux et sanitaires, devrait aider à mettre en évidence certains risques de mortalité pour causes respiratoires et cardiovasculaires qui n'avaient pu être quantifiés lors des premiers rapports Erpurs où des périodes de six et cinq ans avaient été prises en compte. De plus, l'allongement de la période d'étude pourrait aussi contribuer à augmenter la validité des résultats en rendant l'estimation du risque de décès ou d'hospitalisation plus précise (intervalle de confiance plus étroit).

Pour chaque indicateur de pollution, les risques pour la santé sont exprimés pour trois situations différentes définies comme suit :

- un accroissement de l'indicateur de pollution du niveau de base (5<sup>ème</sup> percentile correspondant aux 18 jours les moins pollués par année) à un niveau "médian" (50<sup>ème</sup> percentile, atteint ou dépassé la moitié des jours de l'année) ;
- un accroissement de l'indicateur de pollution du niveau de base (5<sup>ème</sup> percentile correspondant aux 18 jours les moins pollués par année) à un niveau "élevé" (95<sup>ème</sup> percentile, atteint ou dépassé les 18 jours de plus forte pollution de l'année), et
- une augmentation de 10 µg/m<sup>3</sup> du niveau moyen de l'indicateur de pollution.

Enfin, les bénéfices sanitaires attendus sont présentés pour deux scénarios :

- diminution de 50% du niveau moyen de l'indicateur de pollution, et
- diminution de 10% du niveau moyen de l'indicateur de pollution.

Ce nouveau rapport Erpurs porte sur la totalité des données de surveillance environnementale et sanitaire disponibles pour l'Ile-de-France et comporte six grandes parties :

- les grandes lignes du programme Erpurs ;
- une analyse descriptive des données environnementales ;
- une analyse descriptive des données sanitaires (mortalité et morbidité) ;
- la présentation du protocole d'analyse statistique utilisé ;
- la présentation des résultats, en distinguant les liens entre polluants atmosphériques et mortalité, d'une part, et morbidité, d'autre part ;
- puis, pour conclure une synthèse, l'interprétation des résultats et leur mise en perspective avec ceux de la littérature scientifique ainsi qu'un aperçu des suites du programme Erpurs.



# I. Le programme Erpurs et son évolution



## La démarche de l'étude Erpurs

Il s'agit d'une étude épidémiologique rétrospective de type écologique temporelle (Filleul et al. 2001). Le terme "écologique" signifie que l'exposition n'est pas mesurée au niveau individuel mais au niveau de la population. Un jour donné, on considère que toute la population est exposée de façon homogène à la pollution atmosphérique.

L'unité d'observation et d'analyse n'est donc pas l'individu mais la journée.

Le protocole d'étude actuel du programme Erpurs repose sur les principes définis au cours des premiers travaux Erpurs (Medina et al. 1994, Medina et al. 1998) et intègre les développements méthodologiques issus des programmes de surveillance des effets de la pollution atmosphérique sur la santé conduits par l'Institut de Veille Sanitaire au niveau national et européen (Cassadou et al. 2002a, Medina et Plasència 2001, 2002).

Le principe de ces différents programmes consiste à relier les variations temporelles à court terme (d'un jour à l'autre) d'un indicateur de l'état de santé d'une population (mortalité, admissions hospitalières) à celles des indicateurs d'exposition de cette population à la pollution atmosphérique (polluants mesurés) afin d'identifier ce que l'on appelle une relation exposition/risque.

L'identification de ces relations nécessite la prise en compte de paramètres temporels et de facteurs de confusion pouvant biaiser les estimations. L'impact de la pollution atmosphérique sur la santé est donc mesuré après avoir tenu compte de l'ensemble des facteurs de risque connus susceptibles de provoquer des effets sanitaires.

Il s'agit notamment des conditions météorologiques, des épidémies de grippe et des périodes de pollinisation. Ces facteurs peuvent jouer parfois 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 n'est faite qu'une fois ces facteurs de confusion pris en compte.

Les polluants mesurés dans le cadre de cette analyse ne constituent qu'un reflet partiel de la complexité de la pollution atmosphérique urbaine qui est composée de centaines d'espèces chimiques pouvant éventuellement réagir entre elles. Les polluants mesurés doivent donc être

considérés seulement comme des indicateurs de pollution. Chaque indicateur représente alors ses effets propres mais aussi ceux des polluants émis ou formés avec lui (Medina et al. 1998).

La zone d'étude considérée comprend la ville de Paris et la proche couronne (soit les départements des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne). Cette zone a été définie de telle sorte que l'exposition à la pollution atmosphérique de la population résidente puisse y être considérée comme globalement homogène vis-à-vis des indicateurs d'exposition retenus. Cette zone présente aussi l'avantage de proposer un recouvrement géographique cohérent entre les indicateurs de pollution mesurés et les indicateurs de morbidité hospitalière issues des hôpitaux de l'AP-HP situés à Paris et en proche couronne.



## L'évolution de l'étude Erpurs

En amont de la première phase, c'est la réalisation d'une revue de la littérature scientifique internationale sur le thème des liens entre pollution atmosphérique et santé (Le Moullec et al. 1992) qui a permis de confirmer, à travers une centaine d'études réalisées entre 1980 et 1990, l'existence d'une relation pollution-santé, avec une surmorbidity et une surmortalité cardio-respiratoire. D'où l'intérêt de mettre en place, en Ile-de-France, une surveillance épidémiologique pour mesurer l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé des habitants de la région.

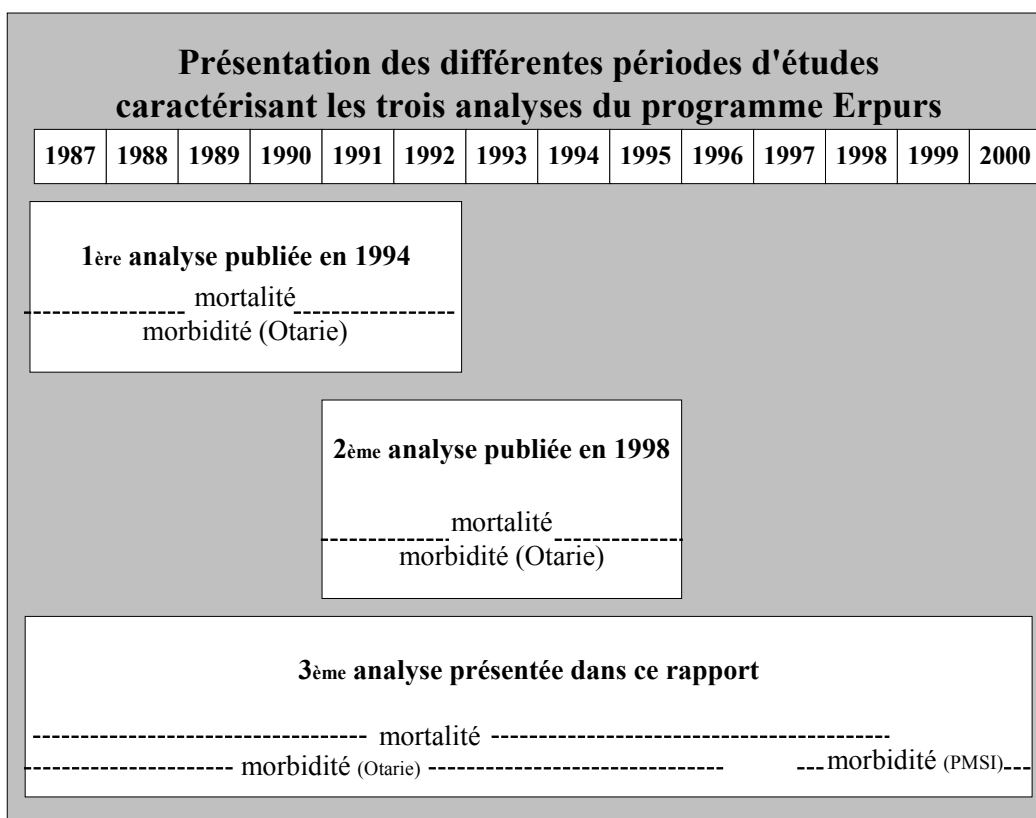
Dès 1992, le programme Erpurs bénéficie des contributions d'experts issus de disciplines et de spécialités différentes qui ont permis de constituer un véritable réseau épidémiométrologique et d'élaborer deux protocoles de recueil de données :

- le premier relatif à l'étude écologique rétrospective des liens entre pollution atmosphérique et activité des services de soins ;
- le deuxième portant sur l'étude au niveau individuel d'une cohorte d'enfants et d'adultes asthmatiques suivis en milieu hospitalier.

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 (Medina et al. 1994).

Les premiers résultats du programme Erpurs ont été confortés par ceux obtenus ensuite sur la période 1991-1995 (Medina et al. 1998). Ces derniers ont toutefois montré un léger accroissement des risques par rapport à la première période d'étude (1987-1992), et ce autant pour la mortalité que pour la morbidité liées à l'appareil circulatoire ou respiratoire.

**Graphique 1. Présentation des périodes d'études caractérisant les trois périodes d'analyses du programme Erpurs**



----- Indique l'étendue de la période concernée par l'étude des liens avec la mortalité et la morbidité.

N.B. Pour la 3<sup>ème</sup> analyse Erpurs, les liens avec la morbidité ont été étudiés au cours de deux périodes distinctes : l'une concernant les admissions hospitalières recueillies par le système Otarie et l'autre les admissions recueillies par le système PMSI. Les admissions hospitalières de la période de transition soit du 1er octobre 1996 au 30 juin 1997 n'ont pas été prises en compte ici.

Dès 1995 a été mis en place un système permanent de surveillance épidémiologique en Ile de France. D'une part, des mesures environnementales sont recueillies en routine par AIRPARIF, le réseau de mesure de la pollution atmosphérique d'Ile-de-France. D'autre part, les données sanitaires concernant les pathologies dont le lien avec la pollution atmosphérique est déjà bien établi sont recueillies auprès de l'AP-HP. 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 Ile-de-France.

Ce nouveau rapport Erpurs poursuit les analyses d'associations entre indicateurs de pollution atmosphérique et indicateurs sanitaires. La période prise en compte pour la mortalité va de janvier 1987 à décembre 1998.

Pour les indicateurs de morbidité, deux périodes distinctes ont fait l'objet de l'analyse. Une première période comprend les admissions hospitalières recueillies par le système Otarie, du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996. Une deuxième comprend les admissions recueillies par le système PMSI, du 1<sup>er</sup> juillet 1997 au 1<sup>er</sup> octobre 2000 (graphique 1).

## **La contribution d'Erpurs à la surveillance épidémiologique au niveau national et européen**

Le Réseau national de santé publique (RNSP), devenu l'InVS, a également lancé une surveillance épidémiologique de la qualité de l'air au niveau national. Le Programme de Surveillance Air & Santé (PSAS-9) a ainsi été mis en place dans neuf grandes villes françaises (Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Strasbourg, Toulouse) en 1997. L'objectif général du PSAS-9 est de quantifier, à l'échelle de la population, les relations exposition/risque entre des indicateurs de pollution atmosphérique issus des données produites par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) et des indicateurs de santé (Quénel et al. 1997).

Les résultats de la première phase du programme PSAS-9 publiés en 1999 ont permis, pour la première fois en France, de quantifier l'impact de la pollution atmosphérique sur la mortalité anticipée (Quénel et al. 1999). Les résultats de la seconde phase (Cassadou et al. 2002) ont concerné l'impact de la pollution atmosphérique sur la mortalité et sur la morbidité.

Le programme Erpurs est associé au programme PSAS-9, et par conséquent aux programmes européens APHEA (*Air Pollution and Health : a European Approach*) depuis 1993 puis APHEIS (*Air Pollution and Health : a European Information System*) depuis 1999. Dans le cadre de ces programmes, il fournit les indicateurs relatifs à la situation parisienne.

Les résultats du programme APHEA confirment les liens entre pollution atmosphérique et santé pour des niveaux moyens de pollution, avec des risques relativement faibles mais stables dans les villes de l'ouest de l'Europe, et ce indépendamment des conditions climatiques et géographiques (Katsouyanni et al. 1997, Touloumi et al. 1997, Spix et al. 1998).

Le principal objectif du programme APHEIS est de fournir des estimations quantitatives de l'impact à court et à long terme de la pollution atmosphérique urbaine sur la mortalité et la morbidité hospitalière. Il a permis d'élaborer un protocole standardisé 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).

Le dernier rapport du programme APHEIS présente les indicateurs épidémiologiques les plus appropriés pour surveiller les effets de la pollution atmosphérique sur la santé en Europe ainsi que les partenaires les plus aptes à implanter un tel programme de surveillance (Medina et al. 2001, Medina et al. 2002).

## **Les autres contributions d'Erpurs**

L'unité 408 de l'INSERM, en collaboration avec les services de pneumologie des hôpitaux Bichat et Trousseau, a réalisé deux études de panel sur des populations de sujets asthmatiques qui regroupaient à chaque fois 100 enfants et 100 adultes (Neukirch et al. 1998, Segala et al. 1998).

Les effets de la pollution hivernale ont été étudiés en 1993 lors du premier volet de cette collaboration tandis que les effets de la pollution photo-oxydante ont été étudiés en 1996 lors du second volet.

## II. Données environnementales

*Ce deuxième chapitre est consacré aux données environnementales retenues pour l'analyse statistique des liens entre indicateurs de pollution et indicateurs sanitaires pendant la période 1987-2000.*

*Dans une première partie ce sont les informations concernant l'évolution des indicateurs de pollution atmosphérique qui sont décrites tandis que la seconde est consacrée à l'évolution des principaux cofacteurs (ou facteurs de confusion potentiels).*



## **La mesure de la pollution atmosphérique en Ile-de-France**

La région parisienne a été dotée dès la fin des années cinquante de deux réseaux de surveillance de la qualité de l'air. L'un est exploité par le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (LHVP) et l'autre par le Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCPP).

En 1979, la création de l'association AIRPARIF contribua à une modernisation des équipements de mesure de la pollution atmosphérique et à une diversification des indicateurs de pollution mesurés.

En 1989, en raison d'évolutions notables dans l'importance respective des sources polluantes et dans la nature des indicateurs de pollution à surveiller, la refonte totale de ce dispositif de mesure s'imposa aux différents organismes qui effectuaient la surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France. La nouvelle stratégie de mesure a été développée conformément aux normes de l'Union Européenne et de façon à répondre à différents objectifs :

- effectuer un suivi spatio-temporel de la pollution atmosphérique ;
- informer les partenaires et le public ;
- enregistrer des phénomènes de pollution atypiques ;
- prévoir les épisodes de pollution atmosphérique, et
- participer à l'effort de recherche régional.

Depuis sa mise en place, le réseau de mesure francilien est en constante évolution de façon à mieux évaluer l'exposition des habitants. Cependant, un effort a été fait afin de concilier cette nécessaire modernisation avec les impératifs de continuité de la surveillance des mesures en région parisienne.

Rappelons que les données recueillies du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 31 décembre 1990 ont été transmises par le LHVP tandis que celles recueillies du 1<sup>er</sup> janvier 1991 au 31 décembre 2000 l'ont été par le réseau AIRPARIF.

# 1. Les indicateurs de pollution atmosphérique

## Les indicateurs de pollution atmosphérique étudiés

- Le dioxyde d'azote (**NO<sub>2</sub>**) est estimé par chimiluminescence.
- L'ozone (**O<sub>3</sub>**) est estimé par spectrométrie absorption UV.
- L'indice de fumées noires (**FN**) est estimé par le mesurage du noircissement d'un filtre par la technique reflectométrique.
- Les particules fines en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 13 micromètres (millièmes de millimètres :  $\mu\text{m}$ ) (**PM<sub>13</sub>**) sont mesurées par radiométrie bêta et celle de diamètre inférieur à 10  $\mu\text{m}$  (**PM<sub>10</sub>**) par microbalance à élément effilé oscillant (TEOM).
- Le dioxyde de soufre (**SO<sub>2</sub>**) est estimé par fluorescence UV.

Les stations mesurant l'indice de fumées noires fournissent des données journalières (valeurs intégrées sur 24 heures) alors que les stations de mesure du SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub> délivrent des teneurs moyennées sur 15 minutes permettant de calculer des valeurs moyennes horaires et journalières.

Les valeurs finales retenues pour SO<sub>2</sub>, FN et NO<sub>2</sub> sont calculées sur des moyennes de 24 heures, et pour l'O<sub>3</sub>, sur des moyennes de 8 heures. Lorsqu'une station de mesure ne dispose que de moins de 75% des mesures moyennes horaires, la moyenne journalière correspondante (sur 24 heures ou sur 8 heures pour l'O<sub>3</sub>) n'est pas retenue et est considérée manquante.



## **Généralités sur les indicateurs de pollution étudiés**

La pollution atmosphérique est appréciée qualitativement et quantitativement par le mesurage de différents polluants considérés comme des indicateurs de pollution atmosphérique. Le programme Erpurs s'intéresse aux indicateurs de pollution ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , FN,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{13}$  et  $\text{SO}_2$ ) les plus couramment utilisés pour étudier les conséquences de la pollution atmosphérique ambiante sur la santé des populations.

Le programme Erpurs ne s'intéresse toutefois pas aux émissions de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), un gaz à effet de serre, pour lequel aucun effet direct sur la santé n'a été identifié à ce jour.

### **Les oxydes d'azote $\text{NO}_x$**

Les  $\text{NO}_x$  (monoxyde d'azote : NO et dioxyde d'azote :  $\text{NO}_2$ ) sont émis par des combustions à haute température de combustibles fossiles (charbon, fuel, pétrole, etc.). En Ile-de-France, le secteur des transports est responsable de plus de 70% des émissions de  $\text{NO}_x$  (les moteurs diesel en rejettent deux fois plus que les moteurs à essence catalysés). Le NO, en partie rejeté par les pots d'échappement, est oxydé par l'ozone et se transforme en  $\text{NO}_2$ .

L'existence de liens entre l'exposition au  $\text{NO}_2$  et des effets sur la santé n'a toutefois pas été formellement montrée. L'exposition au  $\text{NO}_2$  provoquerait une hyper réactivité bronchique chez les patients asthmatiques et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant (Mosler et al. 1994, Jorres et al. 1995). Des travaux récents suggèrent cependant l'existence d'association entre l'exposition au  $\text{NO}_2$  ambiant et l'augmentation de la prévalence de toux sans infection et de toux sèche la nuit chez des enfants de moins d'un an (Gehring et al. 2002).

### **L'ozone ( $\text{O}_3$ )**

L' $\text{O}_3$  est un constituant normal de l'air et protège les organismes vivants en absorbant une partie des rayons ultra-violet (UV) dans la haute atmosphère. Toutefois, à basse altitude, ce gaz est nuisible si sa concentration augmente trop fortement. C'est le cas lorsque se produit une

réaction chimique entre le NO<sub>2</sub>, le CO et les hydrocarbures (polluants d'origine automobile ou résultant de l'utilisation de solvants) sous l'effet du rayonnement solaire.

L'exposition à l'O<sub>3</sub> est associée à une diminution de la fonction pulmonaire chez l'adulte en bonne santé qui semble dépendre à la fois du niveau et de la durée de l'exposition (Galizia et Kinney 1999). Ainsi, de faibles niveaux d'O<sub>3</sub> irriteraient la muqueuse des yeux et de la gorge et induiraient des sensations d'oppression de la cage thoracique, tandis qu'une exposition à des niveaux plus élevés (5,0 ppm-10,0 ppm) pourrait mener à des oedèmes pulmonaires puis au décès (OMS 2002). De plus, l'exposition quotidienne à l'O<sub>3</sub> à des niveaux comparables à ceux rencontrés dans de grandes agglomérations pourrait mener au développement de l'asthme chez l'adulte non fumeur (Galizia et Kinney 1999) ainsi que chez l'enfant (McConnell et al. 2002). Inversement, une réduction des niveaux d'ozone en ville entraîne une diminution des crises d'asthme chez l'enfant (Friedman et al. 2001).

Une étude récente menée en Ile-de-France suggère que les niveaux ambiants d'O<sub>3</sub> et de PM<sub>10</sub> pourraient affecter la santé de sujets souffrant d'un asthme important, et ce malgré leur traitement (Desqueyroux et al. 2002).

### **Les particules en suspension (mesurées ici par trois indicateurs de pollution acido-particulaire : indice de fumées noires, PM<sub>13</sub> et PM<sub>10</sub>)**

Elles peuvent transporter les polluants gazeux dans les poumons, agressent les muqueuses nasales et ont un effet cancérigène probable (OMS 2002). La nocivité des particules dépend de leur granulométrie puisque les plus fines sont capables d'atteindre les voies respiratoires les plus profondes et même d'entrer dans la circulation sanguine. Les particules en suspension d'origine anthropique sont générées par les combustions industrielles, le chauffage domestique et l'incinération des déchets. Mais la plus grande part provient des transports. Les poussières les plus fines sont surtout émises par les moteurs Diesel.

L'effet des particules fines en suspension sur les cellules et les tissus dépend de la composition chimique des particules (HEI 2002). Ainsi, les particules métalliques peuvent déclencher des mécanismes inflammatoires, endommager l'ADN et altérer la perméabilité cellulaire via la formation de radicaux libres. Les particules organiques peuvent elles aussi causer des mutations et même des cancers. Finalement, les particules carbonées irritent les poumons et induisent la

prolifération de cellules épithéliales et l'apparition de fibrose lors d'une exposition prolongée (HEI 2002). Les particules auraient aussi des effets sur le système cardio-vasculaire (Dockery 2001).

L'indice de fumées noires est un excellent indicateur du niveau de carbone élémentaire libéré dans l'atmosphère lors de la combustion du gazole (Gotschi et al. 2002).

## **Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)**

Le SO<sub>2</sub> est principalement libéré dans l'atmosphère par les cheminées des usines (centrales thermiques) ou par les chauffages. Les véhicules à essence diesel contribuent dans une faible mesure à ces émissions.

Le SO<sub>2</sub> provoque des inflammations pulmonaires et une aggravation des crises d'asthme. Les effets du SO<sub>2</sub> sont accrus par les particules fines en suspension qui facilitent la pénétration du SO<sub>2</sub> au niveau des alvéoles pulmonaires (OMS 2002). Ainsi, une étude récente a montré qu'une diminution du niveau de dioxyde de soufre s'accompagnait d'une diminution de la mortalité (Hedley et al. 2002).

## Présentation des résultats

Les indicateurs de pollution atmosphérique étudiés sont présentés dans l'ordre suivant : le NO<sub>2</sub>, l'O<sub>3</sub>, les FN, les PM<sub>13</sub>, les PM<sub>10</sub> et le SO<sub>2</sub> et de la façon suivante :

- ***Une carte indique la localisation géographique des stations de mesure de la pollution dite de fond utilisées pour évaluer les niveaux journaliers d'indicateurs de pollution pendant la période 1987-2000***

Sur cette carte, les carrés pleins (■) représentent les stations maintenues en activité tout au long de la période d'étude, les carrés vides (□) les stations dont l'activité a été interrompue au cours de la période d'étude, et les cercles vides (○) les stations mises en service pendant la période d'étude. Les modifications apportées au réseau de surveillance de la qualité de l'air (mise en service et interruption de certaines stations de mesure) en région parisienne ont été effectuées pour mieux évaluer l'exposition des habitants, avec le souci de nuire le moins possible aux impératifs de continuité de la surveillance des mesures.

Les stations sélectionnées sont uniquement celles du réseau de mesure de la pollution dite de fond. Ces stations urbaines et périurbaines sont placées à distance des sources directes de pollution (industrielle ou automobile). La localisation des stations de mesure peut différer d'un indicateur de pollution à l'autre.

- ***Le statut d'activité des stations de mesure de pollution atmosphérique au cours des périodes de collecte des données***

Un premier tableau présente le statut d'activité des stations de mesure sélectionnées pour évaluer les niveaux d'indicateurs de pollution au cours des trois périodes de collecte des données sanitaires. Ces périodes s'étendent de :

- janvier 1987 à décembre 1996 ;
- janvier 1997 à décembre 1999 ;
- janvier 2000 à décembre 2000.

- ***Présentation des valeurs journalières des indicateurs de pollution***

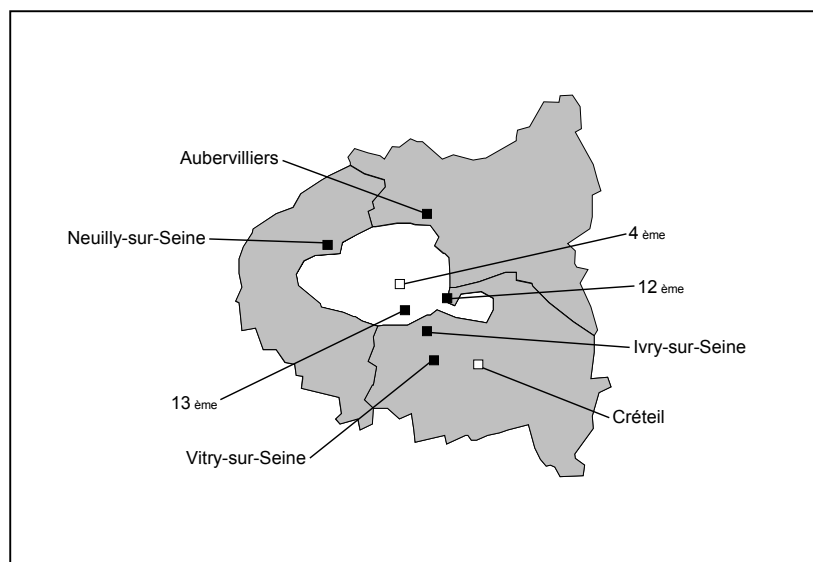
Un deuxième tableau présente les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles de la distribution des valeurs journalières des indicateurs de pollution par année et par saison (“hiver”, du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars et “été”, du 1<sup>er</sup> avril au 30 septembre). Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement aux niveaux de pollution :

- non dépassés au cours des 18 jours les “moins pollués” de l’année ou au cours des 9 jours les “moins pollués” de la saison (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
- non dépassés 50% des jours de l’année ou de la saison (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
- dépassés au cours des 18 jours de “plus forte pollution” de l’année ou au cours des 9 jours de “plus forte pollution” de la saison (95<sup>ème</sup> percentile, P95).

- ***L’évolution des niveaux d’indicateurs de pollution au cours de la période d’étude***

Pour terminer, deux graphes, l’un présenté dans la partie relative aux résultats et l’autre en annexe illustrent respectivement les niveaux moyens journaliers et annuels des indicateurs de pollution mesurés pendant l’étude Erpurs.

**Carte 1. Localisation des stations de mesure sélectionnées pour évaluer les niveaux de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) pendant la période 1987-2000**



NB : Stations de mesures :  
 ■ maintenues en activité tout ou long de la période d'étude (1987-2000) ;  
 □ dont l'activité a été interrompue au cours de la période d'étude.  
 Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

**Tableau 2. Stations de mesure sélectionnées pour évaluer les niveaux de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) pour chacune des périodes de collecte des données de l'étude Erpurs**

Localisation et (nom) des stations de mesure	Périodes de collecte des données		
	janvier 1987 à décembre 1996	janvier 1997 à décembre 1999	janvier 2000 à décembre 2000
Paris 12 <sup>ème</sup> (PA12)	●	●	●
Paris 13 <sup>ème</sup> (PA13)	●	●	●
Paris 4 <sup>ème</sup> (TSJ)	●	●	
Neuilly-sur-Seine (NEUIL)	●	●	●
Aubervilliers (AUB)	●	●	●
Créteil (CRE-EG)	●	●	
Ivry-sur-Seine (IVRY-P)	●	●	●
Vitry-sur-Seine (VITRY)	●	●	●

NB : La station Paris 4<sup>ème</sup> localisée à la Tour Saint-Jacques (TSJ) a été fermée avant décembre 2000.  
 Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## **Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)**

### **Localisation des stations de mesure**

La concentration ambiante de NO<sub>2</sub> a été mesurée au niveau de huit stations de mesure pendant la période 1987-2000 (carte 1).

Le tableau 2 montre que six des huit stations de mesure ont été maintenues en activité tout au long de la période d'étude.

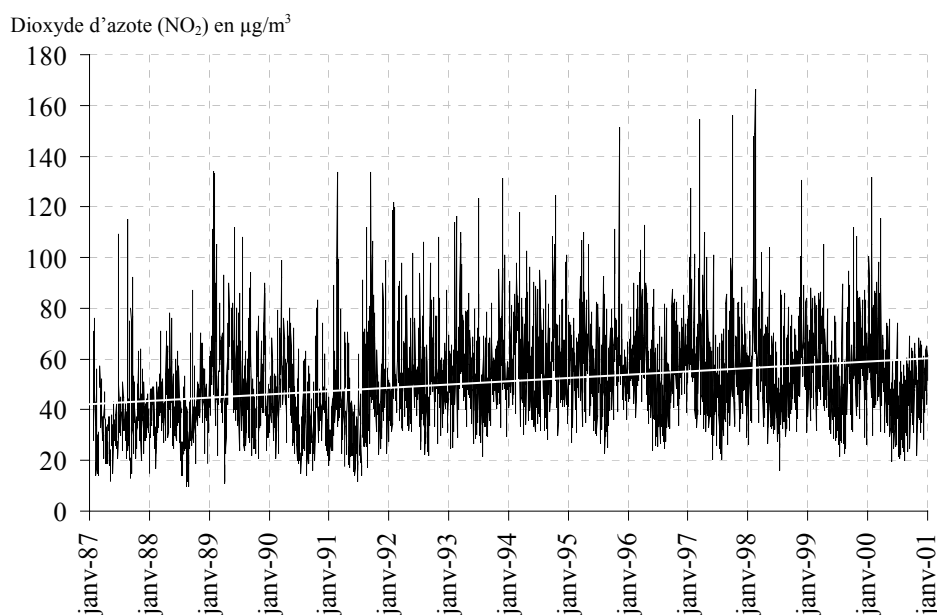
La continuité de la surveillance du NO<sub>2</sub> à Paris et en proche couronne est importante.

**Tableau 3. Niveaux de fond saisonniers et annuels de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) par période de collecte des données et pour la durée de l'étude Erpurs**

Saisons	Périodes de collecte des données			Durée entière de l'étude
	janvier 1987 à décembre 1996	janvier 1997 à décembre 1999	janvier 2000 à décembre 2000	
	50 <sup>ème</sup> percentile [5 <sup>ème</sup> et 95 <sup>ème</sup> percentiles] (moyenne journalière sur 24 heures en µg/m <sup>3</sup> )			
Hiver	50 [28-84]	61 [37-94]	55 [35-86]	53 [30-86]
Eté	45 [23-79]	48 [30-83]	46 [25-64]	46 [24-79]
Annuel	48 [25-82]	55 [33-89]	51 [27-76]	50 [26-83]
(maximum horaire journalier en µg/m <sup>3</sup> )				
Hiver	71 [43-134]	84 [59-136]	76 [53-125]	75 [46-135]
Eté	75 [39-144]	82 [47-146]	77 [41-110]	77 [40-142]
Annuel	73 [41-141]	83 [52-140]	77 [46-112]	76 [42-139]

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année ou cours des 9 jours les "moins pollués" de la saison (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année ou de la saison (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année ou au cours des 9 jours de "plus forte pollution" de la saison (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Hiver : période allant du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars ; Eté : période allant du 1<sup>er</sup> avril au 30 septembre.
- Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

**Figure 2. Niveaux moyens journaliers de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) à Paris et en proche couronne pendant la période 1987-2000, et courbe de tendance (droite de régression, en blanc)**



Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France



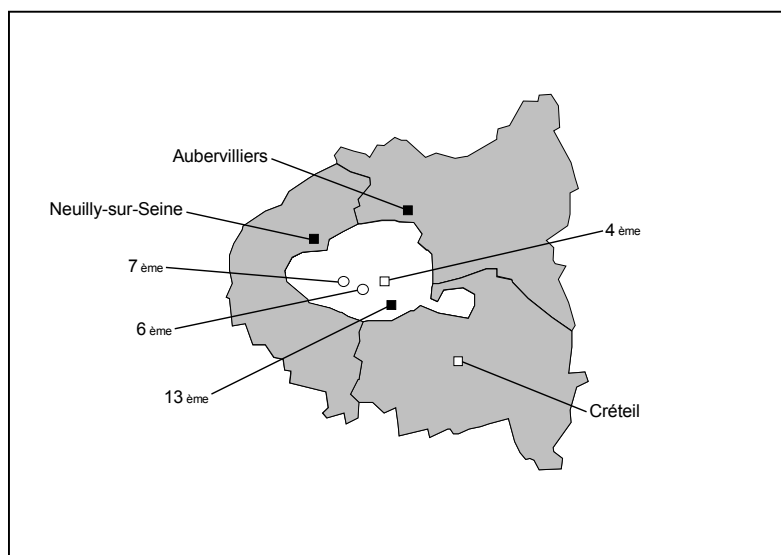
## **Evolution des niveaux de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)**

Les niveaux moyens journaliers de NO<sub>2</sub> mesurés sur 24 heures sont légèrement plus élevés en hiver qu'en été, et ce pour chacune des périodes de collecte des données. A titre d'exemple, les niveaux médians (50<sup>ème</sup> percentile) de NO<sub>2</sub> mesurés en hiver et en été au cours de la première période de collecte des données allant du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 31 décembre 1996 étaient respectivement de 50 et 45 µg/m<sup>3</sup>.

Cette tendance saisonnière n'est toutefois pas observée pour les niveaux maximum horaires journaliers (tableau 3).

La figure 2 montre que les niveaux journaliers de NO<sub>2</sub> ont progressivement augmenté entre 1987 et 2000. Cette tendance est également visible en annexe 1.

**Carte 2. Localisation des stations de mesure sélectionnées pour évaluer les niveaux d’ozone (O<sub>3</sub>) pendant la période 1987-2000**



NB : Stations de mesures :  
 ■ maintenues en activité tout ou long de la période d'étude (1987-2000) ;  
 □ dont l'activité a été interrompue au cours de la période d'étude ;  
 ○ mises en service pendant la période d'étude.

Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

**Tableau 4. Stations de mesure sélectionnées pour évaluer les niveaux d’ozone (O<sub>3</sub>) pour chacune des périodes de collecte des données de l'étude Erpurs**

Localisation et (nom) des stations de mesure	Périodes de collecte des données		
	janvier 1987 à décembre 1996	janvier 1997 à décembre 1999	janvier 2000 à décembre 2000
Paris 4 <sup>ème</sup> (TSJ)	●		
Paris 6 <sup>ème</sup> (PA06)		●	●
Paris 7 <sup>ème</sup> (PA07)		●	●
Paris 13 <sup>ème</sup> (PA13)	●	●	●
Neuilly-sur-Seine (NEUIL)	●	●	●
Aubervilliers (AUB)	●	●	●
Créteil (CRE-EG)	●	●	

NB : Le nombre de stations varie au cours de la période d'étude puisque de nouvelles stations ont été ouvertes et d'autres ont été fermées.

Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## **L'ozone (O<sub>3</sub>)**

### **Localisation des stations de mesure**

La concentration ambiante d'O<sub>3</sub> a été mesurée au niveau de sept stations de mesure pendant la période 1987-2000 (carte 2).

L'activité de trois des sept stations de mesure a été maintenue tout ou long de la période d'étude tandis que l'activité de deux stations (l'une localisée à Paris et l'autre en proche couronne) a été interrompue au cours de la période d'étude (tableau 4)

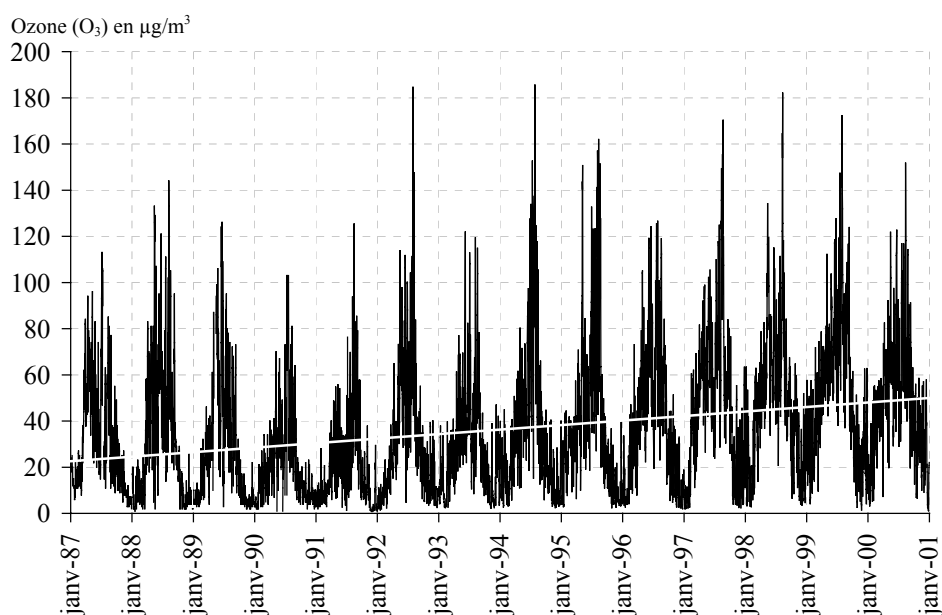
Ce tableau montre également que deux nouvelles stations ont été mises en service à Paris pendant la période d'étude.

**Tableau 5. Niveaux de fond saisonniers et annuels d’ozone (O<sub>3</sub>) par période de collecte des données et pour la durée de l’étude Erpurs**

Saisons	Périodes de collecte des données			Durée entière de l’étude
	janvier 1987 à décembre 1996	janvier 1997 à décembre 1999	janvier 2000 à décembre 2000	
	50 <sup>ème</sup> percentile [5 <sup>ème</sup> et 95 <sup>ème</sup> percentiles] (la plus élevée des moyennes mobiles calculées sur 8 heures consécutives pour une journée donnée en µg/m <sup>3</sup> )			
Hiver	11 [3-37]	26 [4-59]	31 [6-55]	14 [3-49]
Eté	42 [13-105]	65 [38-119]	64 [32-112]	51 [15-111]
Annuel	24 [3-90]	48 [6-106]	46 [9-96]	29 [4-96]
(maximum horaire journalier en µg/m <sup>3</sup> )				
Hiver	22 [4-51]	38 [5-67]	42 [9-66]	25 [4-60]
Eté	58 [24-129]	76 [47-138]	73 [41-125]	64 [26-132]
Annuel	38 [5-110]	58 [8-124]	56 [15-113]	43 [6-114]

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les “moins pollués” de l’année ou cours des 9 jours les “moins pollués” de la saison (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l’année ou de la saison (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de “plus forte pollution” de l’année ou au cours des 9 jours de “plus forte pollution” de la saison (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Hiver : période allant du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars ; Eté : période allant du 1<sup>er</sup> avril au 30 septembre.
- Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France-France

**Figure 3. Niveaux moyens journaliers d’ozone (O<sub>3</sub>) à Paris et en proche couronne pendant la période 1987-2000, et courbe de tendance (droite de régression, en blanc)**



Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## Evolution des niveaux d'ozone (O<sub>3</sub>)

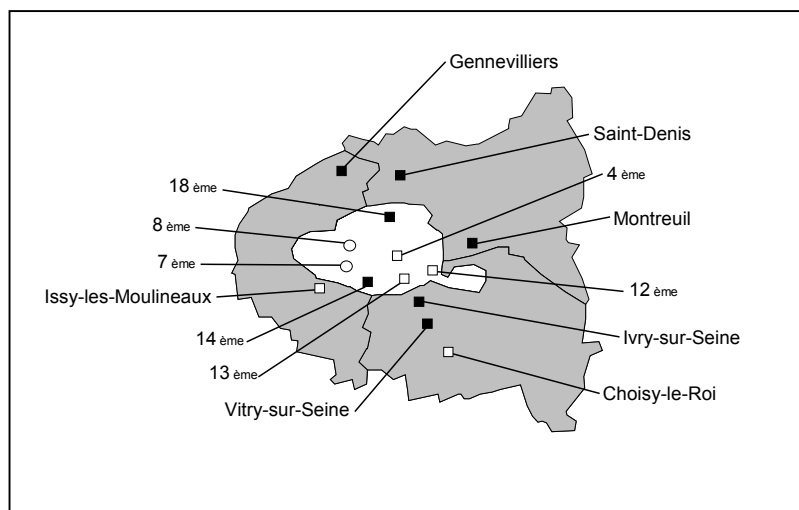
Pour l'ensemble des périodes de collecte des données, les niveaux journaliers d'O<sub>3</sub> (correspondant à la plus élevée des moyennes mobiles calculées sur huit heures consécutives) observés en été sont plus du double de ceux observés en hiver. A titre d'exemple, les niveaux médians (50<sup>ème</sup> percentiles) d'O<sub>3</sub> mesurés en hiver et en été au cours de la première période de collecte des données allant du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 31 décembre 1996 étaient respectivement de 11 et 42 µg/m<sup>3</sup> (tableau 5).

On remarque également que les niveaux journaliers d'O<sub>3</sub> mesurés sur une période de huit heures lors de la deuxième et de la troisième période de collecte des données étaient presque deux fois supérieurs à ceux de la première période. L'augmentation est toutefois plus marquée avec les niveaux mesurés en hiver.

Des tendances similaires sont également observées avec les niveaux mesurés sur une heure.

La figure 3 et l'annexe 1 qui présentent respectivement les variations journalières et annuelles montrent également cette forte tendance à l'augmentation.

**Carte 3. Localisation des stations de mesure sélectionnées pour évaluer les niveaux de l'indice de fumées noires (FN) pendant la période 1987-2000**



NB : Stations de mesures :

■ maintenues en activité tout ou long de la période d'étude (1987-2000) ;

□ dont l'activité a été interrompue au cours de la période d'étude ;

○ mises en service pendant la période d'étude.

Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

**Tableau 6. Stations de mesure sélectionnées pour évaluer les niveaux de l'indice de fumées noires (FN) pour chacune des périodes de collecte des données de l'étude Erpurs**

Localisation et (nom) des stations de mesure	Périodes de collecte des données		
	janvier 1987 à décembre 1996	janvier 1997 à décembre 1999	janvier 2000 à décembre 2000
Paris 4 <sup>ème</sup> (TSJ)	●	●	
Paris 7 <sup>ème</sup> (PA07)		●	●
Paris 8 <sup>ème</sup> (PA08)		●	●
Paris 12 <sup>ème</sup> (PA12)	●		
Paris 13 <sup>ème</sup> (PA13)	●		
Paris 14 <sup>ème</sup> (PA14)	●	●	●
Paris 18 <sup>ème</sup> (PA18)	●	●	●
Gennevilliers (GEN)	●	●	●
Issy-les-Moulineaux (ISSY)	●		
Saint-Denis (STDEN)	●	●	●
Montreuil (MONTR)	●	●	●
Choisy-le-Roi (CHOIS)	●		
Ivry-sur-Seine (IVRY-P)	●	●	●
Vitry-sur-Seine (VITRY)	●	●	●

NB : Le nombre de stations varie au cours de la période d'étude puisque de nouvelles stations ont été ouvertes et d'autres ont été fermées.

Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## **L'indice de fumées noires (FN)**

### **Localisation des stations de mesure**

L'indice de fumées noires (FN) a été mesuré au niveau de quatorze stations de mesure pendant la période 1987-2000 (carte 3).

L'activité de sept des quatorze stations de mesure a été maintenue tout au long de la période d'étude tandis que l'activité de cinq stations (dont trois localisées à Paris et deux en proche couronne) a été interrompue au cours de la période d'étude (tableau 6).

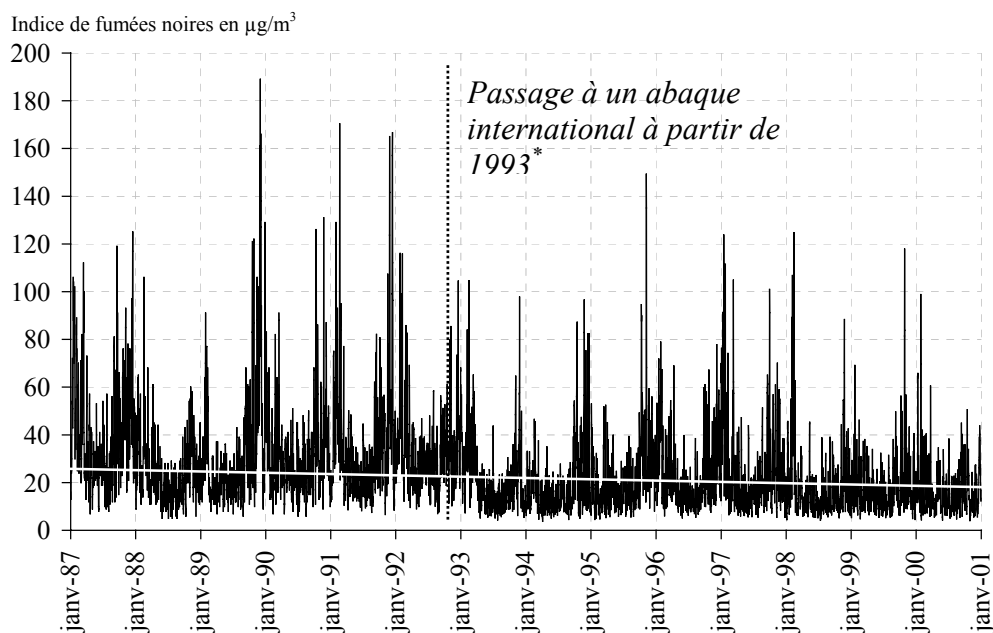
Deux nouvelles stations ont été mises en service pendant la période d'étude.

**Tableau 7. Niveaux de fond saisonniers et annuels de particules fines en suspension (indice de fumées noires : FN) par période de collecte des données et pour la durée de l'étude Erpurs**

Saisons	Périodes de collecte des données			Durée entière de l'étude
	janvier 1987 à décembre 1996	janvier 1997 à décembre 1999	janvier 2000 à décembre 2000	
	50 <sup>ème</sup> percentile [5 <sup>ème</sup> et 95 <sup>ème</sup> percentiles] (moyenne 24 heures en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
Hiver	29 [9-81]	18 [7-64]	14 [6-40]	25 [8-76]
Eté	19 [8-43]	13 [7-35]	13 [6-30]	17 [7-41]
Annuel	23 [8-66]	15 [7-55]	13 [6-36]	20 [8-61]

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année au cours des 9 jours les "moins pollués" de la saison (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année ou de la saison (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année ou au cours des 9 jours de "plus forte pollution" de la saison (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Hiver : période allant du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars ; Eté : période allant du 1<sup>er</sup> avril au 30 septembre.
- Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

**Figure 4. Niveaux moyens journaliers de l'indice de fumées noires (FN) à Paris et en proche couronne pendant la période 1987-2000, et courbe de tendance (droite de régression pour les valeurs à partir de 1993, en blanc)**



\* Les niveaux d'avant 1993 ont été pondérés puisque les unités françaises étaient de 25% plus élevées par rapport aux unités internationales.

Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France



## **Evolution des niveaux d'indice de fumées noires (FN)**

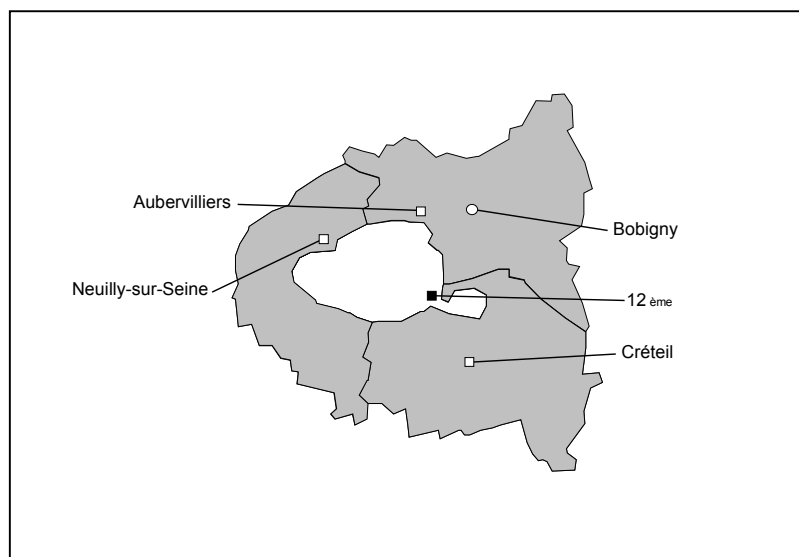
Les niveaux journaliers de l'indice de fumées noires (FN) sont plus élevés en hiver qu'en été, et ce pour chacune des trois périodes de collecte des données (tableau 7). A titre d'exemple, les niveaux médians (50<sup>ème</sup> percentiles) de FN mesurés en hiver et en été au cours de la première période de collecte des données allant du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 1996 étaient respectivement de 29 et 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette saisonnalité s'explique principalement par la saisonnalité des émissions.

En effet, les principales sources de pollution particulaire sont liées à l'activité industrielle et au chauffage.

On remarque également que les niveaux journaliers de FN ont diminué de moitié entre la première et la troisième période de collecte des données, et ce autant en hiver qu'en été. Cette tendance à la baisse au cours du temps est visible sur la figure 4 qui présente les variations journalières, et de façon plus claire sur l'annexe 1 qui présente les variations inter annuelles.

Les niveaux de FN antérieurs à 1993 prenaient en compte une courbe de référence parisienne utilisée depuis 1954. A partir de 1993, et conformément aux recommandations du ministère chargé de l'environnement, les mesures de FN ont pris comme référence une courbe européenne. L'utilisation de cette dernière conduit à des indices de FN plus faibles d'environ 25%. Les niveaux antérieurs à 1993 ont donc été pondérés pour les rendre comparables aux unités internationales. Quoi qu'il en soit, ce changement de courbe de référence (passage à un abaque international) ne peut être à l'origine de la forte diminution observée au cours des années puisque cette diminution se poursuit après 1993 (voir courbe de tendance sur la figure 4).

**Carte 4. Localisation des stations de mesure sélectionnées pour évaluer les niveaux de PM<sub>13</sub> et de PM<sub>10</sub> pendant la période 1987-2000**



NB : Stations de mesures :  
 ■ PM<sub>13</sub> en début d'étude et PM<sub>10</sub> en fin d'étude ;  
 □ dont l'activité a été interrompue au cours de la période d'étude ;  
 ○ mises en service pendant la période d'étude.  
 Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

**Tableau 8. Stations de mesure sélectionnées pour évaluer les niveaux de PM<sub>13</sub> et de PM<sub>10</sub> pour chacune des périodes de collecte des données de l'étude Erpurs**

Localisation et (nom) des stations de mesure	Périodes de collecte des données		
	janvier 1987 à décembre 1996	janvier 1997 à décembre 1999	janvier 2000 à décembre 2000
	Mesures effectuées		
	PM <sub>13</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>
Paris 12 <sup>ème</sup> (PA12)	●	●	●
Neully-sur-Seine (NEUIL)	●		
Aubervilliers (AUB)	●		
Créteil (CRE-EG)	●		
Bobigny (BOB)		●	●

NB : Le nombre de stations varie au cours de la période d'étude puisque de nouvelles stations ont été ouvertes et d'autres ont été fermées.

Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## Les $PM_{13}$ et les $PM_{10}$

### Localisation des stations de mesure

Les informations recueillies au cours de la première période (du 1 janvier 1987 au 31 décembre 1996) de collecte des données concernent les particules ayant un diamètre aérodynamique inférieur ou égal à  $13 \mu m$  ( $PM_{13}$ ) tandis que celles recueillies au cours des deux autres périodes (du 1 janvier 1997 au 31 décembre 2000) concernent les particules ayant un diamètre aérodynamique inférieur ou égal à  $10 \mu m$  ( $PM_{10}$ ).

Les niveaux de  $PM_{13}$  et de  $PM_{10}$  ont été mesurés au niveau de cinq stations de mesure pendant la période 1987-2000 (carte 4).

L'activité des deux stations de mesure  $PM_{10}$  n'a pas été interrompue au cours des deux dernières périodes de collecte des données. On note aussi que la localisation de la station Paris 12<sup>ème</sup> correspond au seul emplacement où une station  $PM_{10}$  a été substituée à une station  $PM_{13}$  (tableau 8).

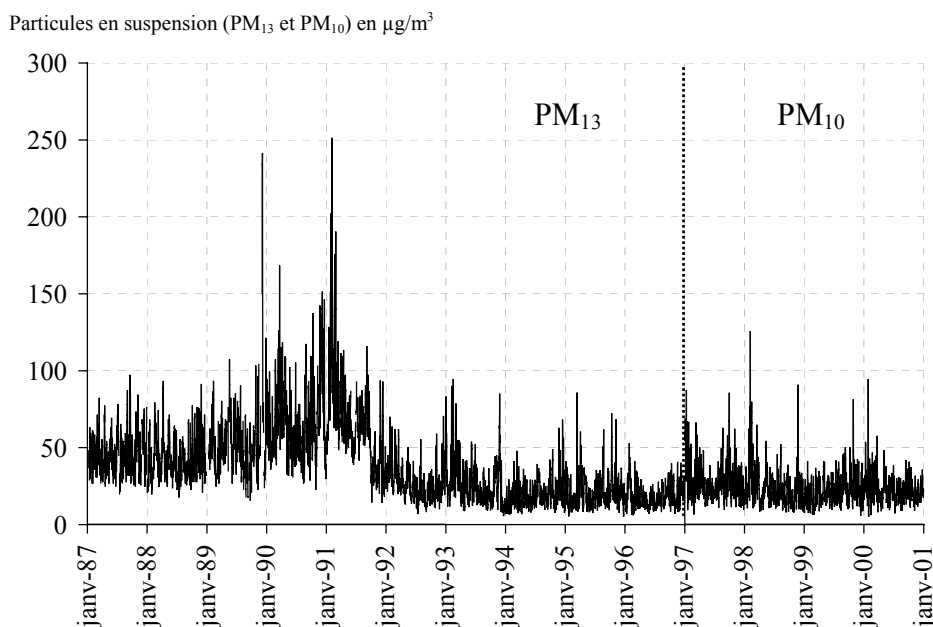
La seconde station de mesure pour les  $PM_{10}$  a été mise en service à Bobigny.

**Tableau 9. Niveaux de fond saisonniers et annuels de PM<sub>13</sub> et de PM<sub>10</sub> par période de collecte des données de l'étude Erpurs**

Saisons	Périodes de collecte des données			
	janvier 1987 à décembre 1996	janvier 1997 à décembre 1999	janvier 2000 à décembre 2000	janvier 1997 à décembre 2000
	Mesures effectuées			
	PM <sub>13</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>
	<b>50<sup>ème</sup> percentile [5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles]</b> (moyenne 24 heures en µg/m <sup>3</sup> )			
Hiver	33 [11-91]	22 [10-55]	22 [12 -42]	22 [11-52]
Été	31 [12-78]	22 [12-43]	20 [12 -33]	21 [12-41]
Annuel	32 [11-84]	22 [11-49]	21 [12-39]	22 [11-46]

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année au cours des 9 jours les "moins pollués" de la saison (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année ou de la saison (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année ou au cours des 9 jours de "plus forte pollution" de la saison (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Hiver : période allant du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars ; Été : période allant du 1<sup>er</sup> avril au 30 septembre.
- Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

**Figure 5. Niveaux moyens journaliers de PM<sub>13</sub> et de PM<sub>10</sub> à Paris et en proche couronne pendant la période 1987-2000**



NB : niveaux de PM<sub>13</sub> mesurés de 1987 à 1997 et de PM<sub>10</sub> à partir de 1997. En raison des fluctuations importantes des niveaux de particules en suspension au cours de la période d'étude, les courbes de tendance ne sont pas représentées.

Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## **Evolution des niveaux de PM<sub>13</sub> et de PM<sub>10</sub>**

Le tableau 9 montre que les niveaux de PM<sub>13</sub> médians (50<sup>ème</sup> percentile) journaliers mesurés en été sont semblables à ceux mesurés en hiver.

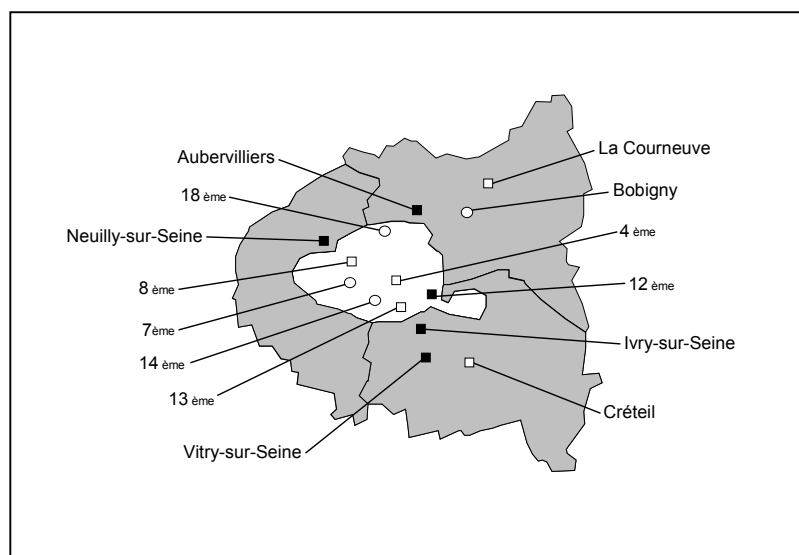
Les niveaux de PM<sub>13</sub> ont fluctué de façon importante au cours des dix années de surveillance de cet indicateur (figure 5). En effet, les niveaux journaliers mesurés à la fin de la première période de collecte des données sont inférieurs à ceux du début de la série. Par contre, les niveaux les plus importants ont été observés au cours des années 1990 et 1991.

Des résultats similaires sont observés à l'annexe 1, qui montre une variation annuelle des niveaux de PM<sub>13</sub>.

Comme on peut le voir dans le tableau 9, les niveaux médians journaliers de PM<sub>10</sub> mesurés en été sont semblables à ceux mesurés en hiver.

Comme le montrent la figure 5 et l'annexe 1, les niveaux de PM<sub>10</sub> ont peu varié au cours des quatre années de collecte d'information.

**Carte 5. Localisation des stations de mesure sélectionnées pour évaluer les niveaux de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) pendant la période 1987-2000**



NB : Stations de mesures :  
 ■ maintenues en activité tout ou long de la période d'étude (1987-2000) ;  
 □ dont l'activité a été interrompue au cours de la période d'étude ;  
 ○ mises en service pendant la période d'étude.  
 Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

**Tableau 10. Stations de mesure sélectionnées pour évaluer les niveaux de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) pour chacune des périodes de collecte de l'étude Erpurs**

Localisation et (nom) des stations de mesure	Périodes de collecte des données		
	janvier 1987 à décembre 1996	janvier 1997 à décembre 1999	janvier 2000 à décembre 2000
Paris 4 <sup>ème</sup> (TSJ)	●		
Paris 7 <sup>ème</sup> (PA07)		●	●
Paris 8 <sup>ème</sup> (PA08)		●	
Paris 12 <sup>ème</sup> (PA12)	●	●	●
Paris 13 <sup>ème</sup> (PA13)	●		
Paris 14 <sup>ème</sup> (PA14)		●	●
Paris 18 <sup>ème</sup> (PA18)		●	●
Neuilly-sur-Seine (NEUIL)	●	●	●
Aubervilliers (AUB)	●	●	●
La Courneuve (COUR)	●		
Bobigny (BOB)		●	●
Créteil (CRE-EG)	●	●	
Ivry-sur-Seine (IVRY-P)	●	●	●
Vitry-sur-Seine (VITRY)	●	●	●

NB : Le nombre de stations varie au cours de la période d'étude puisque des stations ont été ouvertes et d'autres fermées.  
 Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## **Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)**

### **Localisation des stations de mesure**

La concentration ambiante de SO<sub>2</sub> a été mesurée au niveau de quatorze stations de mesure pendant la période 1987-2000 (carte 5).

L'activité de cinq des quatorze stations a été maintenue tout au long de la période d'étude tandis que celle de cinq stations (trois localisées à Paris et deux en proche couronne) a été interrompue au cours de la période d'étude (tableau 10) en raison d'une baisse importante des niveaux de SO<sub>2</sub> observée depuis les années 1950 (diminution illustrée figure 7, page 48).

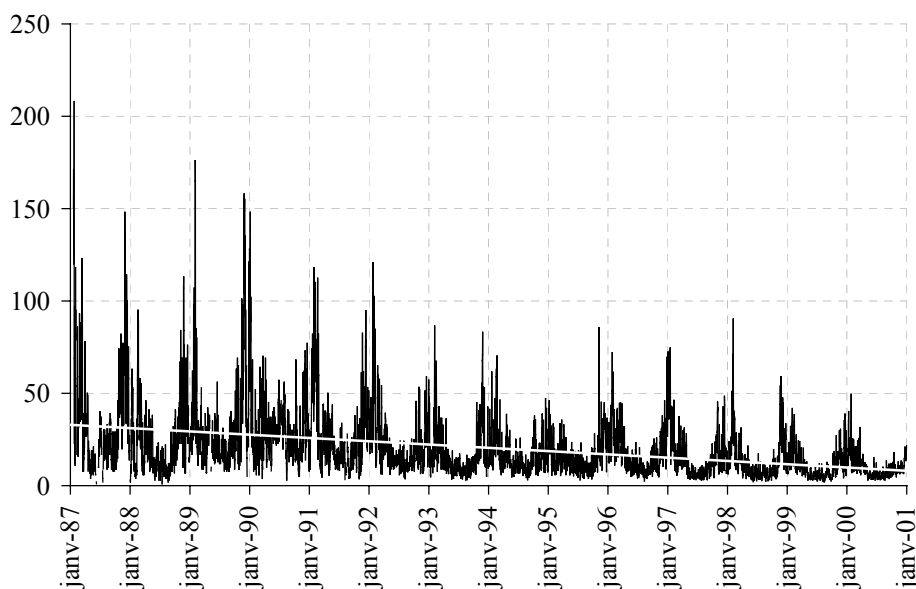
Trois nouvelles stations ont été mises en service pendant la période d'étude. Ces modifications apportées au réseau de surveillance ont été effectuées pour mieux évaluer l'exposition des citoyens tout en préservant la continuité de la surveillance des niveaux de pollution en région parisienne.

**Tableau 11. Niveaux de fond saisonniers et annuels de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) par période de collecte des données et pour la durée de l'étude Erpurs**

Saisons	Périodes de collecte des données			Durée entière de l'étude
	janvier 1987 à décembre 1996	janvier 1997 à décembre 1999	janvier 2000 à décembre 2000	
	50 <sup>ème</sup> percentile [5 <sup>ème</sup> et 95 <sup>ème</sup> percentiles]			
	(moyenne 24 heures en µg/m <sup>3</sup> )			
Hiver	24 [8-79]	16 [6-44]	11 [7-25]	20 [7-71]
Été	14 [6-36]	6 [3-15]	6 [3-12]	11 [4-33]
Annuel	18 [6-61]	10 [4-35]	8 [4-22]	15 [5-54]

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année au cours des 9 jours les "moins pollués" de la saison (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année ou de la saison (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année ou au cours des 9 jours de "plus forte pollution" de la saison (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Hiver : période allant du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars ; Été : période allant du 1<sup>er</sup> avril au 30 septembre.
- Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

**Figure 6. Niveaux moyens journaliers de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) à Paris et en proche couronne pendant la période 1987-2000**



Sources : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France



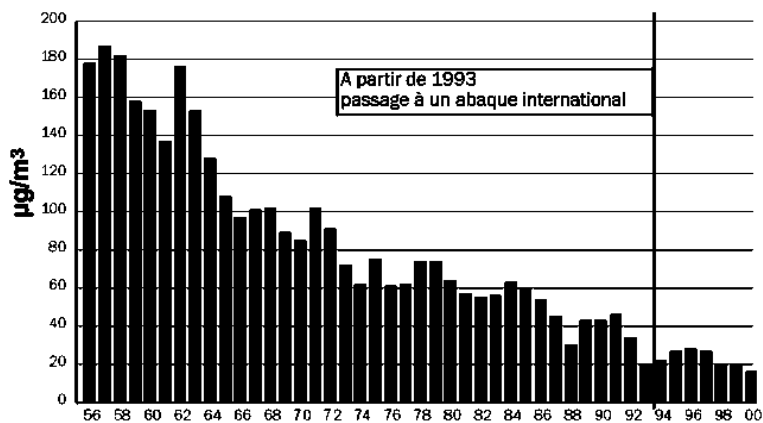
## **Evolution des niveaux de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)**

Le tableau 11 montre que les niveaux journaliers de SO<sub>2</sub> sont environ deux fois plus élevés en hiver qu'en été pour chacune des périodes de collecte des données. A titre d'exemple, les niveaux médians de SO<sub>2</sub> mesurés en hiver et en été au cours de la première période de collecte des données allant du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 1996 étaient respectivement de 24 et 14 µg/m<sup>3</sup>. Cette variabilité s'explique principalement par la saisonnalité des émissions (activité industrielle et chauffage).

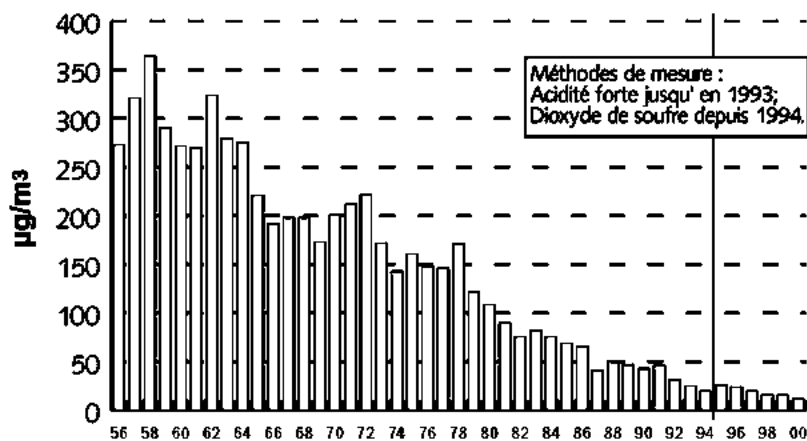
On remarque également que les niveaux journaliers de SO<sub>2</sub> ont diminué de plus de moitié entre la première et la troisième période de collecte des données, autant en hiver qu'en été. Cette tendance à la baisse au cours du temps s'observe également sur la figure 6 qui présente les variations journalières. Cette tendance est aussi notée à l'annexe 1 qui montre les variations annuelles des niveaux journaliers de SO<sub>2</sub>.

Figure 7. Evolution de la pollution particulaire (représentée par l'indice de fumées noires) et soufrée (hivernale) pour la période 1956-2000.

Evolution de la pollution particulaire hivernale à Paris intra-muros



Evolution de la pollution soufrée hivernale à Paris intra-muros



Source : AIRPARIF (<http://www.airparif.asso.fr/polluants/default.htm>)

## **L'évolution de la pollution atmosphérique en agglomération parisienne**

### **Le SO<sub>2</sub> et l'indice de fumées noires depuis les années 1950**

La pollution particulaire et soufrée, due pour l'essentiel à des sources fixes résidentielles et industrielles, a considérablement diminué depuis les années 1950 (figure 7). Ainsi, les niveaux moyens hivernaux de FN et de SO<sub>2</sub> ont été respectivement divisés par 4 et par 6 au cours de la période 1954-2000. Cette diminution résulte de plusieurs facteurs conjugués tels que la mise en place de réglementations particulières (Zones de Protection Spéciale), la modification de l'activité économique locale, l'utilisation croissante du gaz naturel et le développement du programme nucléaire de production d'électricité. Les niveaux de ces polluants semblent actuellement se stabiliser.

Par contre, bien que l'indice de fumées noires ait fortement diminué ces dernières années, les particules fines en suspension restent un problème d'actualité. En effet, la nature de ces particules a changé avec le développement du parc automobile de type diesel qui émet des particules très fines pouvant pénétrer dans le système respiratoire jusqu'aux alvéoles terminales. La proportion de ces particules fines qui atteint les alvéoles est plus importante chez les jeunes enfants car leur arbre respiratoire est moins ramifié que celui des adultes (Zmirou et al. 2000).

### **Les oxydes d'azote et la pollution photo-oxydante depuis les années 1980**

En revanche, pour les pollutions d'origine automobile, on observe, à l'exception du plomb, une situation nettement moins favorable avec un accroissement des émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et de particules fines en suspension.

La pollution "secondaire" photo-oxydante issue de l'effet des rayonnements solaires sur les polluants précurseurs (NO<sub>2</sub>, CO et composés organiques volatils) qui amène à la formation de produits réactifs (ozone, aldéhydes, acide nitrique) demeure actuellement une préoccupation.

Les oxydes d'azote et l'ozone ne sont mesurés que depuis le début des années 1980 en région parisienne.



## 2. Les principaux cofacteurs (facteurs de confusion potentiels)

**Les principaux cofacteurs (facteurs de confusion potentiels) et leur évolution apparaissent sur la figure dans l'ordre suivant :**

- température minimale journalière,
- température maximale journalière,
- humidité relative minimale journalière,
- comptes polliniques journaliers,
- nombre journalier de visites à domicile pour syndrome grippal (SOS médecins),
- périodes de grippe A et B identifiées par le GROG

### **Généralités sur les cofacteurs étudiés**

L'étude de la relation entre la pollution atmosphérique et la santé est complexe. De nombreux facteurs agissent à la fois sur les niveaux de pollution et sur la santé et peuvent modifier leurs associations. Le niveau de pollution est, par exemple, très lié aux conditions météorologiques.

Les facteurs de confusion n'ont pas que cette seule origine : d'autres causes, telles que les épidémies de maladies respiratoires ou les périodes de pollinisation peuvent aussi intervenir.

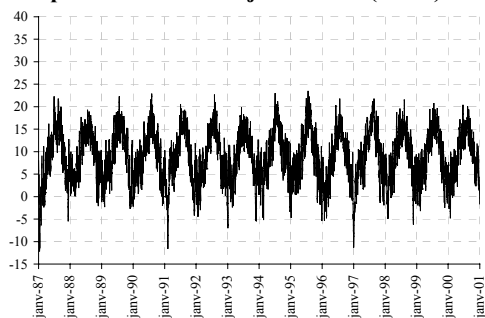
L'analyse statistique utilisée pour l'étude Erpurs permet de prendre en compte les principaux facteurs qui interfèrent dans l'étude de la relation entre un indicateur de pollution et un indicateur de santé.

Ainsi, les effets confondants de ces variables sur la relation pollution-santé sont pris en compte dans l'analyse statistique.

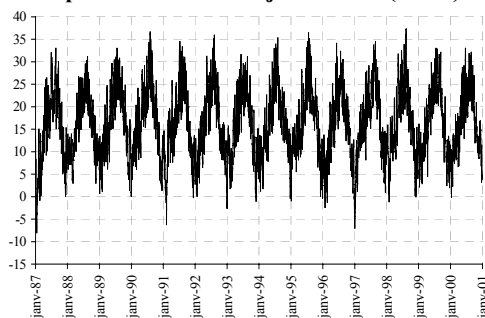
D'autres facteurs de risque tels que la consommation de tabac, les caractéristiques socio-démographiques n'ont pas d'influence dans une analyse de type écologique comme celle-ci puisqu'ils ne sont pas liés aux variations journalières des niveaux de pollution.

Figure 8. Principaux cofacteurs pris en compte dans le modèle statistique

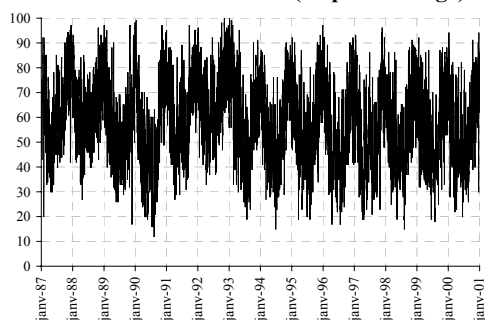
Température minimale journalière (en °C)



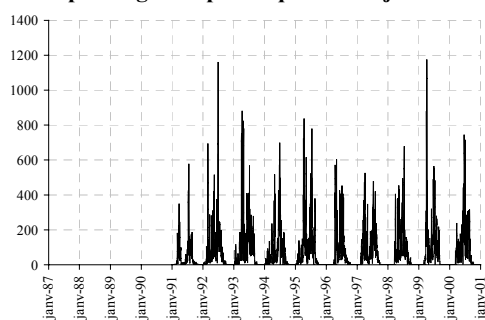
Température maximale journalière (en °C)



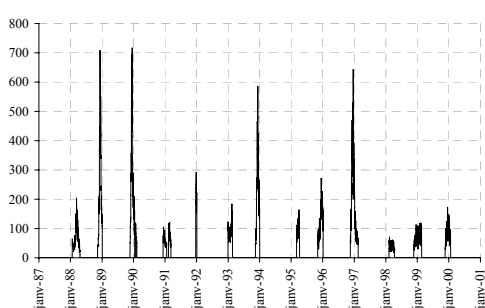
Humidité relative minimale (en pourcentage)



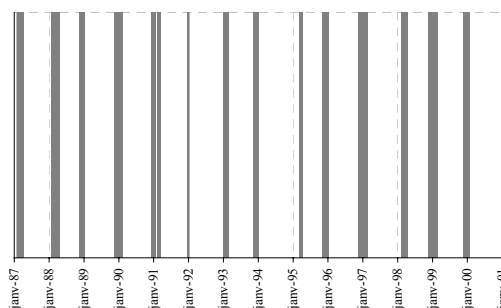
Compte de grains polliniques / m<sup>3</sup> / jour



Nombre de visites à domicile pour syndrome grippal (SOS médecins Paris)



Périodes de grippe A et B (identifiées par le GROG)



Sources :

Température : Météo-France ;

Cas de grippe : Groupes régionaux d'observation de la grippe (GROG) et SOS-Médecins Paris ;

Compte pollinique : Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA)

Exploitation : ORS Ile-de-France

## **La météorologie**

L'humidité relative minimale en pourcentage ainsi que les températures minimales et maximales en degrés Celsius sont obtenues auprès de Météo-France pour la période 1987 à 2000 (figure 8).

## **Les épidémies de grippe**

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

- des isollements des souches virales de grippe A et B effectués par le système de surveillance de la grippe GROG (Groupes régionaux d'observation de la grippe) en Ile-de-France, pour la période de janvier 1987 à janvier 2001. Les semaines épidémiques de grippe sont celles pendant lesquelles ont été observés simultanément plus de deux isollements de virus grippaux identiques dans deux foyers différents. Ces données permettent de définir les périodes de grippe (voir figure 8) ;
- pour chacune de ces périodes, les données correspondant à l'augmentation de l'activité sanitaire (visites médicales à domicile de SOS-Médecins Paris pour syndrome grippal) permettent de quantifier l'intensité de l'épidémie. Les données transmises par SOS-médecins correspondent au nombre journalier de visites à domicile pour lesquelles un diagnostic de syndrome grippal ou de grippe a été établi (voir figure 8).

## **Les niveaux de pollens**

Les informations concernant les périodes de pollinisation sont collectées par le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA). Il s'agit d'un compte journalier, exprimé en grains/m<sup>3</sup>/jour, des principaux pollens allergisants (Corylus, Alnus, Salix, Corpinus, Betula, Fraxinus, Quercus, Poacées, Plantagi, Urticacées, Castanea) (figure 8).

Les effets de ces cofacteurs sont pris en compte dans la modélisation statistique de façon à les éliminer lors de l'étude des liens entre pollution et santé.





### III. Données sanitaires

*Ce troisième chapitre est consacré aux données sanitaires (mortalité et morbidité) prises en compte dans l'analyse des liens avec la pollution atmosphérique.*

*Dans la première partie sont présentées les informations relatives aux indicateurs de mortalité tandis que la seconde partie est consacrée aux indicateurs de morbidité.*

**Tableau 12. Causes de mortalité codées selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9)**

Causes de mortalité	Codes CIM-9
Mortalité pour causes non-accidentelles <i>Hors traumatismes et empoisonnements et les causes extérieures de traumatismes et d'empoisonnements.</i>	1-799
Mortalité pour causes respiratoires <i>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.</i>	460-519
Mortalité pour causes cardio-vasculaires <i>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.</i>	390-459

# 1. Les indicateurs de mortalité

Les données de mortalité ont été obtenues auprès du centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDC) de l'INSERM. La population couverte par les indicateurs de mortalité comprend les personnes domiciliées à Paris et dans la proche couronne. 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 domicile du défunt et les causes principales et immédiates du décès. Ensuite, le codage des causes de décès est réalisé d'après la Classification Internationale des Maladies 9<sup>ième</sup> révision (CIM-9), sous contrôle médical et de façon centralisée pour assurer l'homogénéité du traitement statistique (voir le tableau 12 pour des précisions concernant les causes de mortalité et les codes CIM-9 correspondants).

Ce recueil mis à jour permet de disposer de séries temporelles (indicateurs de mortalité) couvrant une période de douze ans allant du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 31 décembre 1998.

Les données retenues pour l'analyse sont celles concernant les causes principales de décès d'individus domiciliés (lieu de résidence de la personne décédée) à Paris ou en proche couronne.

## **Les indicateurs de mortalité sont présentés dans l'ordre suivant :**

- Un indicateur de la mortalité toutes causes non accidentelles (tous âges) ;
- Un indicateur de la mortalité pour causes respiratoires (tous âges) ;
- Un indicateur de la mortalité pour causes cardiovasculaires (tous âges).

## **Une description des indicateurs de mortalité est ensuite donnée :**

- La moyenne et les statistiques descriptives du nombre de décès par jour à Paris et en proche couronne sur l'ensemble de la période d'étude (1987-1998) sont présentées dans un tableau ;
- Le nombre de décès par jour à Paris et en proche couronne au cours de la période d'étude est représenté sous forme graphique pour chaque cause de décès étudiée ;
- Par ailleurs, un graphique en annexe présente sur une base annuelle, le nombre médian de décès quotidiens et les 10<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> percentiles.

**Tableau 13. Nombre quotidien de décès observés à Paris et en proche couronne pendant la période 1987-1998**

<b>Décès pour causes non accidentelles Code CIM-9 : ≥800</b>	<b>Tous âges</b>
moyenne	124
médiane (50 <sup>ème</sup> percentile)	123
minimum	78
maximum	214
<b>Décès pour causes respiratoires Code CIM-9 : 460-519</b>	<b>Tous âges</b>
moyenne	9
médiane (50 <sup>ème</sup> percentile)	8
minimum	0
maximum	34
<b>Décès pour causes cardio-vasculaires Code CIM-9 : 390-459</b>	<b>Tous âges</b>
moyenne	39
médiane (50 <sup>ème</sup> percentile)	38
minimum	12
maximum	74

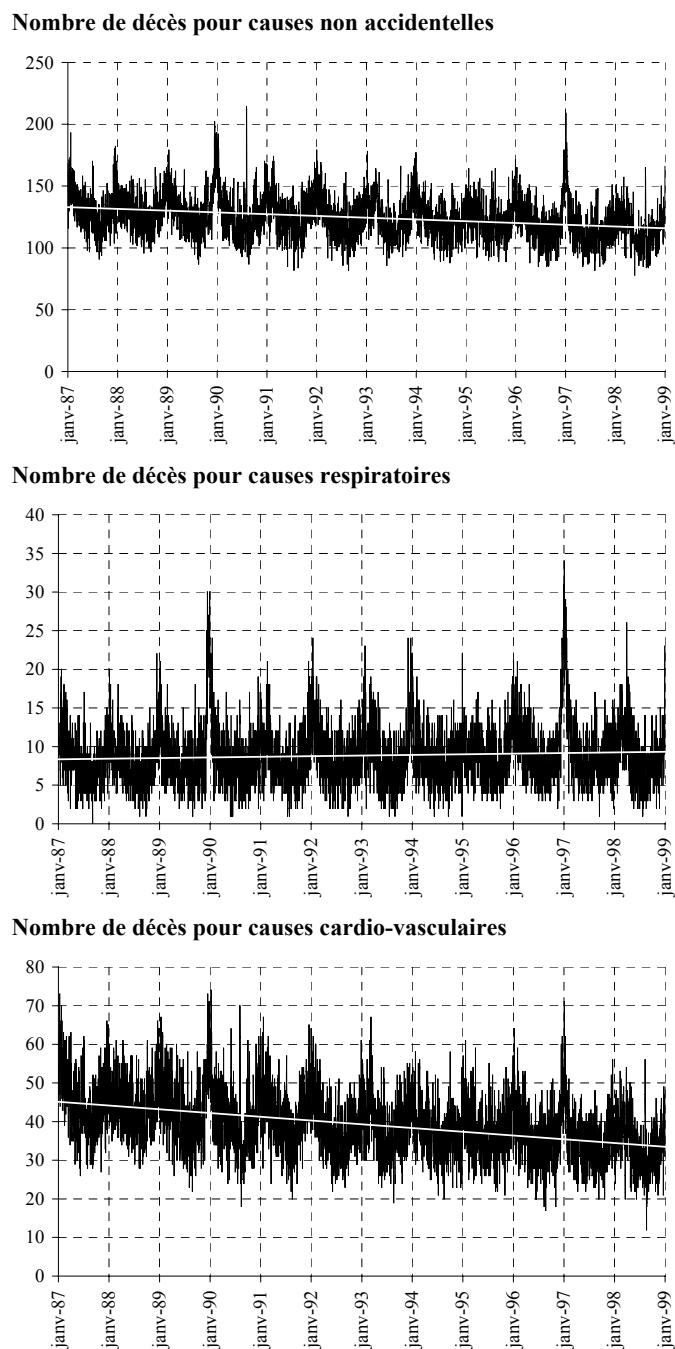
Source : Service des causes médicales de décès de l'Inserm  
Exploitation : ORS Ile-de-France

## **Le nombre de décès par jour à Paris et en proche couronne entre 1987 et 1998**

Le nombre moyen de décès quotidiens pour causes non accidentelles enregistré pendant la période d'étude 1987-1998 est de 124 avec un maximum pouvant atteindre 214 décès quotidiens (tableau 13).

Sur la même période, le nombre moyen de décès pour causes respiratoires par jour est de 9 avec un maximum de 34 décès et la mortalité cardio-vasculaire représente un nombre important de décès : en moyenne 39 décès par jour, pouvant atteindre jusqu'à 74 décès quotidiens.

Figure 9. Compte journalier des décès par causes pendant la période 1987-1998, et courbe de tendance (droite de régression, en blanc)



Source : Service des causes médicales de décès de l'Inserm      Exploitation : ORS Ile-de-France  
NB: Les échelles des figures sont différentes pour chaque variable sanitaire.

## **L'évolution du nombre de décès par jour à Paris et en proche couronne entre 1987 et 1998**

On observe, pour chacune de ces trois séries, une importante saisonnalité avec des valeurs élevées correspondant aux périodes hivernales. Ces trois séries de comptes journaliers de décès suggèrent des tendances de diminution et d'augmentation au cours de la période d'étude, comme le montrent les courbes de tendance (figure 9).

Au cours de la période d'étude, la mortalité pour toutes causes non accidentelles diminue légèrement. Alors que la mortalité pour causes cardio-vasculaires diminue nettement, la mortalité pour causes respiratoires augmente très faiblement.

Ces tendances sont également confirmées par les figures présentées en annexe 2.

**Tableau 14. Causes d'hospitalisation et codes de la Classification Internationale des Maladies (CIM-9 et CIM-10) correspondants**

Causes d'hospitalisation	Périodes d'étude et codes CIM	
	Période Otarie codes CIM-9 1 janvier 1987 au 30 septembre 1996	Période PMSI codes CIM-10 1 juillet 1997 au 1 octobre 2000
Maladies de l'appareil respiratoire  <i>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.</i>	460-519	J00-J99
Asthme	493	J45 et J46
Broncho-pneumopathies chroniques obstructives : BPCO  <i>Bronchites, emphysème, bronchectasie, alvéolite allergique, autres obstructions chroniques des voies respiratoires.</i>	490-492 et 494-496	Information non disponible
Maladies de l'appareil circulatoire  <i>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.</i>	390-459	I00-I99
Cardiopathies ischémiques  <i>Infarctus du myocarde, angine de poitrine, autres formes de cardiopathies ischémiques.</i>	410-414	I20-I25

Périodes d'étude :

- Otarie : Admissions hospitalières recueillies par le système Otarie (Organisation du Traitement Automatisé des Renseignements Intéressant l'Epidémiologie) et diagnostics codés selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification Internationale des Maladies (CIM-9).
- PMSI : Admissions hospitalières recueillies par le système PMSI (Programme de Médicalisation des Système d'Information) et diagnostics codés selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification Internationale des Maladies (CIM-10).

Quant aux admissions hospitalières survenues pendant la période de transition entre les deux systèmes de recueil des informations, soit du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 juin 1997, elles n'ont pas été considérées dans les analyses du présent rapport et dans les diverses figures.



## 2. Les indicateurs de morbidité

Les données concernant les hospitalisations ont été fournies par la Délégation à l'Information Médicale et à l'Epidémiologie de l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris. Les hospitalisations retenues pour cette étude sont issues des 27 hôpitaux de court séjour situés dans la zone géographique d'étude, c'est-à-dire Paris et la proche couronne.

Chaque séjour hospitalier donne lieu à l'enregistrement d'informations anonymes comprenant notamment le diagnostic principal.

Afin de rester cohérent avec l'état des connaissances scientifiques actuelles dans le domaine des relations entre la pollution atmosphérique et les admissions hospitalières, seules les affections cardio-vasculaires et respiratoires sont étudiées ici (Brunekreef et al. 1995).

Les indicateurs de morbidité sont présentés sous forme de décomptes journaliers d'admissions hospitalières (tableau 13).

En raison d'un changement dans la méthode de recueil des données d'hospitalisation, la période d'étude 1987-2000 est scindée en deux périodes distinctes :

- une première période allant du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996 est caractérisée par l'utilisation d'un système de recueil des diagnostics d'hospitalisation appelé Otarie (Organisation du Traitement Automatisé des Renseignements Intéressant l'Epidémiologie).

Le codage du diagnostic de "l'affection principale" ayant entraîné le plus d'investigations, de jours d'hospitalisations ou qui a motivé une intervention chirurgicale (Manuel du Codage Otarie 1988) est réalisé selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification Internationale des Maladies, CIM-9 (OMS 1977). Le système Otarie permet le regroupement des séjours hospitaliers dans les établissements de l'AP-HP d'après ces codes.

- Une deuxième période allant du 1<sup>er</sup> juillet 1997 au 1<sup>er</sup> octobre 2000 est caractérisée par l'utilisation d'un système de recueil des diagnostics d'hospitalisation appelé PMSI (Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information). Ce système de recueil est maintenant généralisé à l'ensemble des établissements d'hospitalisation en France. Le diagnostic principal, défini comme "le motif de prise en charge qui a mobilisé l'essentiel de l'effort médical et soignant au cours du séjour" est codé selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification Internationale des Maladies ; CIM-10 (OMS 1993). L'objectif du PMSI est avant tout l'analyse médico-économique de l'activité hospitalière et non véritablement la surveillance épidémiologique. L'enregistrement de cette activité a pour finalité la classification des séjours en groupes homogènes de malades, selon une logique économique, comme le montre la définition du diagnostic principal. Pour cette raison, les perspectives d'utilisation des données du PMSI à des fins épidémiologiques demandent à être validées.
- Quant aux admissions hospitalières survenues pendant la période de transition entre les deux systèmes de recueil des informations, soit du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 juin 1997, elles n'ont pas été prises en compte dans les analyses réalisées ici.

**Les indicateurs de morbidité sont présentés dans l'ordre suivant :**

- Quatre indicateurs d'hospitalisation pour maladies de l'appareil respiratoire (tous âges, 0-14 ans, 15-64 ans, 65 ans et plus) ;
- Trois indicateurs d'hospitalisation pour asthme (tous âges, 0-14 ans, 15-64 ans) ;
- Deux indicateurs d'hospitalisation pour broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO) (tous âges, 65 ans et plus) ;
- Un indicateur d'hospitalisation pour maladies de l'appareil circulatoire (tous âges), et
- Un indicateur d'hospitalisation pour cardiopathies ischémiques (tous âges). Le nom de cet indicateur a été modifié puisqu'il était appelé myocardopathies ischémiques dans les précédentes études Erpurs. Ce nom anciennement utilisé correspondait à celui retenu dans les "listes spéciales pour la mise en tableaux" de la CIM-9 (OMS, 1979), tandis que les listes détaillées des CIM-9 et 10, ainsi que la "liste spéciale pour la mise en tableaux" de la CIM-10, ont retenu le terme de cardiopathies ischémiques.

**Une description des indicateurs de morbidité est ensuite donnée :**

- La moyenne et les statistiques descriptives du nombre d'hospitalisations par jour à Paris et en proche couronne entre 1987 et 1998 sont présentées dans un tableau ;
- Ensuite, l'évolution du nombre d'hospitalisations par jour fait l'objet d'un graphique illustrant les comptes journaliers par motifs d'admission, et
- Par ailleurs, un graphique en annexe présente sur une base annuelle le nombre médian d'hospitalisations par jour, et les 10<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> percentiles.

**Tableau 15. Nombre quotidien d'hospitalisations à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris par période d'étude**

	Périodes d'étude							
	Otarie	PMSI	Otarie	PMSI	Otarie	PMSI	Otarie	PMSI
<b>Maladies de l'appareil respiratoire</b>	<b>Tous âges</b>		<b>0-14 ans</b>		<b>15-64 ans</b>		<b>65 ans et plus</b>	
moyenne	83	88	26	27	34	35	23	26
médiane	80	88	25	25	33	35	22	25
minimum	14	23	1	2	5	7	1	4
maximum	195	198	81	106	81	69	64	70
<b>Asthme</b>	<b>Tous âges</b>		<b>0-14 ans</b>		<b>15-64 ans</b>			
moyenne	15	11	5	6	7	4		
médiane	14	10	5	5	7	4		
minimum	2	0	0	0	0	0		
maximum	42	31	23	19	28	17		
<b>BPCO*</b>	<b>Tous âges</b>						<b>65 ans et plus</b>	
moyenne	11	ND					6	ND
médiane	11	ND					5	ND
minimum	0	ND					0	ND
maximum	31	ND					21	ND
<b>Maladies de l'appareil circulatoire</b>	<b>Tous âges</b>							
moyenne	207	103						
médiane	211	95						
minimum	50	29						
maximum	416	218						
<b>Cardiopathies ischémiques</b>	<b>Tous âges</b>							
moyenne	60	26						
médiane	59	24						
minimum	10	4						
maximum	133	65						

\*BPCO : Maladies pulmonaires chroniques obstructives

Périodes d'étude :

- Otarie : Admissions hospitalières du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996 recueillies par le système Otarie (Organisation du Traitement Automatisé des Renseignements Intéressant l'Epidémiologie) et diagnostics codés selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9).
- PMSI : Admissions hospitalières du 1<sup>er</sup> juillet 1997 au 1<sup>er</sup> octobre 2000 recueillies par le système PMSI (Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information) et diagnostics codés selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10).

Quant aux admissions hospitalières survenues pendant la période de transition entre les deux systèmes de recueil des informations, soit du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 juin 1997, elles n'ont pas été considérées dans les analyses du présent rapport et dans les divers graphiques.

Source : Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## **Nombre d'hospitalisations par jour entre 1987 et 2000**

Le nombre d'hospitalisations par jour à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris est présenté pour deux périodes afin de tenir compte des deux systèmes (Otarie et PMSI) de recueil des données d'hospitalisation (tableau 15).

### **Admissions pour maladies de l'appareil respiratoire**

Le nombre quotidien d'hospitalisations pour maladies respiratoires enregistré pendant la période PMSI n'est que très légèrement supérieur à celui observé pendant la période Otarie, et ce, pour les trois groupes d'âge présentés (0-14 ans, 15-64 ans, 65 ans et plus) :

- ainsi, pendant la période Otarie, les maladies respiratoires (tous âges) sont à l'origine de 83 hospitalisations en moyenne par jour, et peuvent atteindre un maximum de 195 ;
- puis, pendant la période PMSI, les maladies respiratoires (tous âges) sont à l'origine de 88 hospitalisations en moyenne par jour, et peuvent atteindre un maximum de 198.

### **Admissions pour asthme**

Le nombre quotidien d'hospitalisations pour asthme enregistré pendant la période Otarie est supérieur à celui observé pendant la période PMSI :

- ainsi, pendant la période Otarie, la maladie asthmatique (tous âges) est à l'origine de 15 hospitalisations en moyenne par jour, pouvant atteindre un maximum de 42 ;
- puis, pendant la période PMSI, la maladie asthmatique (tous âges) est à l'origine de 11 hospitalisations en moyenne par jour, pouvant atteindre un maximum de 31.

### **Admissions pour maladies pulmonaires chroniques obstructives (BPCO)**

En raison d'un problème de codage, le nombre quotidien d'hospitalisations pour maladies pulmonaires chroniques obstructives (BPCO) n'est disponible que pour la période Otarie et ces maladies (tous âges) sont à l'origine de 11 hospitalisations en moyenne par jour, pouvant atteindre 31 au maximum.

### **Admissions pour maladies de l'appareil circulatoire**

Le nombre quotidien d'hospitalisations enregistré pour maladies de l'appareil circulatoire (tous âges) s'avère deux fois plus important pendant la période Otarie que pendant la période PMSI :

- ainsi, pendant la période Otarie, les maladies de l'appareil circulatoire (tous âges) sont à l'origine de 207 hospitalisations en moyenne par jour, et peuvent atteindre un maximum de 416 ;
- puis, pendant la période PMSI, les maladies de l'appareil circulatoire (tous âges) sont à l'origine de 103 hospitalisations en moyenne par jour, et peuvent atteindre un maximum de 218.

### **Admissions pour cardiopathies ischémiques**

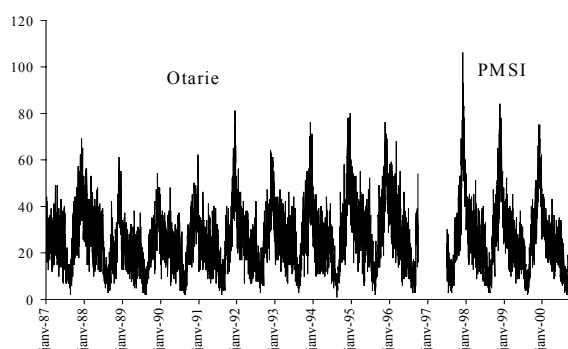
Le nombre quotidien d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques (tous âges) enregistré est deux fois plus important pendant la période Otarie que pendant la période PMSI :

- ainsi, pendant la période Otarie, les cardiopathies ischémiques (tous âges) sont à l'origine de 60 hospitalisations en moyenne par jour, et peuvent atteindre un maximum de 133 ;
- puis, pendant la période PMSI, les cardiopathies ischémiques (tous âges) sont à l'origine de 26 hospitalisations en moyenne par jour, et peuvent atteindre un maximum de 65.

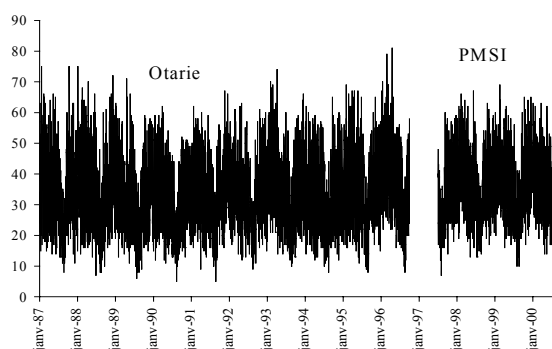
Ces admissions hospitalières sont illustrées dans une série de graphiques présentés dans les pages suivantes.

**Figure 10. Nombre d'hospitalisations pour maladies respiratoires par jour à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris pour la période 1987-2000\***

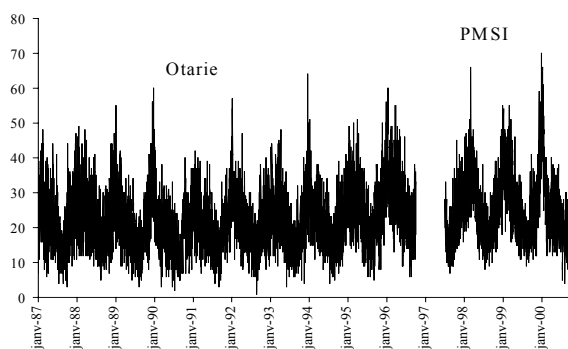
**Nombre quotidien d'hospitalisations pour causes respiratoires chez les moins de 15 ans**



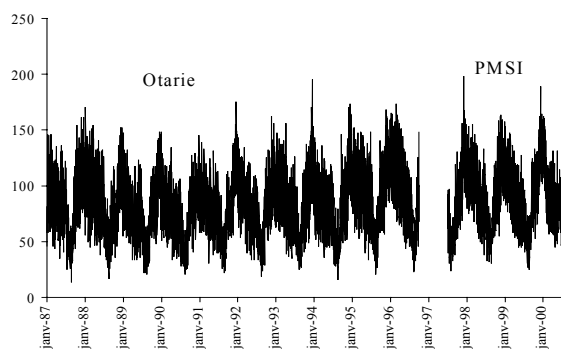
**Nombre quotidien d'hospitalisations pour causes respiratoires chez les 15-64 ans**



**Nombre quotidien d'hospitalisations pour causes respiratoires chez les plus de 65 ans**



**Nombre quotidien d'hospitalisations pour causes respiratoires (tous âges)**



\* Maladies respiratoires : codes CIM-9 de 460 à 519, codes CIM-10 de J00 à J99)

- Admissions hospitalières recueillies par le système Otarie du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996 et par le système PMSI du 1<sup>er</sup> juillet 1997 au 1<sup>er</sup> octobre 2000.
- Les admissions hospitalières survenues pendant la période de transition à la méthode PMSI du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 juin 1997 n'ont pas été considérées dans cette figure ni dans les analyses successives.

N.B. Les échelles des graphiques sont différentes pour chaque variable sanitaire.

Source : Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ; Exploitation : ORS Ile-de-France



## **L'évolution du nombre d'hospitalisation pour causes respiratoires entre 1987 et 2000**

Il existe, pour chacune des classes d'âges, une importante saisonnalité, avec des valeurs élevées correspondant aux périodes hivernales (Figure 10).

Compte tenu du passage du codage Otarie au PMSI au cours de la période d'étude, il n'est pas possible de dégager de tendances globales sur la période d'étude prise dans son ensemble. En effet, le passage du système Otarie au système PMSI peut être intrinsèquement responsable d'une variation du nombre d'hospitalisations pour une pathologie donnée :

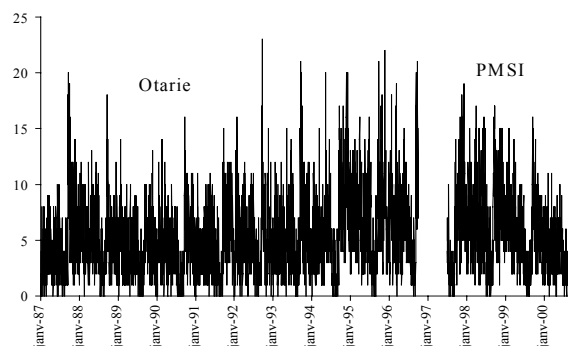
- la pathologie enregistrée dans le PMSI est celle "qui a mobilisé l'essentiel de l'effort médical et soignant au cours du séjour", ce qui peut induire une sur-représentation des pathologies les plus lourdes en terme de coût, au détriment de celles dont le traitement est moins lourd. Par contre, dans le système Otarie, c'est la pathologie ayant motivé l'admission qui était enregistrée ;
- le système Otarie utilisait pour le codage la nomenclature CIM-9, tandis que le système PMSI utilisait la nomenclature CIM-10. Des études comparatives ont montré que ce passage lui-même pouvait induire une sur-évaluation ou une sous-évaluation pour certaines pathologies (Rooney et al. 2002).

Il est cependant possible de dégager des tendances globales pour la période Otarie (1987-1996, voir annexe 3) : le nombre d'hospitalisations pour causes respiratoires chez les plus de 65 ans semble avoir connu une augmentation de 1993 à 1996. Cette tendance est logiquement retrouvée avec une moindre ampleur pour les hospitalisations pour causes respiratoires tous âges, mais n'est pas observée chez les moins de 15 ans et les 15-64 ans.

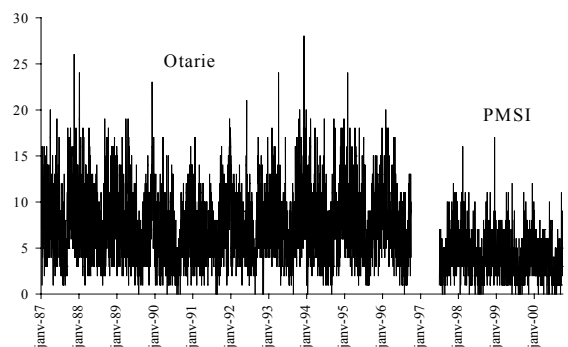
Pour la période PMSI, compte tenu de la courte durée de la période d'étude (4 ans), il n'est pas possible à ce jour de dégager de tendances à long terme.

**Figure 11. Nombre d'hospitalisations pour asthme par jour à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris pour la période 1987-2000\***

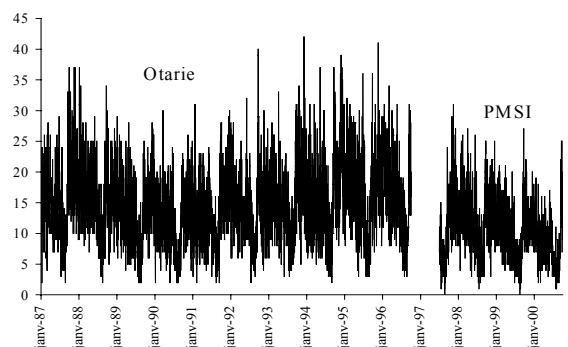
**Nombre quotidien d'hospitalisations pour asthme chez les moins de 15 ans**



**Nombre quotidien d'hospitalisations pour asthme chez les 15-64 ans**



**Nombre quotidien d'hospitalisations pour asthme (tous âges)**



\* Asthme : code CIM-9 493, codes CIM-10 J45 et J46.

- Admissions hospitalières recueillies par le système Otarie du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996 et par le système PMSI du 1<sup>er</sup> juillet 1997 au 1<sup>er</sup> octobre 2000.
- Les admissions hospitalières survenues pendant la période de transition à la méthode PMSI du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 juin 1997 n'ont pas été considérées dans cette figure ni dans les analyses successives.
- Quant aux admissions hospitalières survenues pendant la période de transition entre les deux systèmes de recueil des informations soit du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 juin 1997, elles n'ont pas été considérées dans les analyses du présent rapport et dans les divers graphiques.

N.B. Les échelles des graphiques sont différentes pour chaque variable sanitaire.

Source : Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## **L'évolution du nombre d'hospitalisations pour asthme entre 1987 et 2000**

Il existe, pour chacune des classes d'âges, une importante saisonnalité, avec des valeurs élevées correspondant aux périodes hivernales (Figure 11).

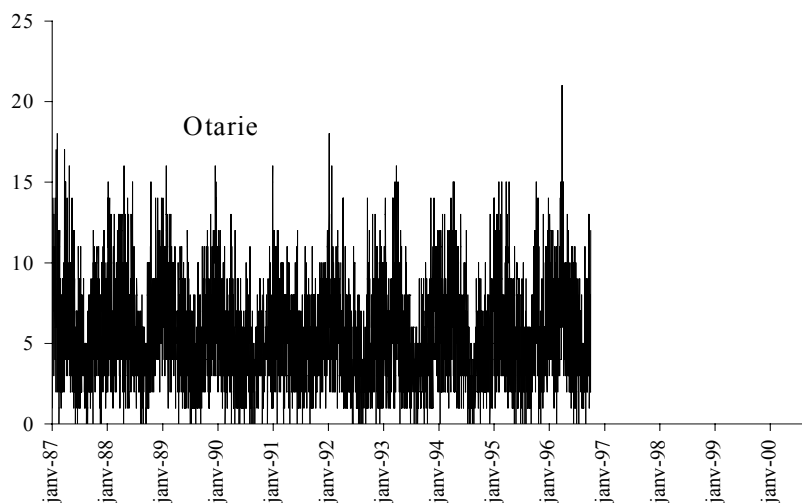
Comme pour les admissions pour maladies de l'appareil respiratoire, compte tenu du passage du codage Otarie au PMSI au cours de la période d'étude, il n'est pas possible de dégager de tendances globales sur l'ensemble de la période d'étude.

Cependant pour la période Otarie (1987-1996, voir annexe 3), le nombre d'hospitalisations pour causes respiratoires chez les moins de 15 ans a connu une augmentation de 1993 à 1996. Cette tendance ne se vérifie par pour les 15-64 ans.

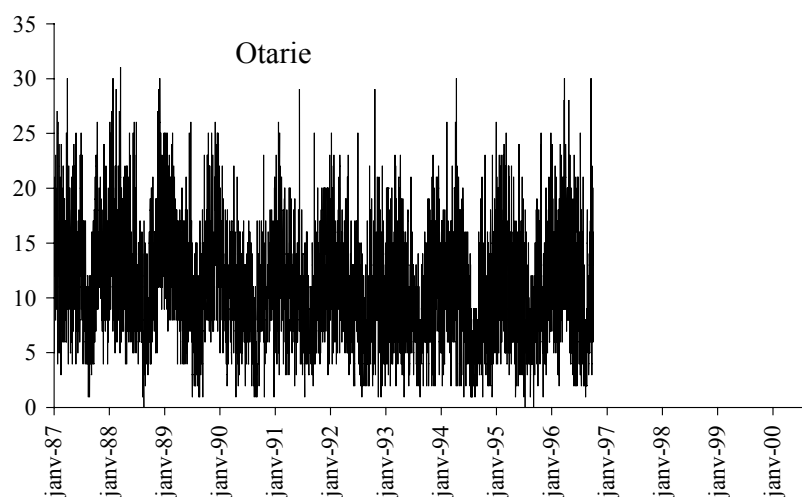
Pour la période PMSI, compte tenu de la courte durée de la période d'étude (4 ans), il n'est pas possible de dégager de tendances à long terme.

**Figure 12. Nombre d'hospitalisations pour maladies pulmonaires chroniques obstructives (BPCO) par jour à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris pour la période 1987-1996\***

**Nombre quotidien d'hospitalisations pour BPCO chez les plus de 65 ans**



**Nombre quotidien d'hospitalisations pour BPCO (tous âges)**



\* BPCO ; codes CIM-9 de 490 à 492 et de 494 à 496.

- Admissions hospitalières recueillies par le système Otarie du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996
- Information non disponible pour la période PMSI.

N.B. Les échelles des graphiques sont différentes pour chaque variable sanitaire.

Source : Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## **L'évolution du nombre d'hospitalisations pour maladies pulmonaires chroniques obstructives (BPCO) entre 1987 et 2000**

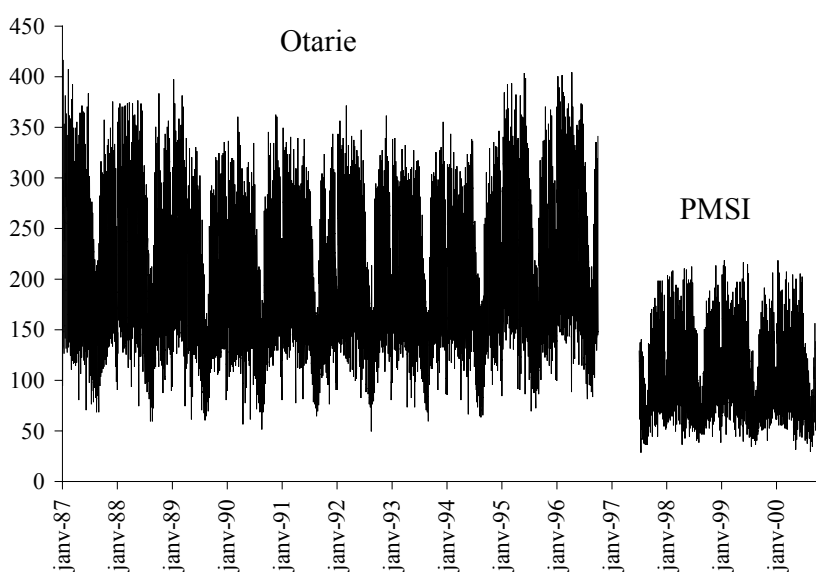
Il existe, pour chacune des classes d'âges, une importante saisonnalité, avec des valeurs élevées correspondant aux périodes hivernales (Figure 12).

En ce qui concerne les BPCO, les données ne sont disponibles que pour la période Otarie.

Il est possible de dégager des tendances globales pour cette période (1987-1996, voir annexe 3) : le nombre d'hospitalisations pour BPCO est relativement stable au cours de la période d'étude.

**Figure 13. Nombre d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire par jour à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris pour la période 1987-2000\***

Nombre quotidien d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire (tous âges)



- \* Maladies de l'appareil circulatoire : codes CIM-9 de 390 à 459, codes CIM-10 de I00 à I99.
  - Admissions hospitalières recueillies par le système Otarie du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996 et par le système PMSI du 1<sup>er</sup> juillet 1997 au 1<sup>er</sup> octobre 2000.
  - Les admissions hospitalières survenues pendant la période de transition à la méthode PMSI du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 juin 1997 n'ont pas été considérées dans cette figure ni dans les analyses successives.
- Source : Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## **L'évolution du nombre d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire par jour pendant la période 1987-2000**

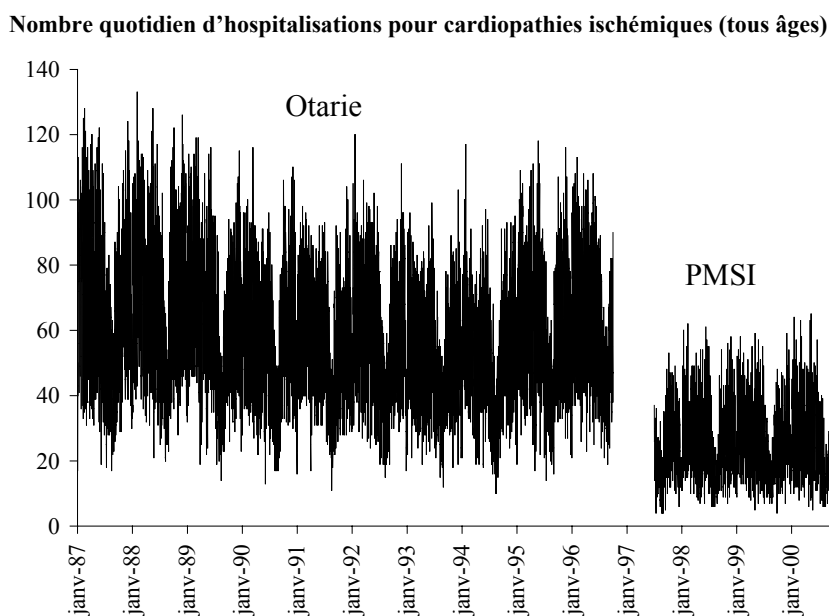
Il existe, pour chacune des classes d'âges, une importante saisonnalité, avec des valeurs élevées correspondant aux périodes hivernales (Figure 13).

Comme pour les admissions pour maladies de l'appareil respiratoire, compte tenu du passage du système Otarie au PMSI au cours de la période d'étude, il n'est pas possible de dégager de tendances globales sur la période d'étude prise dans son ensemble. Les maladies de l'appareil circulatoire illustrent les modifications liées au passage du système Otarie au système PMSI. En effet, l'importante diminution du nombre d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire (Figure 13 et annexe 3) entre 1996 et 1997 est sans doute davantage attribuable au changement de système de recueil qu'à une diminution de l'incidence de ces maladies.

Pour la période Otarie, en moyenne annuelle (1987-1996, voir annexe 3), le nombre d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire demeure stable au cours de la période d'étude.

Pour la période PMSI, compte tenu de la courte durée de la période d'étude (4 ans), il n'est pas possible de dégager de tendances à long terme.

**Figure 14. Nombre d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques par jour à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris pour la période 1987-2000\***



- \* Cardiopathies ischémiques : codes CIM-9 de 410 à 414, codes CIM-10 de I20 à I25.
- Admissions hospitalières recueillies par le système Otarie du 1er janvier 1987 au 30 septembre 1996 et par le système PMSI du 1er juillet 1997 au 1er octobre 2000.
  - Les admissions hospitalières survenues pendant la période de transition à la méthode PMSI du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 juin 1997 n'ont pas été considérées dans cette figure ni dans les analyses successives.
- Source: Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ; Exploitation : ORS Ile-de-France



## **L'évolution du nombre d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques par jour pendant la période 1987-2000**

Il existe, pour chacune des classes d'âges, une importante saisonnalité, avec des valeurs élevées correspondant aux périodes hivernales (Figure 14).

Comme pour les admissions pour maladies de l'appareil respiratoire, compte tenu du passage du système Otarie au PMSI au cours de la période d'étude, il n'est pas possible de dégager de tendances globales sur la période d'étude prise dans son ensemble. Les cardiopathies ischémiques illustrent ici encore les modifications liées au passage du système Otarie au système PMSI. En effet, l'importante diminution du nombre d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques (Figure 14 et annexe 3) entre 1996 et 1997 n'est sans doute pas attribuable à une diminution réelle de l'incidence de ce type de pathologie dans la population, mais plus probablement à un effet du changement de système de codage.

Il est cependant possible de dégager des tendances globales pour la période Otarie (1987-1996, voir annexe 3) : le nombre d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques semble demeurer relativement stable au cours de la période d'étude, malgré une légère diminution suivie d'une augmentation entre 1991 et 1993.

Pour la période PMSI, compte tenu de la courte durée de la période d'étude (4 ans), il n'est pas possible pour l'instant de dégager de tendances à long terme.

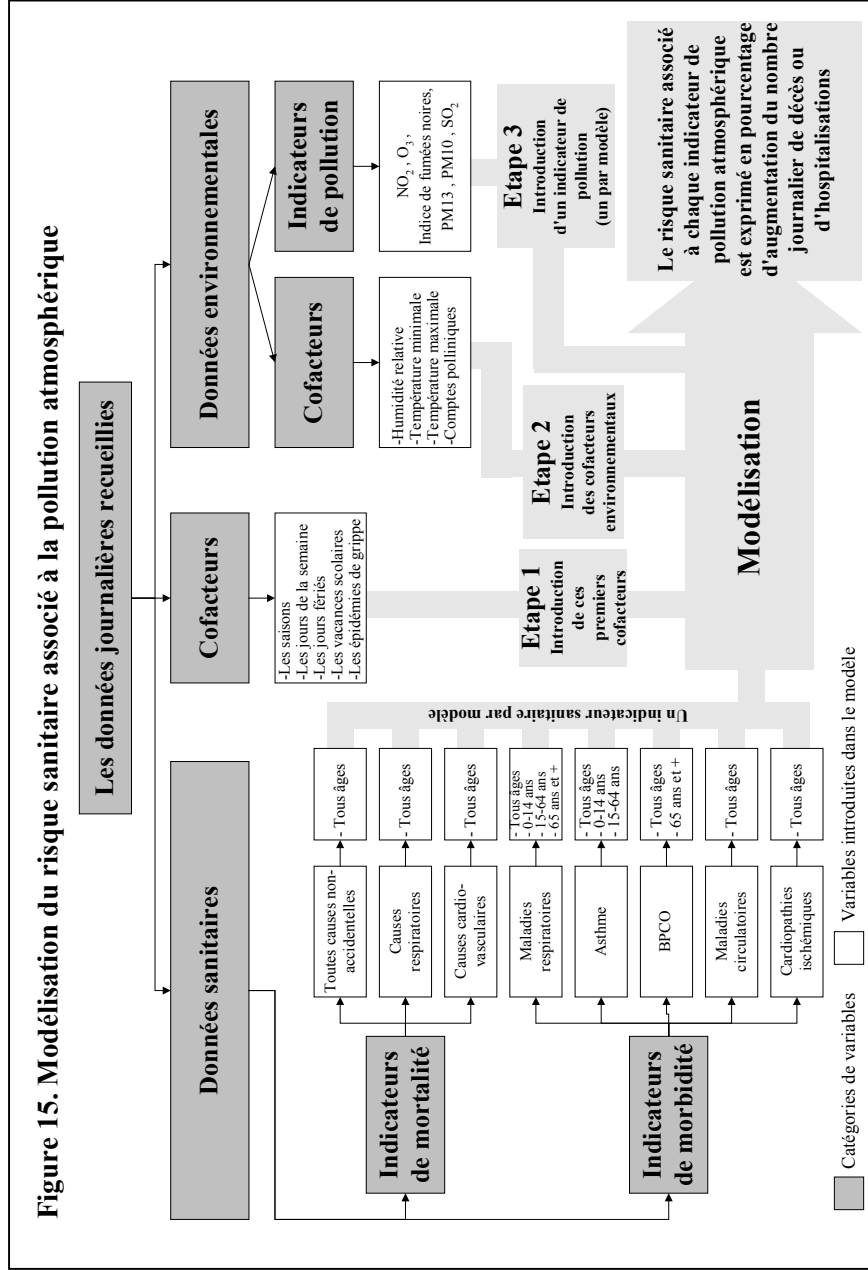


## IV. Analyse statistique

*Erpurs est une étude épidémiologique de type écologique. Son principe 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 de cette même population à la pollution atmosphérique (indicateurs de pollution mesurés).*

*La modélisation statistique réalisée se propose d'estimer un risque pour la santé lié à un niveau de polluant ambiant en tenant compte des cofacteurs connus.*

Figure 15. Modélisation du risque sanitaire associé à la pollution atmosphérique



## Le protocole de l'analyse statistique

Le protocole d'analyse statistique de l'étude Erpurs a bénéficié des améliorations apportées par les études nationale (programme PSAS-9, Cassadou et al. 2002) et européenne (programme APHEA, Medina et al. 2001) portant sur le même thème. Les modifications apportées traduisent les développements méthodologiques les plus récents décrits dans la littérature scientifique internationale.

La méthode des séries temporelles utilisée permet de contrôler différents facteurs de confusion qui peuvent perturber l'estimation de la relation pollution/santé. L'unité de mesure est une unité de temps (le jour). Ainsi, les facteurs individuels tels que l'âge, le sexe, la catégorie socioprofessionnelle peuvent être considérés comme constants en moyenne, à l'échelle de la population sur la durée de l'étude. De plus, le lieu de résidence, l'exposition dans l'habitat ou en milieu de travail, les modes alimentaires, les activités physiques, le tabagisme actif ou passif, etc. n'influencent pas la relation étudiée puisqu'ils ne sont pas liés aux variations journalières des niveaux de pollution. Dès lors, l'ensemble des facteurs de confusion individuels sont contrôlés.

En revanche, il existe des facteurs de confusion temporels tels que des variations à long terme, saisonnières et hebdomadaires qui peuvent biaiser les estimations de la relation avec la pollution atmosphérique. Par exemple, le nombre de décès est habituellement plus faible le dimanche, et le niveau de pollution urbaine est aussi plus faible ce jour là. Ne pas prendre en compte ce phénomène aboutirait à surestimer la relation entre pollution et indicateurs sanitaires. Le contrôle des tendances temporelles lors de l'analyse permet de contrôler tous les facteurs, connus ou inconnus qui, par leurs variations temporelles sont susceptibles de biaiser la relation.

Les variables météorologiques constituent également 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. Par exemple, la relation entre le taux de mortalité et la température est souvent caractérisée par une courbe en forme de U : les fortes chaleurs et les périodes très froides induisent un nombre plus élevé de décès.

Ainsi, pour aboutir à une estimation non biaisée du lien entre pollution atmosphérique et santé, l'ensemble des variables météorologiques et des facteurs de confusion potentiels ont été intégrés dans les modèles.

Au total, la figure 21 montre les différents types de variables utilisées dans cette analyse (en grisé foncé), les variables introduites dans le modèle statistique et une schématisation en trois étapes de la procédure de modélisation.

Par souci de comparaison avec les précédentes études Erpurs et d'autres études nationales et internationales, la présentation des résultats de cette troisième analyse reprend à la fois les scénarios d'impact de la pollution atmosphérique utilisés dans les précédents rapports Erpurs, et ceux retenus pour les programmes PSAS-9 et APHEIS.

## La zone d'étude

La zone d'étude 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 deux raisons suivantes :

- l'exposition à la pollution atmosphérique de la population résidente peut être considérée comme globalement homogène vis-à-vis des indicateurs d'exposition retenus : le NO<sub>2</sub>, l'O<sub>3</sub>, les PM<sub>13</sub>, les PM<sub>10</sub> et le SO<sub>2</sub>. 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" ;
- la population résidente est la plus propice à être admise au sein d'un des 26 établissements de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris localisés à Paris et en proche couronne (ceci pour les indicateurs de morbidité), et
- de même, pour les indicateurs de mortalité, les données retenues pour l'analyse sont celles concernant les causes principales de décès domiciliés (lieu de résidence de la personne décédée) dans la même zone géographique (Paris et proche couronne).

## Les données recueillies

Les séries temporelles ont été construites pour :

- les indicateurs sanitaires : à partir du nombre journalier de décès et d'admissions hospitalières ;
- les indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique : à partir des niveaux journaliers (exprimés en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) des principaux polluants mesurés par Airparif et par le LHVP dans chaque station de mesure, la moyenne journalière est calculée, et
- les cofacteurs : la température et l'humidité relative journalières, le nombre journalier de cas de grippe, les jours fériés et, pour l'analyse des admissions hospitalières, les périodes de vacances scolaires et les niveaux journaliers des principaux types de pollens allergisants.

## La modélisation statistique

Les indicateurs de mortalité et de morbidité sont respectivement des comptes journaliers de décès et d'hospitalisations. Ces indicateurs indépendants et aléatoires au cours du temps sont modélisés par un processus de Poisson (Kleinbaum et al. 1988, Viel 1994) via le développement de modèles additifs généralisés (Generalized Additive Model : GAM) (Hastie et Tibshirani 1990). Les modèles additifs généralisés sont une extension des modèles linéaires généralisés (GLM) (McCullagh et Nelder 1983).

La modélisation statistique est réalisée avec la version 2000 du logiciel S-PLUS. Les options choisies lors de la modélisation découlent des développements récents concernant le nombre de décimales à considérer dans ce type d'analyse statistique (Greenbaum 2002). Ainsi, le nombre de décimales a été fixé à 15.

## Les modèles additifs généralisés

Les modèles additifs généralisés (GAM) supposent que la réponse dépend d'une somme de fonctions de lissage (de type semi-paramétrique ou non-paramétrique) des facteurs exogènes (Hastie et Tibshirani 1990). Ce modèle qui permet de mettre en relation une variable dépendante  $y$  avec un ensemble de covariables  $x_i$  est spécifié par :

$$h[E(y)] = \sum_i S_i(x_i)$$

où  $E$  désigne l'espérance,  $h$  est une fonction de lien (monotone et différentiable) et les  $S_i$  sont des fonctions de lissage.

Les fonctions de lissage peuvent être de type semi-paramétrique ou non paramétrique :

### Semi-paramétrique

Ce sont des fonctions polynomiales ajustées sur des intervalles successifs (parties de la série). Elles requièrent un lien aux frontières. Le choix du nombre d'intervalles repose toujours sur des critères *a priori* ou des choix statistiques.



### Non paramétrique

Les deux principales fonctions de lissage non paramétriques sont :

- les moyennes mobiles simples ou moyennes mobiles pondérées qui consistent à se positionner en  $x_i$ , et à prendre  $k$  points à gauche et  $k$  à droite pour calculer leur moyenne (ou moyenne pondérée), et ainsi de suite pour  $x_{i+k}$ ... ; et
- la régression mobile ou régression mobile pondérée (lœss).  $y$  en  $x_i$  est estimée par une régression pondérée sur les points au voisinage de  $x_i$ .

Les fonctions lœss ont été prises comme fonctions de lissage. Ces fonctions permettent une modélisation plus fine des variables, et ne requièrent aucun *a priori* sur la forme de la relation. Ce type de modélisation permet d'obtenir une estimation non biaisée du lien entre pollution atmosphérique et santé, tout en prenant en compte des phénomènes temporels et d'auto-corrélation.

## Une modélisation étape par étape

Ainsi, la modélisation illustrée figure 21 prend en compte, étape par étape :

- les variations à long terme, aussi appelées tendances et variations saisonnières (sous forme de régressions mobiles pondérées : lœss), puis
- les variations à court terme telles que les variations hebdomadaires, puis
- les jours fériés par l'introduction d'une ou plusieurs variables binaires, puis
- les facteurs non cycliques tels que l'impact des épidémies de grippe, puis
- les facteurs météorologiques tels que la température et l'humidité relative et, finalement,
- les indicateurs de pollution atmosphérique pris individuellement (sous forme de régression mobile pondérée : lœss).

## Le calcul du risque sanitaire

Le risque sanitaire associé à la pollution atmosphérique est exprimé en pourcentage d'augmentation du nombre journalier de décès ou d'hospitalisations. Ainsi, une fois le type de modélisation choisi pour chaque indicateur sanitaire, le modèle statistique (GLM) permet d'estimer le coefficient attribuable à chaque polluant étudié. Le modèle GLM repose sur :

$$h[E(y)] = X \hat{\beta}$$

où  $h$  est une fonction quelconque,  $y$  la variable à prédire,  $E$  étant l'espérance,  $X$  est la matrice des variables explicatives et  $\hat{\beta}$  le vecteur des paramètres à estimer. Une relation entre la variance et l'espérance doit être spécifiée.

L'exponentielle de chacun des éléments de  $\hat{\beta}$  peut être interprétée comme le risque relatif (RR) et le terme  $(RR-1)*100$  correspond au pourcentage de variation du risque de mortalité anticipée ou d'hospitalisation.

Ainsi, un pourcentage de variation positif indique une augmentation du risque tandis qu'un pourcentage négatif indique au contraire une diminution du risque.

## La présentation des résultats

Les variations du risque observées pour chacun des indicateurs sanitaires sont étudiées pour chaque indicateur de pollution (le NO<sub>2</sub>, l'O<sub>3</sub>, les FN, les PM13, les PM10 et le SO<sub>2</sub>).

Ici, ce sont les effets à court terme des variations du niveau de polluant qui sont étudiés. Ce sont donc les concentrations en polluant du jour et/ou de quelques jours ayant précédé l'événement sanitaire qui doivent être prises en compte dans l'analyse. Les études Erpurs précédentes ont considéré des retards variables, prenant en compte jusqu'à trois jours de décalage. Ici, en conformité avec le protocole mis en œuvre dans le programme PSAS-9, l'indicateur de pollution retenu est constitué par la moyenne des niveaux de polluant du jour même et de la veille de l'événement sanitaire considéré.

Une exposition nulle aux polluants atmosphériques étant peu plausible, la valeur de base pour le calcul des risques pour la santé 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 durant les 18 jours les moins "pollués" de l'année.

Les effets des différents polluants sont exprimés en pourcentage de variation du risque relatif de mortalité ou des hospitalisations pour cinq situations de pollution atmosphérique différentes :

- accroissement de l'indicateur de pollution du niveau de base (5<sup>ème</sup> percentile correspondant aux 18 jours les moins pollués par année) à un niveau "médian" (50<sup>ème</sup> percentile, atteint ou dépassé la moitié des jours de l'année) ;
- accroissement de l'indicateur de pollution du niveau de base (5<sup>ème</sup> percentile correspondant aux 18 jours les moins pollués par année) à un niveau "élevé" (95<sup>ème</sup> percentile, atteint ou dépassé les 18 jours de plus forte pollution de l'année) ;
- augmentation du niveau de pollution de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par rapport au niveau moyen observé au cours de la période d'étude ;
- diminution de 10% du niveau moyen de pollution, et
- diminution de 50% du niveau moyen de pollution.

L'utilisation de différentiels relatifs (P5-P50, P5-P95, diminution de 10% et de 50%) offre une illustration utile à des fins décisionnelles car ils tiennent compte de la concentration des différents polluants dans la zone d'étude. Au contraire, l'utilisation d'un différentiel fixe de faible amplitude (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), contenu dans l'intervalle de variation de tous les polluants, permet la comparaison avec les résultats d'études réalisées dans d'autres villes (où les niveaux de pollution peuvent être différents) (Cassadou et al., 2002).

## **La prise en compte des cofacteurs (facteurs de confusion)**

Le texte ci-dessous relatif à la prise en compte des cofacteurs au sein du modèle statistique est extrait de la “Revue de synthèse” du programme PSAS-9 deuxième phase (Campagna et al. 2002).

“La méthode des séries temporelles utilisée permet de contrôler différents facteurs de confusion pouvant perturber l’estimation de la relation pollution/santé. Cette méthode a déjà été employée et validée dans de nombreuses études internationales. Sa particularité est que la population étudiée est son propre témoin : le risque est comparé pour différents niveaux d’exposition dans la même population. Sur une période relativement courte, de l’ordre de quelques années, les facteurs individuels tels que l’âge, le sexe, la catégorie socioprofessionnelle peuvent être considérés comme constants en moyenne à l’échelle d’une population. De plus, le lieu de résidence, l’exposition dans l’habitat ou en milieu de travail, les modes alimentaires, les activités physiques, le tabagisme actif ou passif etc., n’influencent pas la relation étudiée puisqu’ils ne sont pas liés aux variations journalières des niveaux de pollution. De ce fait, l’ensemble des facteurs de confusion individuels sont contrôlés.

En revanche, il existe des facteurs de confusion temporels tels que des variations temporelles à long terme, saisonnières et hebdomadaires qui peuvent biaiser les estimations de la relation avec la pollution atmosphérique. Par exemple, le nombre de décès est habituellement plus faible le dimanche et le niveau de pollution atmosphérique urbaine est également plus faible ce jour là. Ne pas prendre en compte ce phénomène aboutirait à sur-estimer la relation. Le contrôle des tendances temporelles, lors de l’analyse statistique, revient à modéliser le temps et donc à contrôler tous les facteurs, connus ou inconnus qui, par leurs variations temporelles, sont susceptibles de biaiser la relation.

Les variables météorologiques constituent également 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 dépendent fortement des conditions météorologiques qui conditionnent 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. Par exemple, la relation entre le taux de mortalité et la température est, le plus souvent, caractérisée par une courbe en forme de U, les fortes chaleurs et les périodes très froides étant reliées à un nombre plus élevé de décès. Ces variables météorologiques, facteurs de confusion potentiels, ont donc été également intégrées dans les modèles.

Cet examen des critères de validité (absence de biais potentiel) permet d'affirmer la réalité des relations observées. La question de savoir si celles-ci sont des relations de cause à effet peut être abordée par l'examen de critères de causalité, classiquement au nombre de huit. Or cet exercice permet de conclure que la plupart de ces critères sont remplis. Même si la causalité ne relève pas d'une certitude scientifique, elle reste l'hypothèse actuellement la plus plausible et rend légitime l'utilisation, pour la décision, d'évaluations d'impact sanitaire basées sur les relations expositions-risques estimées par l'épidémiologie."

## **Améliorations apportées au protocole Erpurs**

Les améliorations apportées au protocole Erpurs (Medina et al. 1998) sont :

- 1) l'allongement de la période d'étude,
- 2) l'ajout d'indicateurs sanitaires,
- 3) l'ajout d'un indicateur de pollution atmosphérique,
- 4) l'estimation de risques annuels plutôt que saisonniers, et
- 5) la validation à des fins épidémiologiques d'indicateurs de morbidité hospitalière issus du système de recueil des données PMSI.

## 1. L'allongement de la période d'étude

La principale amélioration apportée au protocole Erpurs concerne l'allongement de la période d'analyse puisque l'étude de la mortalité porte sur douze ans et celle de la morbidité (les admissions hospitalières issues du système de recueil Otarie) sur dix ans.

La majorité des études de séries chronologiques sur l'estimation du risque sanitaire lié à la pollution atmosphérique concernent des périodes allant de 2 à 5 ans. Certaines études ont toutefois porté sur des séries temporelles plus longues. C'est le cas par exemple des études canadiennes (Burnett et al. 1997, Goldberg et al. 2001a et b) portant respectivement sur des séries de dix et seize ans.

Un tel allongement de la période d'étude devrait contribuer à augmenter la puissance statistique de l'analyse et aider à mettre en évidence des risques de mortalité non quantifiables dans les premiers rapports Erpurs (au sein desquels des périodes de six et cinq ans ont été étudiées).

A ce titre, le tableau présenté à l'annexe 4 est un rappel des associations observées entre indicateurs de pollution atmosphérique et mortalité à la fois dans les précédentes études Erpurs ainsi que dans la présente étude. Ce tableau présente à la fois les risques calculés et ceux qui se sont avérés non calculables lors des périodes d'étude précédentes.

L'allongement de la période d'étude pourrait également contribuer à augmenter la validité des résultats en augmentant la précision des risques de décès ou d'hospitalisation estimés (intervalles de confiance plus étroits).

**Dans le cas de l'étude Erpurs, l'allongement de la période d'étude s'avère possible en raison de la continuité des recueils des niveaux de polluants, des données sanitaires et des cofacteurs utilisés pour l'analyse.**

En effet, les modalités de recueil des données de mortalité comme de morbidité, n'ont que très peu changé depuis le début du programme Erpurs.

Le seul changement concerne le passage du système de recueil des admissions hospitalières Otarie au système PMSI (pour les données de morbidité). *A priori*, ce changement n'entraîne pas de problème majeur mais nécessite le fractionnement des séries d'admissions hospitalières en deux périodes, l'une relative aux données fournies par le système Otarie et l'autre à celles fournies par le système PMSI.

Des modifications mineures ont également été apportées au réseau de surveillance de la qualité de l'air en région parisienne (mise en service et interruption de certaines stations de mesure) de façon à mieux évaluer l'exposition des citoyens. Cependant, les impératifs de continuité de la surveillance ont été respectés.

Les niveaux quotidiens de polluants mesurés avant et après l'interruption et la mise en service de stations ne montrent pas un quelconque effet lié à ces interventions.

L'annexe 5 présente les caractéristiques relatives à la surveillance de chaque indicateur de pollution au cours de chacune des périodes d'étude de mortalité et de morbidité hospitalière.

- **Surveillance des niveaux de pollution au cours de la période d'étude des liens avec la mortalité**

La surveillance des niveaux de pollution a été peu ou pas modifiée au cours de la période d'étude des effets sur la mortalité allant du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 31 décembre 1998 (annexe 5). En effet, l'échantillonnage du NO<sub>2</sub>, des PM<sub>13</sub> et des PM<sub>10</sub> n'a pas été modifié pendant la période d'étude. La plus grande perturbation a porté sur l'échantillonnage du SO<sub>2</sub> puisque l'activité de trois des neuf stations a été interrompue et que quatre nouvelles stations ont été mises en activité.

- **Surveillance des niveaux de pollution au cours de la période d'étude des liens avec la morbidité (recueillies par le système Otarie)**

La surveillance des niveaux de pollution n'a pas été modifiée au cours de la période d'étude pour l'analyse de la morbidité fournie par le système Otarie (1 janvier 1987 au 30 septembre 1996) (annexe 5).

- **Surveillance des niveaux de pollution au cours de la période d'étude des liens avec la morbidité (recueillies par le système PMSI)**

Exception faite de la surveillance des niveaux de PM<sub>10</sub> qui n'a pas été modifiée pendant cette période, l'échantillonnage des autres polluants a été légèrement modifié par la disparition d'une ou deux des stations de mesure au cours de la période d'étude des liens avec la morbidité recueillie par le système PMSI (du 1<sup>er</sup> juillet 1997 au 1<sup>er</sup> octobre 2000, annexe 5).

## **2. Ajout d'un nouveau groupe d'âge pour l'étude des liens avec les maladies respiratoires**

Les derniers travaux du programme PSAS-9 (deuxième phase) ont mis en évidence l'intérêt d'étudier les liens entre pollution atmosphérique et maladies respiratoires chez les sujets de moins de 15 ans (Cassadou et al. 2002). Ce groupe d'âge figure également ici pour l'étude des liens avec les maladies respiratoires.

## **3. L'analyse du lien avec les particules fines en suspension de diamètre inférieur à 10 micromètres (PM<sub>10</sub>)**

Cette nouvelle analyse Erpurs s'intéresse également aux liens entre les niveaux de particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM<sub>10</sub>) et les indicateurs sanitaires de morbidité, qui sont soulignés de plus en plus souvent dans la littérature scientifique actuelle.

## **4. L'estimation de risques annuels**

Dans la présente analyse, compte tenu de la bonne prise en compte des variations saisonnières par les fonctions de lissage non paramétriques, les risques sont estimés sur une base annuelle plutôt que saisonnière.

## **5. Tester la possibilité d'utiliser à des fins épidémiologiques les indicateurs de morbidité générés à partir de données d'hospitalisations issues du système de recueil PMSI**

Enfin, cette nouvelle analyse Erpurs permet de tester la possibilité d'utiliser également pour des études épidémiologiques, des données issues du système de recueil PMSI conçu à des fins médico-économiques.



## V. Résultats

*Ce cinquième chapitre présente les résultats concernant les liens entre indicateurs de pollution et indicateurs sanitaires. Une première partie présente ainsi les relations entre pollution et mortalité. Puis sont présentées dans une deuxième partie les relations entre pollution et hospitalisations (pour maladies respiratoires, asthme, broncho-pneumopathies chroniques obstructives et enfin maladies de l'appareil circulatoire). A la fin de chacune de ces parties, des synthèses reprennent les principaux résultats pour chacun des indicateurs sanitaires.*



## Présentation des résultats

*Les résultats rendent compte des liens observés à Paris et en proche couronne entre des indicateurs de pollution atmosphérique et une sélection d'indicateurs de mortalité (nombre journalier de décès, dans une première partie des résultats) et de morbidité (nombre journalier d'hospitalisations, dans une deuxième partie des résultats).*

- *Scénarios d'accroissement du niveau de pollution atmosphérique de “base” à des niveaux “médian” et “élevé”*

Le **niveau de “base” d'indicateur de pollution** retenu pour le calcul des risques pour la santé liés à différents niveaux de pollution a été fixé au cinquième percentile (P5) de la distribution des valeurs journalières de chaque indicateur de pollution atmosphérique. Le 5<sup>ème</sup> percentile correspond au niveau de pollution non dépassé au cours des 18 jours les “moins pollués” sur 365 jours (soit 5%).

Pour chaque indicateur de pollution et en fonction de la distribution statistique des valeurs journalières, les risques pour la santé (pourcentage de variation de la mortalité et des hospitalisations journalières) sont calculés pour deux situations différentes :

- un accroissement du niveau de polluant de base (P5) à un **niveau appelé “médian”** (P50 : correspondant au 50<sup>ème</sup> percentile, soit la médiane), c'est à dire le niveau dépassé 50% des jours de l'année ;
- un accroissement du niveau de polluant de base (P5) à un **niveau appelé “élevé”** (P95 : correspondant au 95<sup>ème</sup> percentile), c'est-à-dire dépassé les 18 jours de plus forte pollution soit 5% des jours de l'année.

L'utilisation de ces différentiels de pollution relatifs permet de tenir compte de la concentration des polluants observée réellement dans la zone d'étude et offre donc une illustration utile à des fins décisionnelles de l'impact de la pollution atmosphérique (Cassadou et al., 2002).

- ***Scénarios d'accroissement du niveau moyen de pollution atmosphérique de 10 µg/m<sup>3</sup>***

Pour chaque indicateur de pollution, les pourcentages de variation des risques relatifs (pourcentages de variation de la mortalité et des hospitalisations journalières) sont calculés pour une augmentation du niveau moyen du polluant de 10 µg/m<sup>3</sup>. Cette augmentation représente un différentiel fixe, indépendant de la concentration en polluants observée dans la zone d'étude. Cette représentation permet la comparaison avec les résultats obtenus lors d'études réalisées dans des villes différentes (qui ne présentent donc pas les mêmes niveaux de pollution).

- ***Scénarios de diminution du niveau moyen de pollution de 10% et 50%***

Pour chaque indicateur de pollution, les pourcentages de variation des risques relatifs (pourcentages de variation de la mortalité et des hospitalisations journalières) sont calculés pour une diminution du niveau moyen du polluant de 10% et 50%. Il s'agit donc de diminutions relatives.

- ***L'évaluation de l'impact d'une variation de la pollution atmosphérique sur le nombre journalier de décès et d'hospitalisations***

Les intervalles de confiance à 95% montrent la précision des variations d'excès de risque de mortalité ou d'hospitalisations et donc leurs degrés de significativité. Ainsi, une variation du risque de mortalité ou d'hospitalisations s'avère statistiquement significative au seuil de 5% lorsque son intervalle de confiance ne contient pas la valeur zéro.

Un pourcentage de variation du risque relatif de mortalité ou des hospitalisations négatif indique une diminution du risque de mortalité ou d'hospitalisations.

## 1. Liens entre mortalité et pollution atmosphérique pour la période 1987-1998

*Dans cette première partie, les résultats présentent les conséquences potentielles sur la mortalité anticipée d'un accroissement ou d'une diminution de la pollution atmosphérique à Paris et en proche couronne au cours de la période 1987-1998.*

Les résultats relatifs à la mortalité sont présentés au moyen de cinq figures (soit une figure par indicateur de pollution : NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, indice de fumées noires, PM<sub>13</sub> et SO<sub>2</sub>) comprenant chacune trois graphiques (numérotés de 1 à 3).

Les caractéristiques de la distribution de chacun des polluants (percentiles, moyenne) pendant la période concernée sont rappelées.

Chaque graphique (de 1 à 3) présente l'effet des scénarios de variation du niveau du polluant en terme de modification du risque relatif de mortalité. On retrouve ainsi sur chaque graphique les cinq scénarios évoqués précédemment : accroissement du niveau de polluant de base (P5) à un niveau "médian" (P50), accroissement du niveau de polluant de base (P5) à un niveau "élevé" (P95), augmentation du niveau moyen de polluant de 10 µg/m<sup>3</sup>, diminution du niveau moyen de polluant de 10% puis de 50%.

Le graphique 1 correspond aux conséquences de ces scénarios sur les variations du risque relatif pour la mortalité totale. Le graphique 2 correspond aux conséquences sur la mortalité pour causes respiratoires. Enfin, le graphique 3 correspond aux conséquences sur la mortalité pour causes cardiovasculaires.

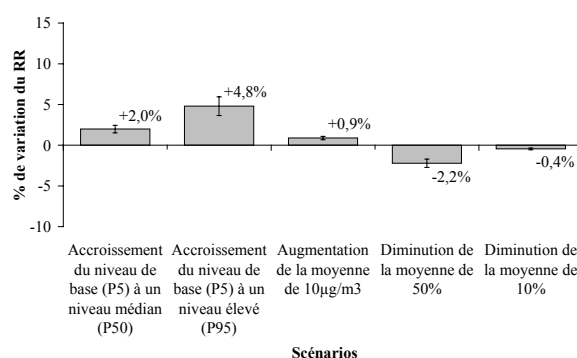
Chaque graphique présente donc, pour chaque scénario d'évolution du niveau de pollution, la variation (en pourcentage) du risque relatif de mortalité correspondant. Les intervalles de confiance à 95% sont aussi portés sur ces graphiques. Si un intervalle de confiance n'englobe pas la valeur zéro, alors la variation du risque relatif est significative.

Une synthèse des résultats obtenus est présentée à la fin de cette première partie.

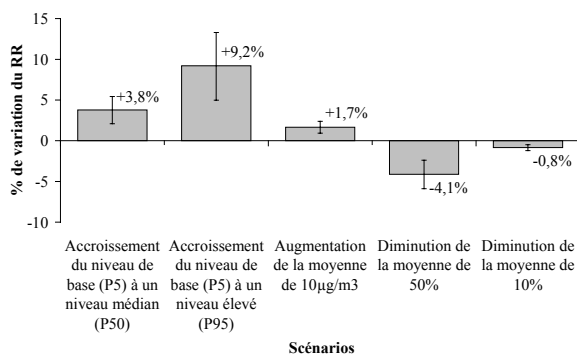
**Figure 16. Mortalité et dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) :**  
**Variation du risque relatif (RR) de mortalité (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de NO<sub>2</sub>.**

Niveaux de fond de NO <sub>2</sub> pendant la période d'étude de la mortalité (1987-1998)	
(moyenne 24h en µg/m <sup>3</sup> )	
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	26
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	49
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	83
moyenne	51

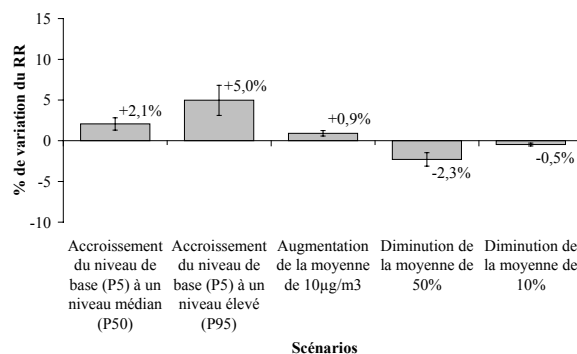
**1 Mortalité totale**



**2 Mortalité pour causes respiratoires**



**3 Mortalité pour causes cardiovasculaires**



- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes de mortalité codées selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) : mortalité pour causes non-accidentelles (1-799) ; respiratoires (460-519) ; cardiovasculaires (390-459).

## Liens entre mortalité et dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

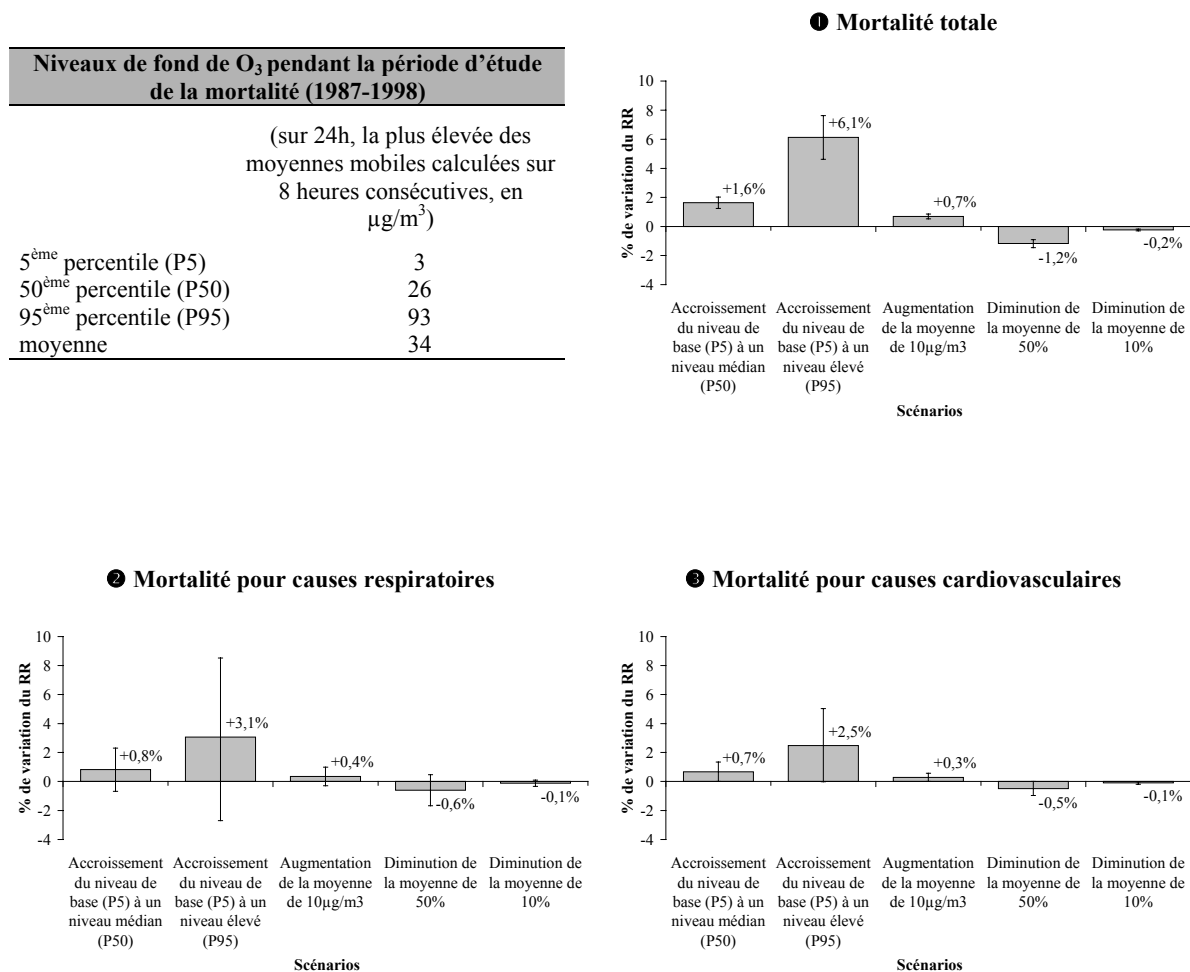
Il existe un lien significatif entre le niveau de fond de dioxyde d'azote et le risque relatif de mortalité toutes causes. Il en est de même pour les risques relatifs de mortalité pour causes respiratoires et cardiovasculaires.

Le risque relatif de mortalité pour causes respiratoires est affecté par les scénarios de variation du niveau de dioxyde d'azote de façon deux fois plus importante que les risques relatifs de mortalité toutes causes et pour causes cardiovasculaires.

Les diminutions des risques relatifs de mortalité ne dépassent pas 1% lorsque le niveau de dioxyde d'azote baisse de 10%. Cependant, lorsque le niveau moyen de dioxyde d'azote baisse de 50%, les diminutions des risques relatifs de mortalité peuvent atteindre **4,1%** (mortalité pour causes respiratoires).

Par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours de forte pollution par le dioxyde d'azote (P95) sont associés à un excès de mortalité pouvant atteindre **9,2%** (mortalité respiratoire). Il en est de même, dans une moindre mesure, pour les jours où la pollution par le dioxyde d'azote atteint son niveau médian (P50) : les excès de mortalité peuvent alors atteindre **3,8%** (mortalité respiratoire)

**Figure 17. Mortalité et ozone (O<sub>3</sub>) :**  
**Variation du risque relatif (RR) de mortalité (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de O<sub>3</sub>.**



- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes de mortalité codées selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) : mortalité pour causes non-accidentelles (1-799) ; respiratoires (460-519) ; cardiovasculaires (390-459).



## Liens entre mortalité et ozone (O<sub>3</sub>)

Seul le lien entre le niveau de fond d'ozone et le risque relatif de mortalité toutes causes (hors causes accidentelles) est significatif.

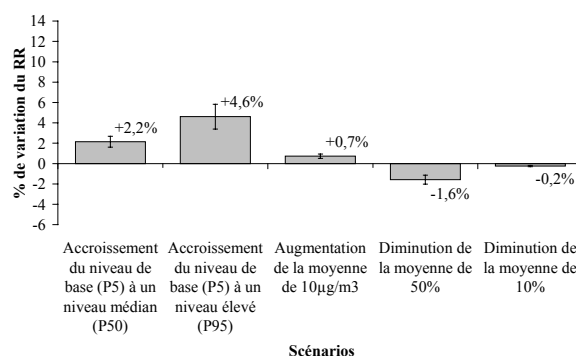
La diminution du risque relatif de mortalité toutes causes ne dépasse pas 1% lorsque le niveau d'ozone baisse de 10%. Cependant, lorsque le niveau moyen d'ozone baisse de 50%, le risque relatif de mortalité toutes causes diminue de **1,2%**.

Par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours de forte pollution par l'ozone (P95) sont associés à un excès de mortalité totale de **6,1%**. Il en est de même, dans une moindre mesure, pour les jours où la pollution par l'ozone atteint son niveau médian (P50) : l'excès de mortalité totale est alors de **1,6%**.

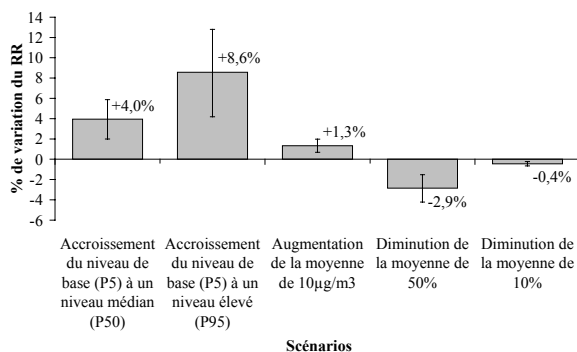
**Figure 18. Mortalité et indice de fumées noires (FN) :**  
**Variation du risque relatif (RR) de mortalité (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de FN.**

Niveaux de fond de FN pendant la période d'étude de la mortalité (1987-1998)	
(moyenne 24h en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	8
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	22
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	64
moyenne	27

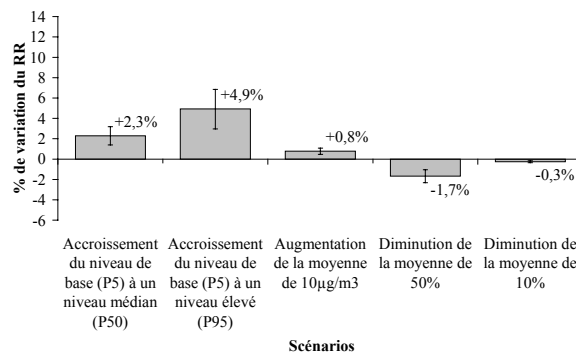
**1 Mortalité totale**



**2 Mortalité pour causes respiratoires**



**3 Mortalité pour causes cardiovasculaires**



- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes de mortalité codées selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) : mortalité pour causes non-accidentelles (1-799) ; respiratoires (460-519) ; cardiovasculaires (390-459).

## Liens entre mortalité et indice de fumées noires

Il existe un lien significatif entre le niveau de fond de fumées noires et le risque relatif de mortalité toutes causes. Il en est de même pour les risques relatifs de mortalité pour causes respiratoires et cardiovasculaires.

Comme pour le dioxyde d'azote, le risque relatif de mortalité pour causes respiratoires est affecté par les scénarios de variation du niveau de fumées noires de façon plus importante que les risques relatifs de mortalité toutes causes et pour causes cardiovasculaires.

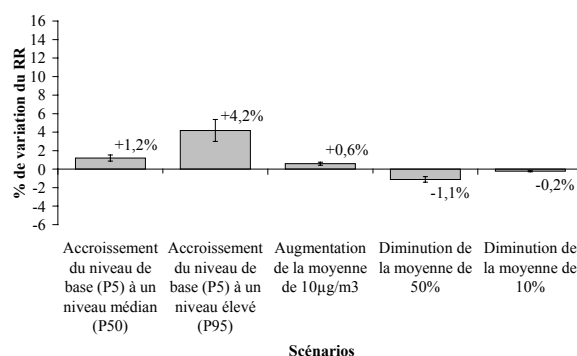
Les diminutions des risques relatifs de mortalité ne dépassent pas 1% lorsque le niveau de fumées noires baisse de 10%. Cependant, lorsque le niveau moyen de fumées noires baisse de 50%, les diminutions des risques relatifs de mortalité peuvent atteindre **2,9%** (mortalité pour causes respiratoires).

Par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours de forte pollution par les fumées noires (P95) sont associés à un excès de mortalité pouvant atteindre **8,6%** (mortalité respiratoire). Il en est de même, mais dans une moindre mesure, pour les jours où la pollution par les fumées noires atteint son niveau médian (P50) : les excès de mortalité peuvent alors atteindre **4%** (mortalité respiratoire).

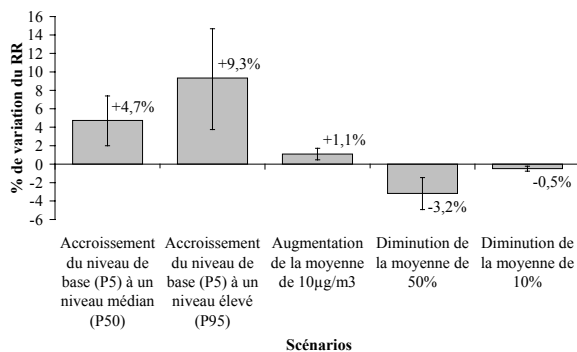
**Figure 19. Mortalité et particules fines en suspension (PM<sub>13</sub>) :**  
**Variation du risque relatif (RR) de mortalité (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios**  
**d'évolution du niveau de PM<sub>13</sub>**

Niveaux de fond de PM <sub>13</sub> pendant la période d'étude de la mortalité (1987-1998)	
(moyenne 24h en µg/m <sup>3</sup> )	
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	11
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	30
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	81
moyenne	36

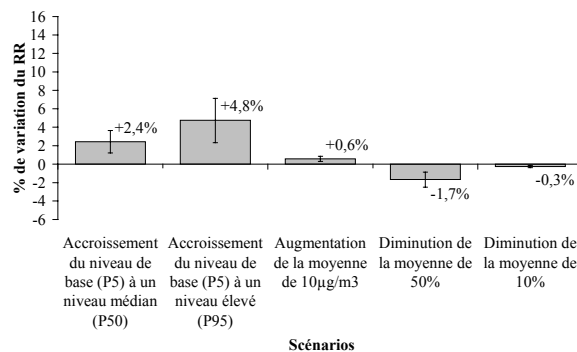
❶ Mortalité totale



❷ Mortalité pour causes respiratoires



❸ Mortalité pour causes cardiovasculaires



- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes de mortalité codées selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) : mortalité pour causes non-accidentelles (1-799) ; respiratoires (460-519) ; cardiovasculaires (390-459).

## **Liens entre mortalité et particules fines en suspension (PM<sub>13</sub>)**

Il existe un lien significatif entre le niveau de fond de particules fines et le risque relatif de mortalité toutes causes. Il en est de même pour les risques relatifs de mortalité pour causes respiratoires et cardiovasculaires.

Comme pour le dioxyde d'azote et les fumées noires, le risque relatif de mortalité pour causes respiratoires est affecté par les scénarios de variation du niveau de particules fines de façon deux fois plus importante que les risques relatifs de mortalité toutes causes et pour causes cardiovasculaires.

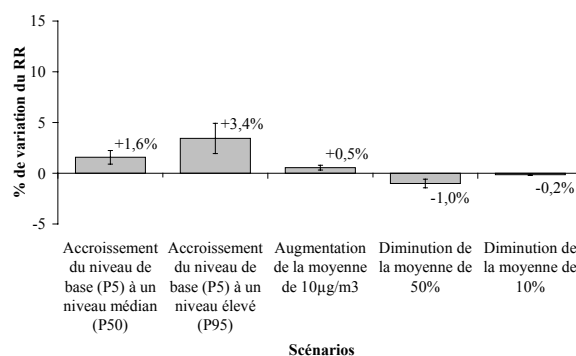
Les diminutions des risques relatifs de mortalité ne dépassent pas 1% lorsque le niveau de particules fines baisse de 10%. Cependant, lorsque le niveau moyen de particules fines baisse de 50%, les diminutions des risques relatifs de mortalité peuvent atteindre **3,2%** (mortalité pour causes respiratoires).

Par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours de forte pollution par les particules fines (P95) sont associés à un excès de mortalité pouvant atteindre **9,3%** (mortalité respiratoire). Il en est de même, dans une moindre mesure, pour les jours où la pollution par les particules fines atteint son niveau médian (P50) : les excès de mortalité peuvent alors atteindre **4,7%** (mortalité respiratoire).

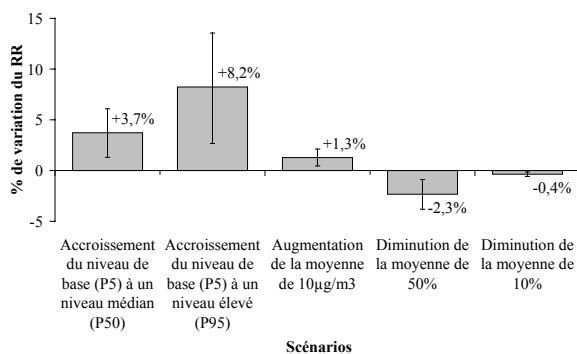
**Figure 20. Mortalité et dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) :**  
**Variation du risque relatif (RR) de mortalité (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de SO<sub>2</sub>**

Niveaux de fond de SO <sub>2</sub> pendant la période d'étude de la mortalité (1987-1998)	
(moyenne 24h en µg/m <sup>3</sup> )	
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	5
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	16
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	58
moyenne	22

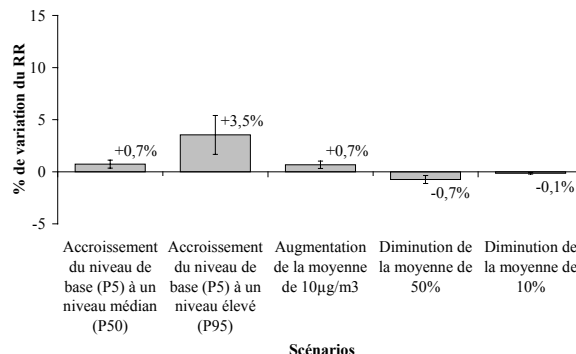
❶ Mortalité totale



❷ Mortalité pour causes respiratoires



❸ Mortalité pour causes cardiovasculaires



- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes de mortalité codées selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) : mortalité pour causes non-accidentelles (1-799) ; respiratoires (460-519) ; cardiovasculaires (390-459).

## Liens entre mortalité et dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Il existe un lien significatif entre le niveau de fond de dioxyde de soufre et le risque relatif de mortalité totale. Il en est de même pour les risques relatifs de mortalité pour causes respiratoires et cardiovasculaires.

Comme pour le dioxyde d'azote, les fumées noires et les particules fines, le risque relatif de mortalité pour causes respiratoires est affecté par les scénarios de variation du niveau de dioxyde de soufre de façon plus importante que les risques relatifs de mortalité pour causes cardiovasculaires et toutes causes.

Les diminutions des risques relatifs de mortalité ne dépassent pas 1% lorsque le niveau de dioxyde de soufre baisse de 10%. Cependant, lorsque le niveau moyen de dioxyde de soufre baisse de 50%, les diminutions des risques relatifs de mortalité peuvent atteindre **2,3%** (mortalité pour causes respiratoires).

Par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours de forte pollution par le dioxyde de soufre (P95) sont associés à un excès de mortalité pouvant atteindre **8,2%** (mortalité respiratoire). Il en est de même, mais dans une moindre mesure, pour les jours où la pollution par le dioxyde de soufre atteint son niveau médian (P50) : les excès de mortalité peuvent alors atteindre **3,7%** (mortalité respiratoire).

## Synthèse des résultats concernant la mortalité

Les polluants mesurés dans le cadre de cette étude sont considérés comme des indicateurs de la pollution atmosphérique. Chacun représente donc ses effets propres mais aussi ceux des polluants émis ou formés avec lui. Pour cette raison, les risques ne peuvent pas être additionnés.

On ne peut exclure qu'il existe des effets de synergie entre les différents polluants, mais on ne peut les quantifier ici.

Les causes de mortalité non accidentelles, respiratoires et cardiovasculaires sont significativement associées aux différents indicateurs de pollution étudiés (à l'exception de l'ozone). Toutefois, les indicateurs de pollution sont généralement davantage liés à la mortalité pour causes respiratoires.

Les excès de risque associés à des augmentations du niveau des polluants ont été calculés pour trois situations : augmentation du niveau de base (P5) à un niveau médian (P50) ou à un niveau élevé (P95) et augmentation du niveau moyen de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **Pour un accroissement du niveau de base (P5) de pollution à un niveau médian (P50), les augmentations significatives du nombre journalier de décès sont :**

- pour la **mortalité totale non accidentelle**, de **2%** avec le  $\text{NO}_2$  et de **1,6%** avec l'ozone et le  $\text{SO}_2$  ;
- pour la **mortalité respiratoire**, de **4,7%** avec les  $\text{PM}_{10}$ , de **4%** avec l'indice de fumées noires, de **3,7%** avec le  $\text{SO}_2$ , et
- pour la **mortalité cardiovasculaire**, de **2,4%** avec les  $\text{PM}_{10}$ , et de **2,3%** avec les fumées noires et de **2,1%** avec le  $\text{NO}_2$ .

### **Pour un accroissement du niveau de base (P5) de pollution à un niveau élevé (P95), les augmentations significatives du nombre journalier de décès sont :**

- de **6,1%** avec l'ozone, de **4,6%** avec les fumées noires et de **3,4%** avec le  $\text{SO}_2$  pour la **mortalité totale non accidentelle** ;



- de **8,2%** avec le SO<sub>2</sub>, de **8,6%** avec l'indice de fumées noires, et de **9,2 %** avec le NO<sub>2</sub> pour la **mortalité respiratoire** ; et
- de **5%** avec le NO<sub>2</sub> et de **4,9%** avec l'indice de fumées noires pour la **mortalité cardiovasculaire**.

**Pour une augmentation du niveau de pollution de 10 µg/m<sup>3</sup>, les augmentations significatives du nombre de décès sont :**

- de **0,5%** avec le SO<sub>2</sub>, de **0,9%** le NO<sub>2</sub> et de **0,7%** avec les fumées noires pour la **mortalité totale non accidentelle** ;
- de **1,3%** avec les fumées noires et le SO<sub>2</sub> et de **1,7%** avec le NO<sub>2</sub> pour la **mortalité respiratoire** ; et
- de **0,9%** avec le NO<sub>2</sub> pour la **mortalité cardiovasculaire**.

Par ailleurs ont été calculés les bénéfices sanitaires attendus pour deux scénarios de diminution du niveau des polluants : diminution du niveau moyen de 10% et de 50% :

**Pour une diminution du niveau moyen de 10%, les diminutions significatives du nombre journalier de décès sont :**

- de **0,4%** avec le NO<sub>2</sub> et **0,2%** pour tous les autres polluants pour la **mortalité totale non accidentelle** ;
- de **0,8%** avec le NO<sub>2</sub> et **0,4%** avec les fumées noires pour la **mortalité pour causes respiratoires** ; et
- de **0,5%** avec le NO<sub>2</sub> pour la **mortalité pour causes cardiovasculaires**.

**Pour une diminution du niveau moyen de 50%, les diminutions significatives du nombre journalier de décès sont :**

- de **2,2%** avec le NO<sub>2</sub>, et de **1,6%** avec les fumées noires pour la **mortalité totale non accidentelle** ;
- de **4,1%** avec le NO<sub>2</sub>, de **3,2%** avec les particules fines en suspension (PM<sub>13</sub>) pour la **mortalité pour causes respiratoires** ; et

- de **2,3%** avec le NO<sub>2</sub> et de **1,7%** avec les fumées noires et les particules fines en suspension (PM<sub>13</sub>) pour la **mortalité pour causes cardiovasculaires**.

Ces résultats confirment les liens entre pollution de fond et mortalité.

## 2. Liens entre morbidité et pollution atmosphérique pour la période 1987-2000

*Dans cette deuxième partie, les résultats présentent les conséquences d'un accroissement ou d'une diminution de la pollution atmosphérique sur les hospitalisations à l'Assistance Publique - Hôpitaux de Paris au cours de la période 1987-2000.*

Pour la période s'étendant du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996, les données concernant les admissions hospitalières ont été recueillies à l'aide du système Otarie, et les diagnostics ont été codés selon la classification CIM-9.

Par la suite, à partir du 1<sup>er</sup> juillet 1997, les données ont été recueillies à l'aide du système PMSI, et les diagnostics ont été codés selon la classification CIM-10.

En raison de ce changement de mode de recueil, les données correspondant à chacune des deux périodes ont été traitées de façon séparée.

Les maladies considérées sont les maladies de l'appareil respiratoire, l'asthme, les broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO), les maladies de l'appareil circulatoire et les cardiopathies ischémiques.

Ces résultats sont présentés à l'aide de 20 figures correspondant chacune à un indicateur de pollution et un type de maladies. Chaque figure comprend plusieurs graphes.

Chaque graphique présente, pour chaque scénario d'évolution du niveau de pollution, la variation (en pourcentage) du risque relatif de mortalité correspondant. Les intervalles de confiance à 95% sont aussi portés sur ces graphiques. Si l'intervalle de confiance n'englobe pas la valeur zéro, alors la variation du risque relatif est significative.

Chaque graphique représente deux séries de données : l'une correspond à l'analyse des données issues du système Otarie (1987-1996), l'autre correspond à l'analyse des données issues du système PMSI (1997-2000).

Les caractéristiques de la distribution des niveaux de polluants (percentiles, moyenne) sont rappelées pour chacune des périodes.

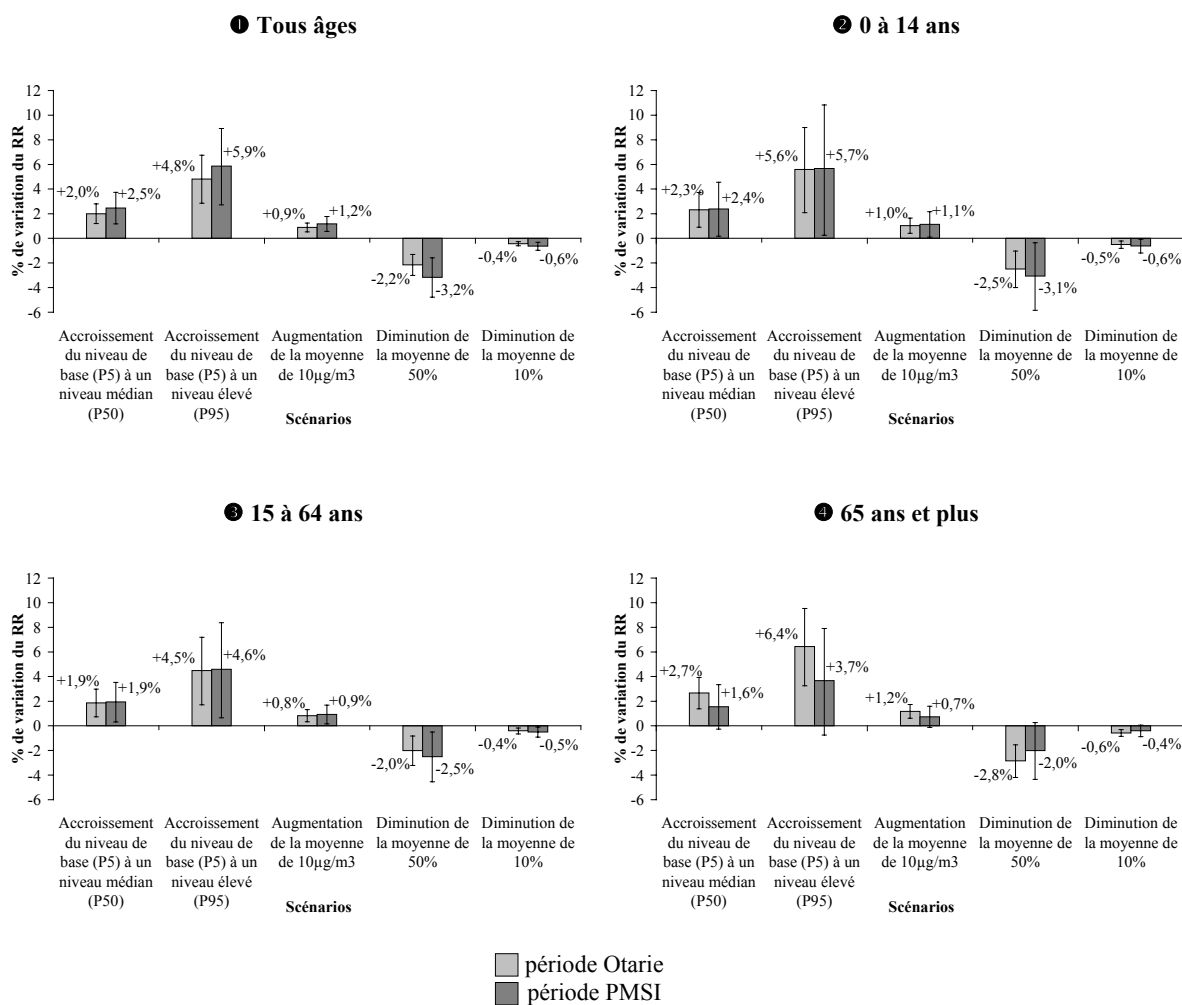
Les cinq scénarios d'évolution du niveau de pollution étudiés sont identiques à ceux étudiés pour la mortalité (cf. p. 99-100). Pour mémoire, ces scénarios sont les suivants :

- une augmentation du niveau de pollution de base (P5) à un niveau médian (P50) ;
- une augmentation du niveau de pollution de base (P5) à un niveau élevé (P95) ;
- une augmentation du niveau moyen de pollution de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  ;
- une diminution du niveau moyen de pollution de 10%, et
- une diminution du niveau moyen de pollution de 50%.

A la fin des parties consacrées à chaque pathologie, une synthèse rappelle les principaux résultats.



**Figure 21. Hospitalisations pour maladies respiratoires et NO<sub>2</sub> :**  
**Variation (en pourcentage) du risque relatif (RR) d'hospitalisations en fonction de cinq scénarios**  
**d'évolution du niveau de NO<sub>2</sub>.**



Niveaux de fond de NO <sub>2</sub> (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	25	30
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	47	53
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	82	86
moyenne	49	55

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) de 460 à 519, pour la période PMSI selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J00 à J99.

## Liens entre hospitalisations pour maladies respiratoires et NO<sub>2</sub>

Il existe un lien significatif entre le niveau de fond de dioxyde d'azote et les risques relatifs d'hospitalisations pour maladies respiratoires, à l'exception des hospitalisations des plus de 65 ans pendant la période PMSI.

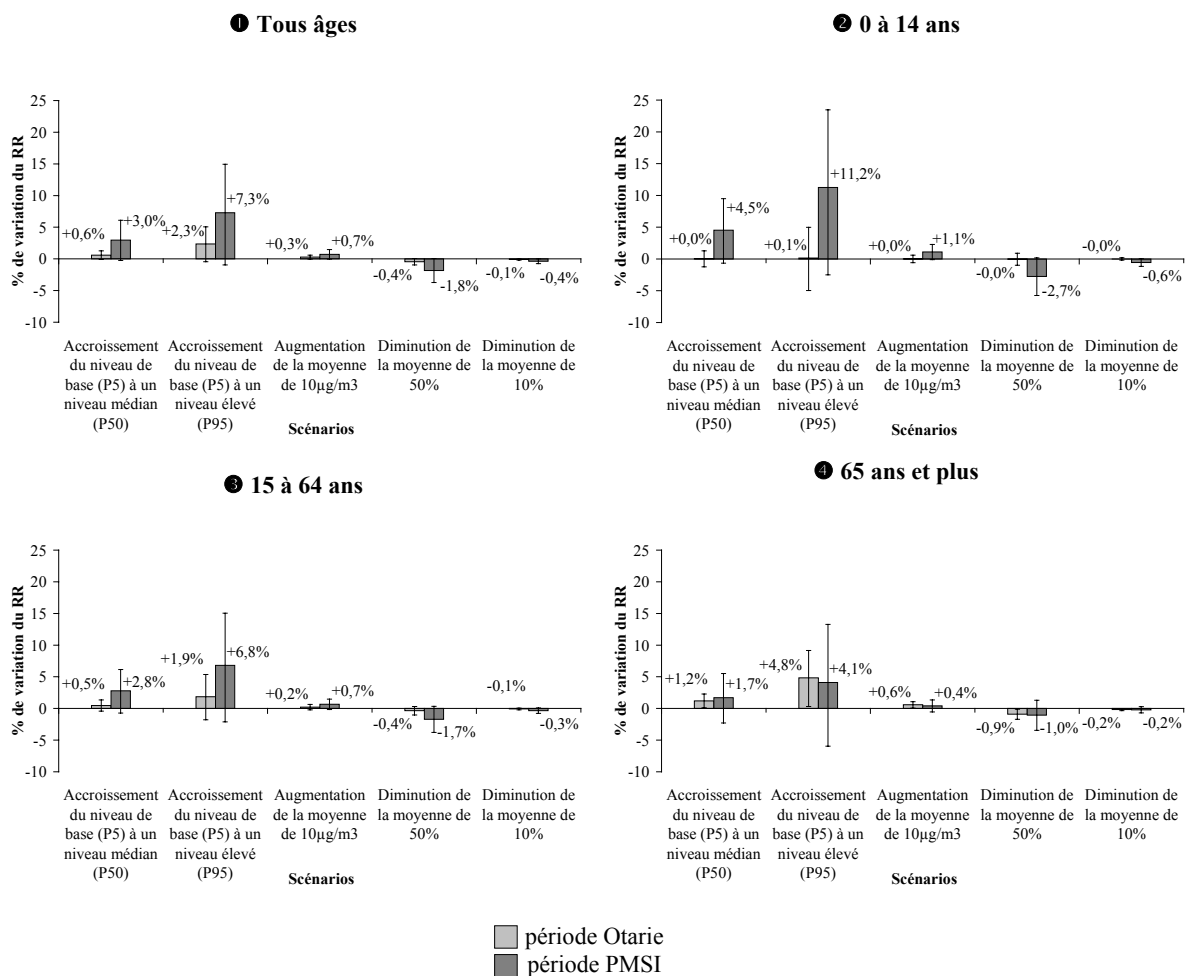
Lorsque l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour maladies respiratoires, les personnes les plus âgées (65 ans et plus) et les plus jeunes (0-14 ans) sont les plus fortement affectées.

Ainsi pendant la période Otarie, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du nombre d'hospitalisations pour maladies respiratoires :

- de **6,4%** pour les plus de 65 ans,
- de **5,6%** pour les moins de 15 ans, et
- de **4,5%** pour les 15-64 ans.

Pour le scénario d'augmentation du niveau moyen de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ , les variations des risques relatifs d'hospitalisations des personnes âgées de 0 à 14 ans et de 15 à 64 ans sont sensiblement identiques entre les périodes Otarie et PMSI. Seul ce scénario peut donner lieu à ce type de comparaison, dans la mesure où les autres scénarios correspondent à des variations relatives des niveaux de polluant, qui ne sont donc pas d'amplitudes identiques d'une période à l'autre.

**Figure 22. Hospitalisations pour maladies respiratoires et O<sub>3</sub> : Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de O<sub>3</sub>.**



Niveaux de fond de O <sub>3</sub> (sur 24h, la plus élevée des moyennes mobiles calculées sur 8 heures consécutives en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	3	7
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	24	49
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	91	110
moyenne	32	51

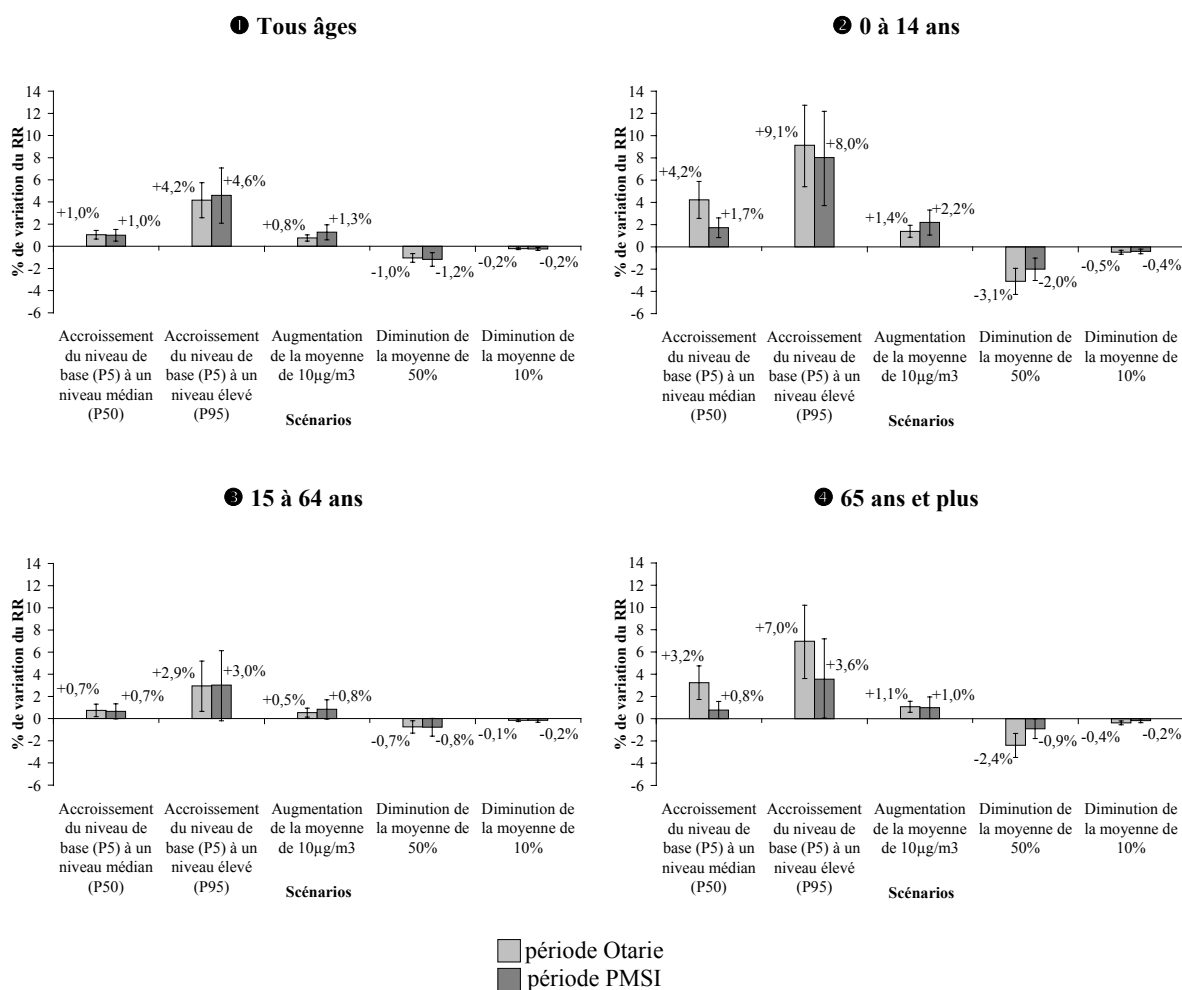
- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) de 460 à 519, pour la période PMSI selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J00 à J99.



## **Liens entre hospitalisations pour maladies respiratoires et O<sub>3</sub>**

L'analyse réalisée ici n'a pas permis de mettre en évidence un lien significatif entre le niveau de fond d'ozone et le risque relatif d'hospitalisations pour maladie respiratoire, à l'exception des hospitalisations des plus de 65 ans pendant la période Otarie.

**Figure 23. Hospitalisations pour maladies respiratoires et indice de fumées noires : Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de FN.**



Niveaux de fond de FN (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	8	7
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	23	14
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	66	43
moyenne	28	19

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ième</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) de 460 à 519, pour la période PMSI selon la 10<sup>ième</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J00 à J99.

---

## **Liens entre hospitalisations pour maladies respiratoires et indice de fumées noires (FN)**

Il existe un lien significatif entre le niveau de fond de fumées noires et le risque relatif d'hospitalisations pour maladies respiratoires, à l'exception des hospitalisations des 15-64 ans pendant la période PMSI.

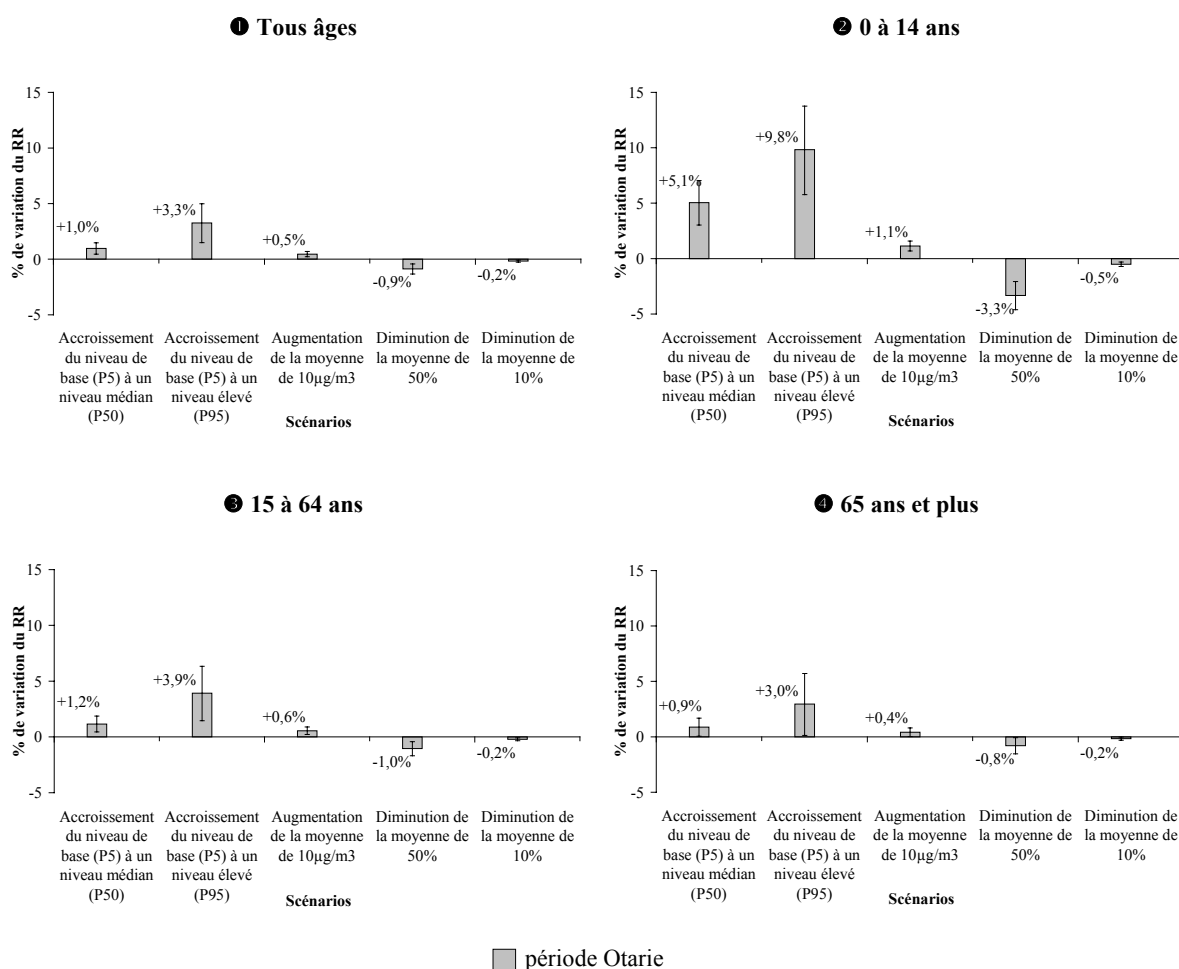
Si l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour maladies respiratoires pendant la période Otarie, les personnes les plus jeunes (0-14 ans) et les plus âgées (65 ans et plus) sont les plus fortement affectées par les variations du niveau de fumées noires.

Ainsi pendant cette période, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du nombre d'hospitalisations pour maladies respiratoires :

- de **9,1%** pour les moins de 15 ans,
- de **7%** pour les plus de 65 ans, et
- de **2,9%** pour les 15-64 ans.

Pour le scénario d'augmentation du niveau moyen de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ , les variations des risques relatifs d'hospitalisations des personnes âgées de 65 ans et plus sont sensiblement identiques entre les périodes Otarie et PMSI. Pour les autres classes d'âges, elles ne diffèrent que très légèrement.

**Figure 24. Hospitalisations pour maladies respiratoires et PM<sub>13</sub> :  
Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios  
d'évolution du niveau de PM<sub>13</sub>.**



**Niveaux de fond de PM<sub>13</sub> (moyenne sur 24h en µg/m<sup>3</sup>) pendant la période Otarie (1987-1996)**

5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	11
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	33
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	84
moyenne	39

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) de 460 à 519, pour la période PMSI selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J00 à J99.

## **Liens entre hospitalisations pour maladies respiratoires et PM<sub>13</sub>**

Les données concernant les niveaux de PM<sub>13</sub> ne sont disponibles que pendant la période correspondant au système de recueil des données d'hospitalisation Otarie. Les résultats présentés pour ce polluant ne concernent donc que la période Otarie (1987-1996).

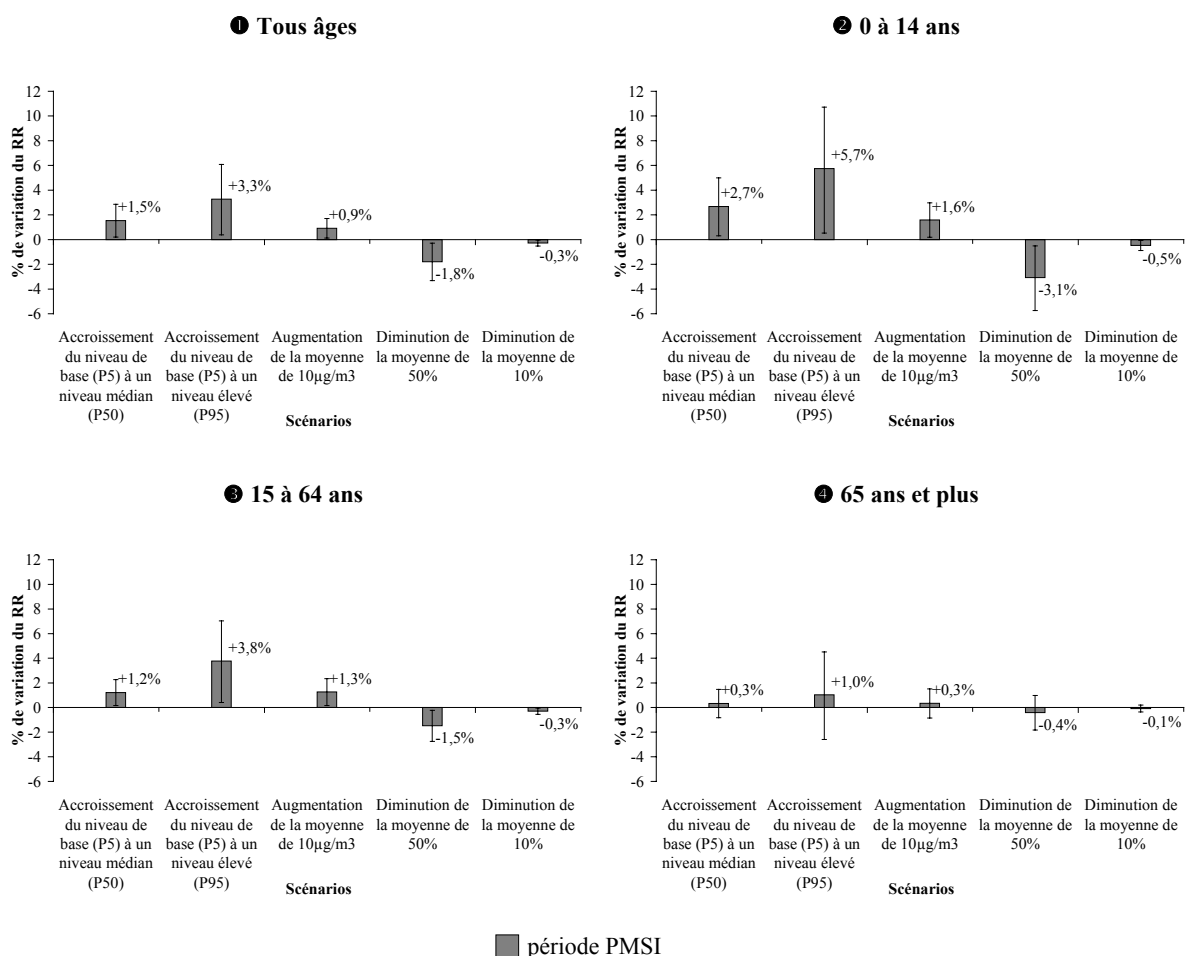
Il existe un lien significatif entre le niveau de fond de PM<sub>13</sub> et le risque relatif d'hospitalisations pour maladies respiratoires.

Si l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour maladies respiratoires, les personnes les plus jeunes (0-14 ans) sont les plus fortement affectées par les variations du niveau de PM<sub>13</sub>.

Ainsi, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du nombre d'hospitalisations pour maladies respiratoires :

- de **9,8%** pour les moins de 15 ans,
- de **3%** pour les plus de 65 ans, et
- de **3,9%** pour les 15-64 ans.

**Figure 25. Hospitalisations pour maladies respiratoires et PM<sub>10</sub> :**  
**Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios**  
**d'évolution du niveau de PM<sub>10</sub>.**



Niveaux de fond de PM <sub>10</sub> (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période PMSI (1997-2000)	
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	11
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	21
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	44
moyenne	24

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) de 460 à 519, pour la période PMSI selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J00 à J99.

## **Liens entre hospitalisations pour maladies respiratoires et PM<sub>10</sub>**

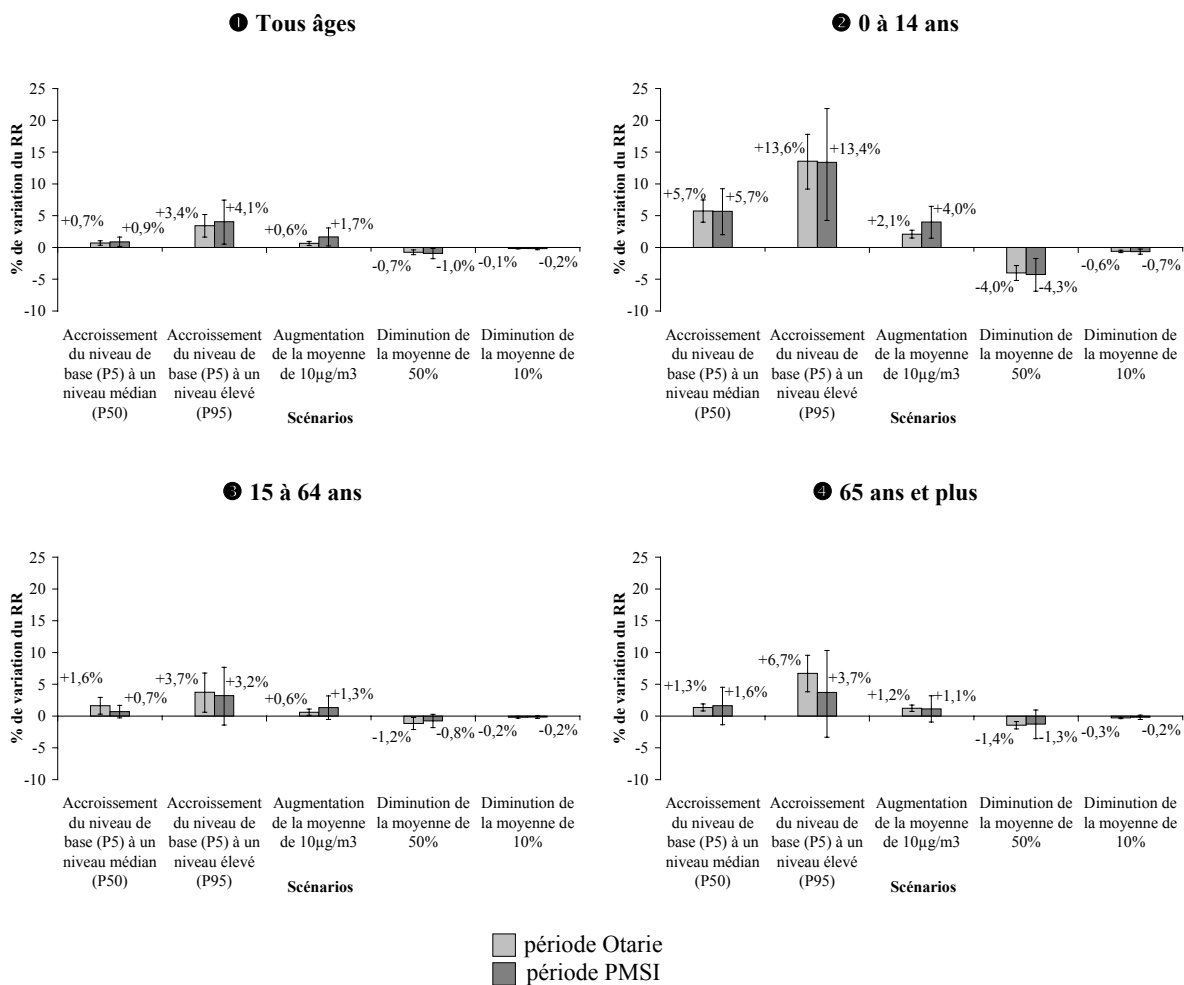
Les résultats présentés ne concernent que la période PMSI (1997-2000) puisque les données concernant les niveaux de PM<sub>10</sub> n'étaient pas disponibles sur la totalité de la période Otarie (1987-1996).

Il existe un lien significatif entre le niveau de fond de PM<sub>10</sub> et le risque relatif d'hospitalisations pour maladies respiratoires, à l'exception des hospitalisations des personnes âgées de 65 ans et plus.

Lorsque l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour maladies respiratoires, les personnes les plus jeunes (0-14 ans) sont les plus fortement affectées par les variations du niveau de PM<sub>10</sub>. Ainsi, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du nombre d'hospitalisations pour maladies respiratoires :

- de **5,7%** pour les moins de 15 ans,
- de **3,8%** pour les 15-64 ans, et
- de **3,3%** pour toutes les classes d'âges.

**Figure 26. Hospitalisations pour maladies respiratoires et SO<sub>2</sub> :**  
**Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios**  
**d'évolution du niveau de SO<sub>2</sub>.**



Niveaux de fond de SO <sub>2</sub> (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	6	3
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	18	9
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	62	19
moyenne	24	12

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) de 460 à 519, pour la période PMSI selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J00 à J99.



## Liens entre hospitalisations pour maladies respiratoires et SO<sub>2</sub>

Il existe un lien significatif entre le niveau de fond de dioxyde de soufre et le risque relatif d'hospitalisations pour maladies respiratoires, à l'exception des hospitalisations des 15-64 ans et des 65 ans et plus pendant la période PMSI.

Si l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour maladies respiratoires pendant la période Otarie, les personnes les plus jeunes (0-14 ans) sont les plus fortement affectées par les variations du niveau de dioxyde de soufre. Puis ce sont les personnes les plus âgées (65 ans et plus) et enfin les 15-64 ans.

Ainsi pendant cette période, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du nombre d'hospitalisations pour maladies respiratoires :

- de **13,6%** pour les moins de 15 ans,
- de **6,7%** pour les plus de 65 ans, et
- de **3,7%** pour les 15-64 ans.

Pour le scénario d'augmentation du niveau moyen de 10µg/m<sup>3</sup>, les variations des risques relatifs d'hospitalisations tous âges sont un peu plus élevées pendant la période PMSI que pendant la période Otarie.

## Synthèse des résultats concernant les hospitalisations pour maladies respiratoires

Quelle que soit la période considérée, les hospitalisations tous âges pour maladies respiratoires sont significativement associées aux différents indicateurs de pollution étudiés, à l'exception de l'ozone (O<sub>3</sub>).

Le risque relatif d'hospitalisations pour maladies respiratoires des adultes (15-64 ans et 65 ans et plus) n'est pas lié de façon significative avec certains polluants (notamment pour la période PMSI).

Par contre, quelle que soit la période considérée, les risques relatifs d'hospitalisations des enfants (moins de 15 ans) sont associés de façon significative avec tous les polluants à l'exception de l'ozone.

Les excès de risque associés à des augmentations du niveau des polluants ont été calculés pour trois situations : augmentation du niveau de base (P5) à un niveau médian (P50) ou à un niveau élevé (P95), et augmentation du niveau moyen de 10 µg/m<sup>3</sup>.

**Pour un accroissement du niveau de base (P5) de pollution à un niveau médian (P50), les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour maladies respiratoires sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec les **PM<sub>13</sub>**, de **5,1%** pour les **moins de 15 ans**, **1,2%** pour les **15-64 ans** et **0,9%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec les **fumées noires**, de **4,2%** pour les **moins de 15 ans**, de **0,7%** pour les **15-64 ans** et de **3,2%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **2,3%** pour les **moins de 15 ans**, de **1,9%** pour les **15-64 ans** et de **2,7%** pour les **plus de 65 ans**.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec les **PM<sub>10</sub>**, de **2,7%** pour les **moins de 15 ans** et **1,2%** pour les **15-64 ans** ;
  - avec les **fumées noires**, de **1,7%** pour les **moins de 15 ans** et de **0,8%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **2,4%** pour les **moins de 15 ans** et de **1,9%** pour les **15-64 ans**.

**Pour un accroissement du niveau de base (P5) de pollution à un niveau élevé (P95), les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour maladies respiratoires sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec les **PM<sub>13</sub>**, de **9,8%** pour les **moins de 15 ans**, **3,9%** pour les **15-64 ans** et **3%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec les **fumées noires**, de **9,1%** pour les **moins de 15 ans**, de **2,9%** pour les **15-64 ans** et de **7%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **5,6%** pour les **moins de 15 ans**, de **4,5%** pour les **15-64 ans** et de **6,4%** pour les **plus de 65 ans**.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec les **PM<sub>10</sub>**, de **5,7%** pour les **moins de 15 ans** et **3,8%** pour les **15-64 ans** ;
  - avec les **fumées noires**, de **8%** pour les **moins de 15 ans** et de **3,6%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **5,7%** pour les **moins de 15 ans** et de **4,6%** pour les **15-64 ans**.

**Pour un accroissement du niveau de pollution de 10 µg/m<sup>3</sup>, les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour maladies respiratoires sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec les **PM<sub>13</sub>**, de **1,1%** pour les **moins de 15 ans**, **0,6%** pour les **15-64 ans** et **0,4%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec les **fumées noires**, de **1,4%** pour les **moins de 15 ans**, de **0,5%** pour les **15-64 ans** et de **1,1%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **1%** pour les **moins de 15 ans**, de **0,8%** pour les **15-64 ans** et de **1,2%** pour les **plus de 65 ans**.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec les **PM<sub>10</sub>**, de **1,6%** pour les **moins de 15 ans** et **1,3%** pour les **15-64 ans** ;
  - avec les **fumées noires**, de **2,2%** pour les **moins de 15 ans** et de **1%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **1,1%** pour les **moins de 15 ans** et de **0,9%** pour les **15-64 ans**.

Les bénéfices sanitaires attendus ont été calculés pour deux situations : diminution du niveau moyen de 10% et de 50%.

**Pour une diminution du niveau moyen de pollution de 10%, les diminutions significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour maladies respiratoires sont :**

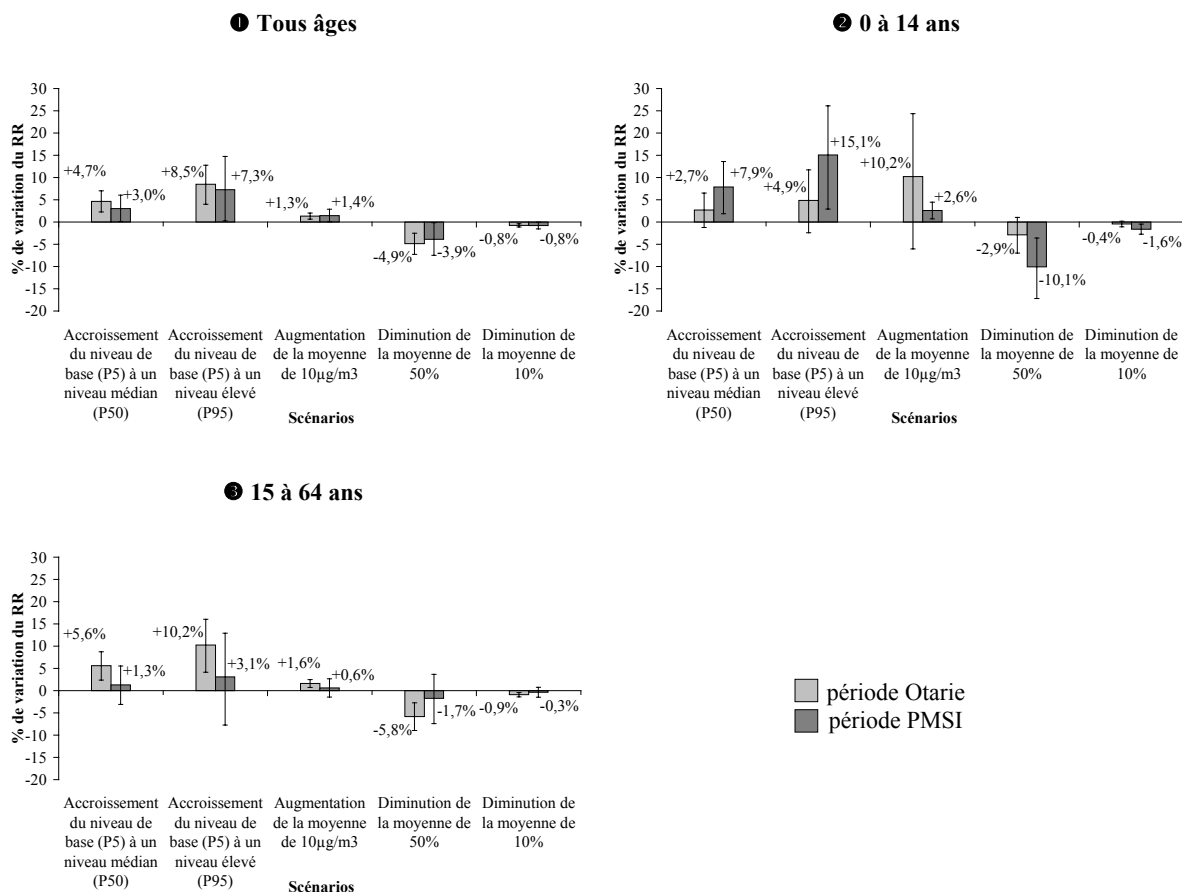
- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec les **PM<sub>13</sub>**, de **0,5%** pour les **moins de 15 ans**, **0,2%** pour les **15-64 ans** et **0,2%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec les **fumées noires**, de **0,5%** pour les **moins de 15 ans**, de **0,1%** pour les **15-64 ans** et de **0,4%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **0,5%** pour les **moins de 15 ans**, de **0,4%** pour les **15-64 ans** et de **0,6%** pour les **plus de 65 ans**.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec les **PM<sub>10</sub>**, de **0,5%** pour les **moins de 15 ans** et **0,3%** pour les **15-64 ans** ;
  - avec les **fumées noires**, de **0,4%** pour les **moins de 15 ans** et de **0,2%** pour les **plus de 65 ans** ;
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **0,6%** pour les **moins de 15 ans** et de **0,5%** pour les **15-64 ans**.

Pour une diminution du niveau moyen de pollution de 50%, les diminutions significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour maladies respiratoires sont :

- pour la période Otarie (1987-1996)
  - avec les  $PM_{13}$ , de 3,3% pour les moins de 15 ans, 1% pour les 15-64 ans et 0,8% pour les plus de 65 ans ;
  - avec les fumées noires, de 3,1% pour les moins de 15 ans, de 0,7% pour les 15-64 ans et de 2,4% pour les plus de 65 ans ;
  - avec le  $NO_2$ , de 2,5% pour les moins de 15 ans, de 2% pour les 15-64 ans et de 2,8% pour les plus de 65 ans.
- pour la période PMSI (1997-2000)
  - avec les  $PM_{10}$ , de 3,1% pour les moins de 15 ans et 1,5% pour les 15-64 ans ;
  - avec les fumées noires, de 2% pour les moins de 15 ans et de 0,9% pour les plus de 65 ans ;
  - avec le  $NO_2$ , de 3,1% pour les moins de 15 ans et de 2,5% pour les 15-64 ans.

Quel que soit l'indicateur de pollution considéré, les personnes **les plus jeunes** (moins de 15 ans) **sont les plus affectées** par les scénarios d'évolution du niveau de pollution en terme de variation du risque relatif **d'hospitalisations pour maladies respiratoires**.

**Figure 27. Hospitalisations pour asthme et NO<sub>2</sub> :**  
**Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios**  
**d'évolution du niveau de NO<sub>2</sub>.**



Niveaux de fond de NO <sub>2</sub> (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	25	30
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	47	53
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	82	86
moyenne	49	55

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) en 493, pour la période PMSI selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J45 à J46.

## **Liens entre hospitalisations pour asthme et NO<sub>2</sub>**

Il existe un lien significatif entre le niveau de fond de dioxyde d'azote et le risque relatif d'hospitalisations pour asthme tous âges.

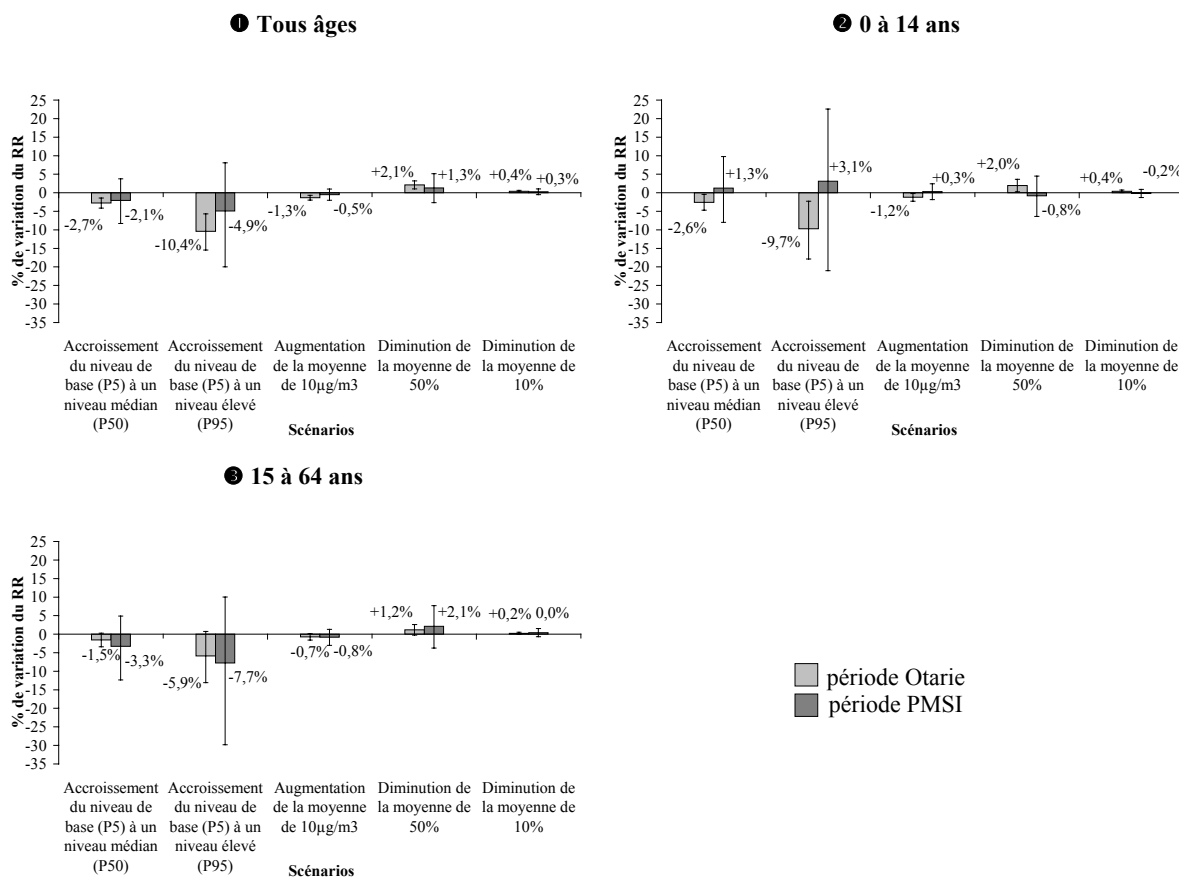
Si l'on détaille par classes d'âges, ce lien n'est significatif que pour les moins de 15 ans pendant la période PMSI, et pour les 15-64 ans pendant la période Otarie.

Lorsque l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour asthme pendant la période PMSI, les personnes les plus jeunes (0-14 ans) sont plus fortement affectées par les variations du niveau de dioxyde d'azote que la population prise dans son ensemble.

Ainsi, pendant cette période, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du nombre d'hospitalisations pour asthme :

- de **15,1%** pour les moins de 15 ans, et
- de **7,3%** pour les hospitalisations tous âges.

**Figure 28. Hospitalisations pour asthme et O<sub>3</sub> :**  
**Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios**  
**d'évolution du niveau de O<sub>3</sub>.**



Niveaux de fond de O <sub>3</sub> (sur 24h, la plus élevée des moyennes mobiles calculées sur 8 heures consécutives en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	3	7
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	24	49
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	91	110
moyenne	32	51

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) en 493, pour la période PMSI selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J45 à J46.



### **Liens entre hospitalisations pour asthme et O<sub>3</sub>**

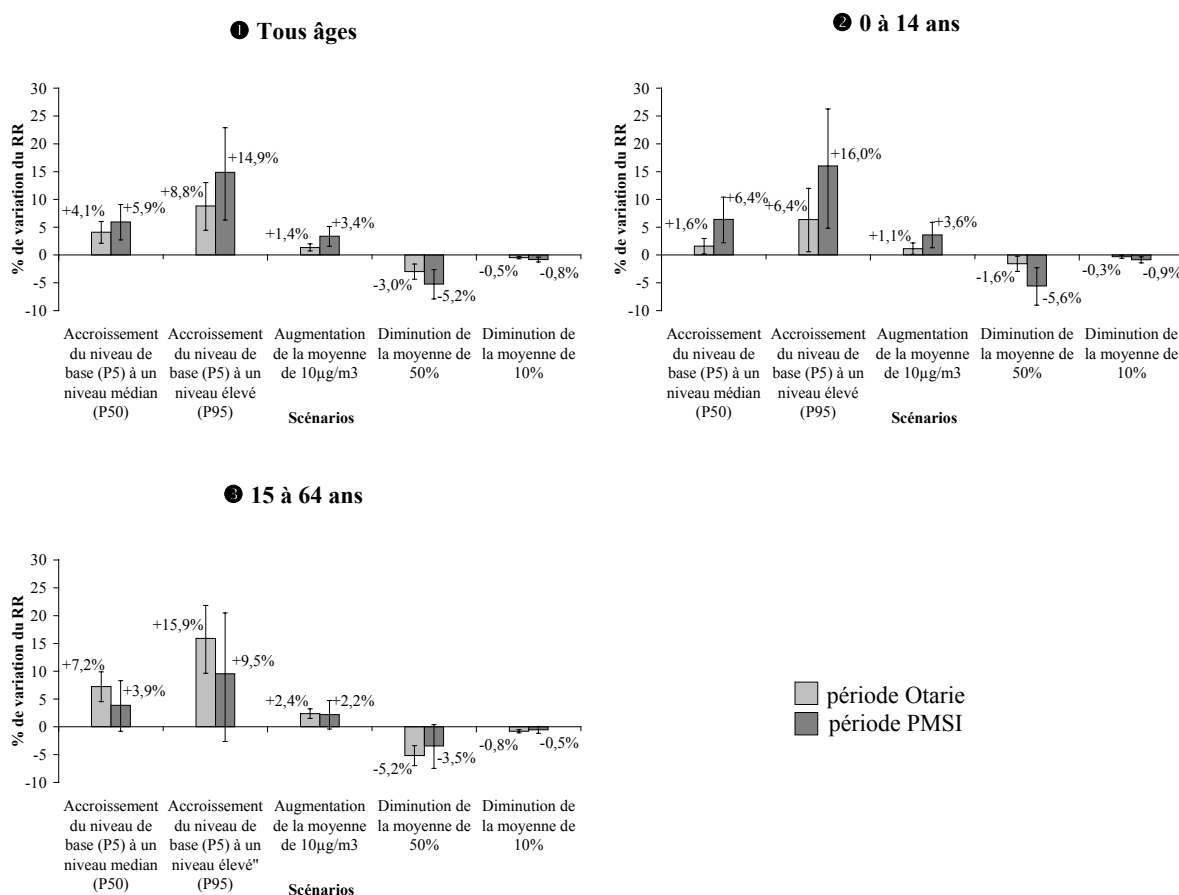
Il n'a pas été possible lors de l'analyse de modéliser convenablement les liens entre ozone et asthme. Les intervalles de confiance autour des risques relatifs calculés sont alors très étendus dans la plupart des cas.

Le risque d'hospitalisation pour asthme diminue dans certains scénarios d'augmentation du niveau du polluant, et réciproquement. Compte tenu des éléments publiés par ailleurs, ce résultat est sans doute un artéfact lié à la méthode d'analyse. En effet, l'ozone est un polluant présentant une très forte saisonnalité.

Le protocole d'analyse utilisé ici n'étudie pas séparément l'été et l'hiver (contrairement à ce qui avait été fait dans la précédente étude Erpurs), mais prend en compte la saison sous forme d'un facteur supplémentaire incorporé au modèle. Ce choix a été fait afin de se conformer au protocole d'analyse utilisé dans les programmes nationaux et européens PSAS-9 et APHEIS.

Cependant, dans le cas de l'ozone dans la région Ile de France, il semble que les résultats en terme de variation du risque relatif ne soient pas directement exploitables.

**Figure 29. Hospitalisations pour asthme et indice de fumées noires (FN) :**  
**Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios**  
**d'évolution du niveau de FN.**



Niveaux de fond de FN (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	8	7
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	23	14
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	66	43
moyenne	28	19

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) en 493, pour la période PMSI selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J45 à J46.

---

## Liens entre hospitalisations pour asthme et indice de fumées noires (FN)

Comme pour le dioxyde d'azote, il existe un lien significatif entre le niveau de fond de fumées noires et le risque relatif d'hospitalisations pour asthme, à l'exception des hospitalisations des plus de 65 ans pendant la période PMSI.

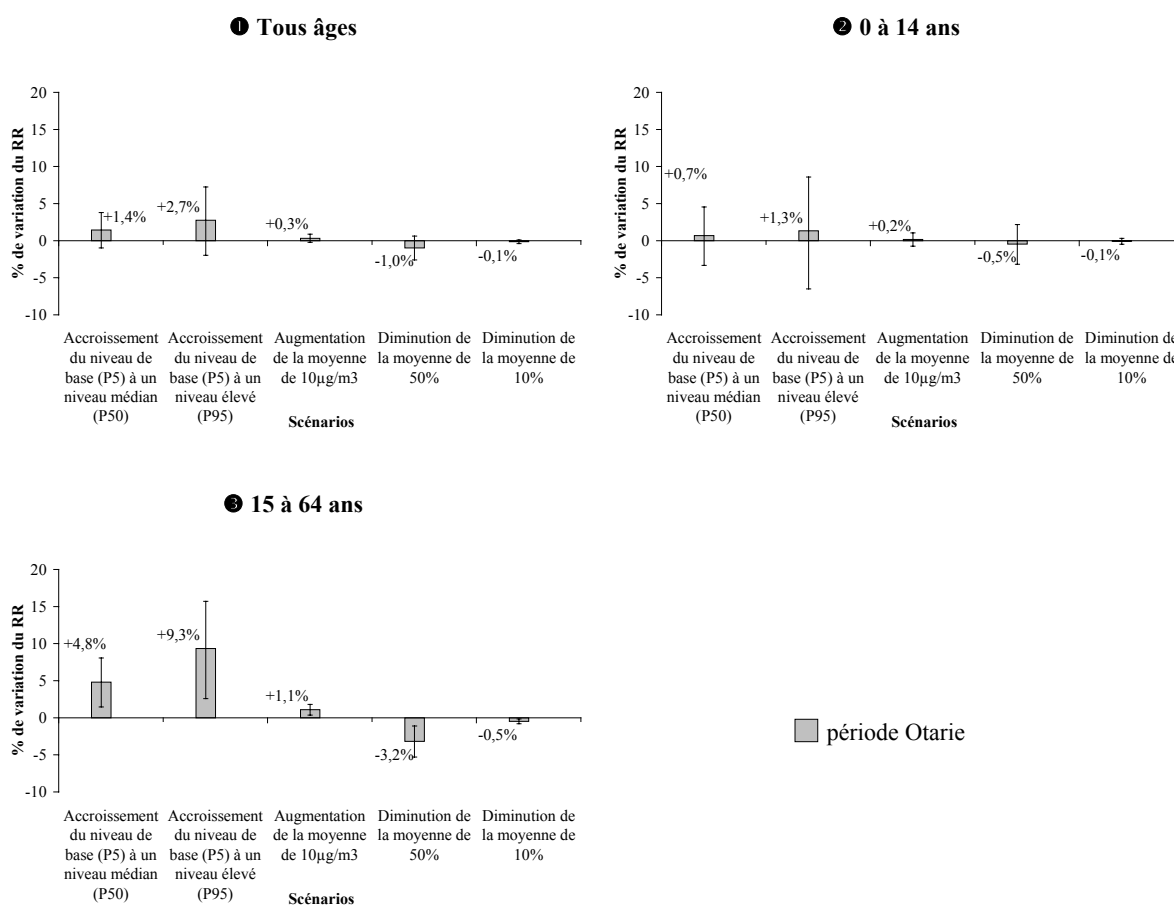
Lorsque l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour asthme, les adultes (15-64 ans) sont les plus fortement affectés.

Ainsi pendant la période Otarie, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du nombre d'hospitalisations pour asthme :

- de **15,9%** pour les 15-64 ans,
- de **6,4%** pour les moins de 15 ans, et
- de **8,8%** pour la population totale.

Pour le scénario d'augmentation du niveau moyen de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ , les variations des risques relatifs d'hospitalisations des personnes tous âges et âgées de 0 à 14 ans sont légèrement plus élevées pendant la période PMSI que pendant la période Otarie.

**Figure 30. Hospitalisations pour asthme et PM<sub>13</sub> :**  
**Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios**  
**d'évolution du niveau de PM<sub>13</sub>.**



**Niveaux de fond de PM<sub>13</sub> (moyenne sur 24h en µg/m<sup>3</sup>) pendant la période Otarie (1987-1996)**

5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	11
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	33
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	84
moyenne	39

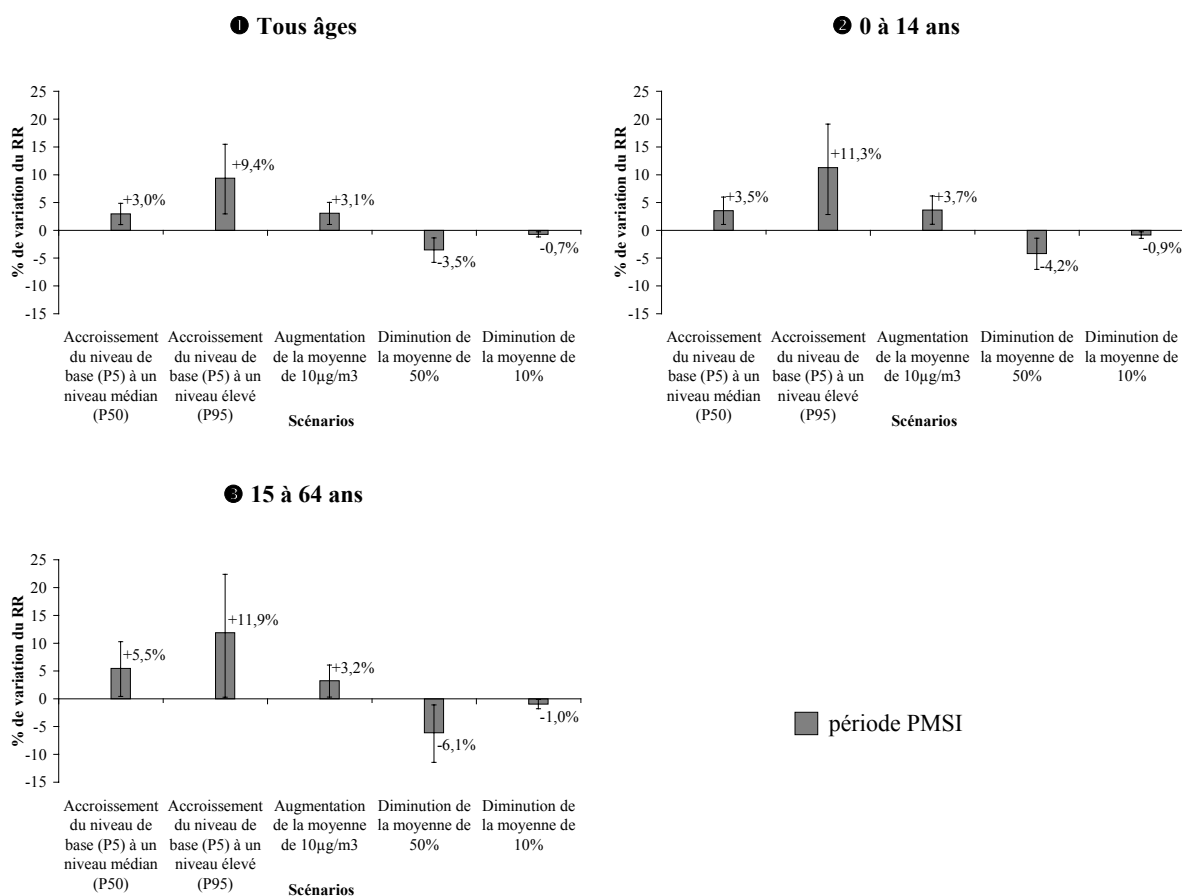
- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) en 493, pour la période PMSI selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J45 à J46.

## **Liens entre hospitalisations pour asthme et PM<sub>13</sub>**

Seul le risque relatif d'hospitalisations pour asthme des personnes âgées de 15 à 64 ans est lié de façon significative au niveau de fond de PM<sub>13</sub>.

Pour cette tranche d'âge, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du nombre d'hospitalisations pour asthme de **9,3%**.

**Figure 31. Hospitalisations pour asthme et PM<sub>10</sub> :**  
**Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios**  
**d'évolution du niveau de PM<sub>10</sub>.**



Niveaux de fond de PM <sub>10</sub> (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période PMSI (1997-2000)	
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	11
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	21
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	44
moyenne	24

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) en 493, pour la période PMSI selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J45 à J46.

## **Liens entre hospitalisations pour asthme et PM<sub>10</sub>**

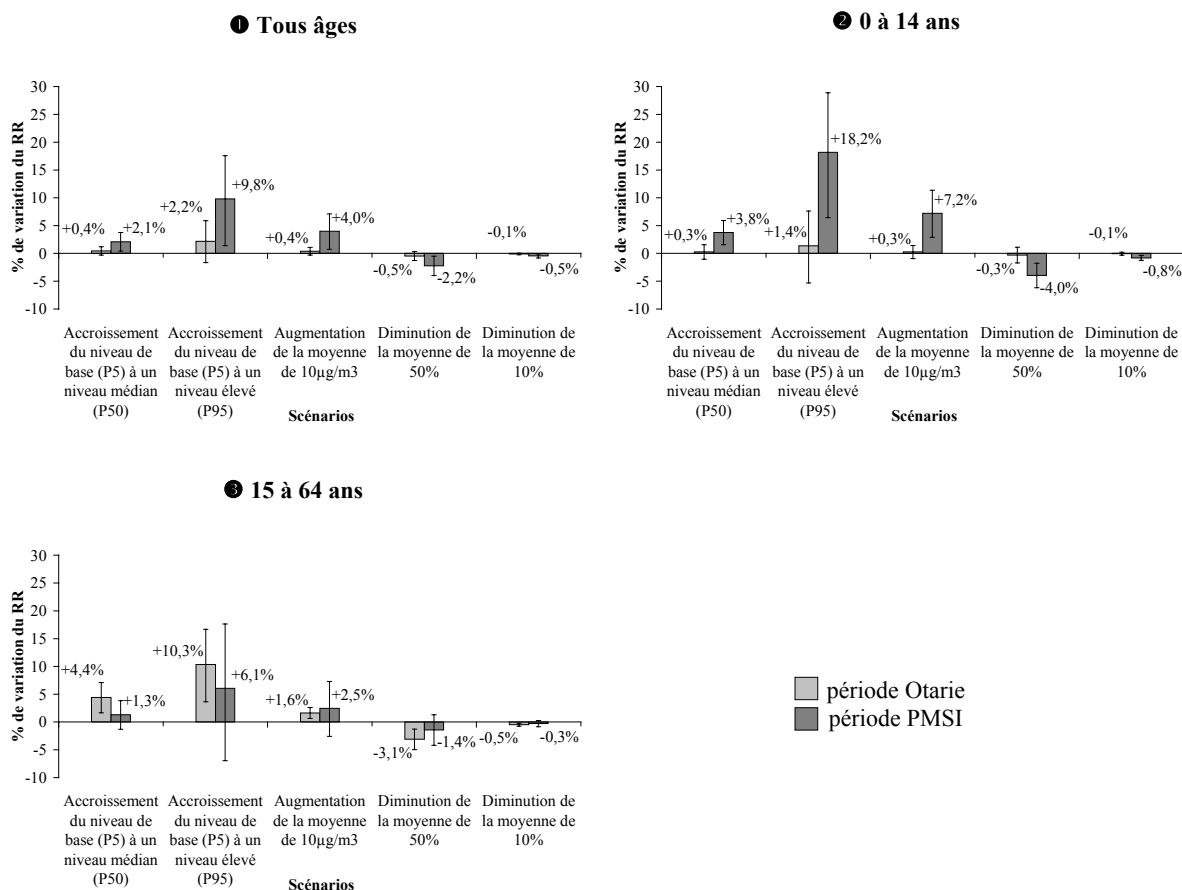
Le lien entre le niveau de fond de PM<sub>10</sub> et le risque relatif d'hospitalisations pour asthme est significatif, quelle que soit la tranche d'âges considérée.

Lorsque l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour asthme, toutes les classes d'âges semblent affectées de façon comparable.

Ainsi, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du nombre d'hospitalisations pour asthme :

- de **11,3%** pour les moins de 15 ans,
- de **11,9%** pour les 15-64 ans, et
- de **9,4%** pour la population prise dans son ensemble.

**Figure 32. Hospitalisations pour asthme et SO<sub>2</sub> :**  
**Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations pour asthme (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de SO<sub>2</sub>.**



Niveaux de fond de SO <sub>2</sub> (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	6	3
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	18	9
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	62	19
moyenne	24	12

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) en 493, pour la période PMSI selon la 10<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-10) de J45 à J46.



## Liens entre hospitalisations pour asthme et SO<sub>2</sub>

Le lien entre le niveau de fond de dioxyde de soufre et le risque relatif d'hospitalisations pour asthme tous âges ne s'avère significatif que pendant la période PMSI.

Si l'on détaille par classe d'âges, ce lien n'est significatif que pour les moins de 15 ans pendant la période PMSI, et pour les 15-64 ans pendant la période Otarie.

Si l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour asthme pendant la période PMSI, les personnes les plus jeunes (0-14 ans) sont plus fortement affectées par les variations du niveau de dioxyde de soufre que la population prise dans son ensemble.

Ainsi, pendant cette période, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du nombre d'hospitalisations pour asthme :

- de **18,2%** pour les moins de 15 ans, et
- de **9,8%** pour les hospitalisations tous âges.

## Synthèse des résultats concernant les hospitalisations pour asthme

Il existe des liens significatifs entre les risques relatifs d'hospitalisations pour asthme tous âges et les différents polluants, à l'exception de l'ozone.

Les excès de risque associés à des augmentations du niveau des polluants ont été calculés pour trois situations : augmentation du niveau de base (P5) à un niveau médian (P50) ou à un niveau élevé (P95), et augmentation du niveau moyen de 10 µg/m<sup>3</sup>.

**Pour un accroissement du niveau de base (P5) de pollution à un niveau médian (P50), les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour asthme sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de **5,6%** pour les **15-64 ans** et de **4,7% tous âges** confondus ;
  - avec les **fumées noires**, de **1,6%** pour les **moins de 15 ans**, de **7,2%** pour les **15-64 ans** et de **4,1% tous âges** confondus.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de **7,9%** pour les **moins de 15 ans** et de **3% tous âges** confondus ;
  - avec les **fumées noires**, de **6,4%** pour les **moins de 15 ans** et de **5,9% tous âges** confondus.

**Pour un accroissement du niveau de base (P5) de pollution à un niveau élevé (P95), les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour asthme sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de **10,2%** pour les **15-64 ans** et de **8,5% tous âges** confondus ;
  - avec les **fumées noires**, de **6,4%** pour les **moins de 15 ans**, de **15,9 %** pour les **15-64 ans** et de **8,8% tous âges** confondus.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de **15,1%** pour les **moins de 15 ans** et de **7,3% tous âges** confondus ;
  - avec les **fumées noires**, de **16%** pour les **moins de 15 ans** et de **14,9% tous âges** confondus.

**Pour un accroissement du niveau de pollution de 10 µg/m<sup>3</sup>, les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour asthme sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de 1,6% pour les 15-64 ans, et de 1,3% tous âges confondus ;
  - avec les fumées noires, de 1,1% pour les moins de 15 ans, de 2,4% pour les 15-64 ans et de 1,4% tous âges confondus.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de 2,6% pour les moins de 15 ans et de 1,4% tous âges confondus ;
  - avec les fumées noires, de 3,6% pour les moins de 15 ans et de 3,4% tous âges confondus.

Les bénéfices sanitaires attendus ont été calculés pour deux situations : diminution du niveau moyen de 10% et de 50%.

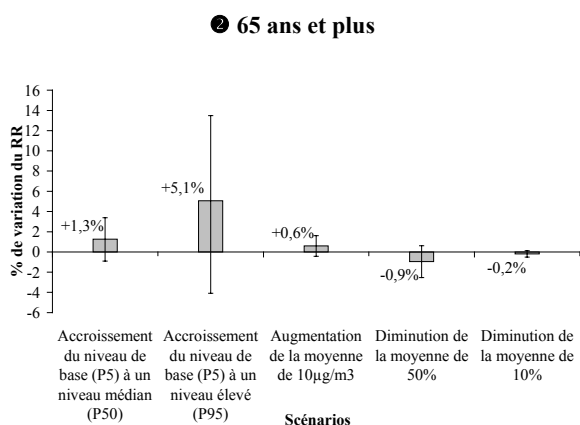
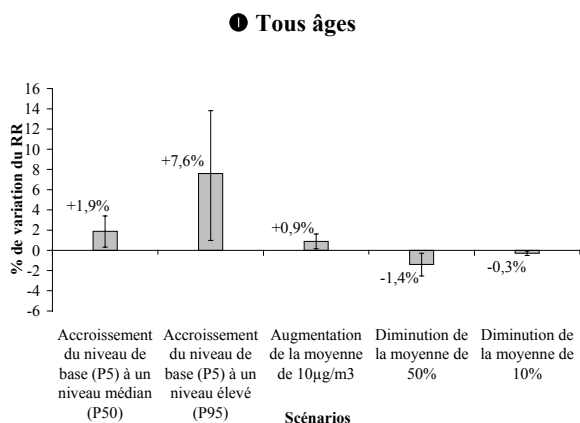
**Pour une diminution du niveau moyen de pollution de 10%, les diminutions significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour asthme sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de 0,9% pour les 15-64 ans et de 0,8% tous âges confondus ;
  - avec les fumées noires, de 0,3% pour les moins de 15 ans, de 0,8 % pour les 15-64 ans et de 0,5% tous âges confondus.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de 1,6% pour les moins de 15 ans et de 0,8% tous âges confondus ;
  - avec les fumées noires, de 0,9% pour les moins de 15 ans et de 0,8% tous âges confondus.

**Pour une diminution du niveau moyen de pollution de 50%, les diminutions significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour asthme sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de 5,8% pour les 15-64 ans et de 4,9% tous âges confondus ;
  - avec les fumées noires, de 1,6% pour les moins de 15 ans, de 5,2 % pour les 15-64 ans et de 3% tous âges confondus.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de 10,1% pour les moins de 15 ans et de 3,9% tous âges ;
  - avec les fumées noires, de 5,6% pour les moins de 15 ans et de 5,2% tous âges confondus.

**Figure 34. Hospitalisations pour BPCO et O<sub>3</sub> :**  
**Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de O<sub>3</sub>.**



■ période Otarie

**Niveaux de fond de O<sub>3</sub> (sur 24h, la plus élevée des moyennes mobiles calculées sur 8 heures consécutives en µg/m<sup>3</sup>) pendant la période Otarie (1987-1996)**

5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	3
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	24
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	91
moyenne	32

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) de 490 à 492 et de 494 à 496.

## **Liens entre hospitalisations pour BPCO et O<sub>3</sub>**

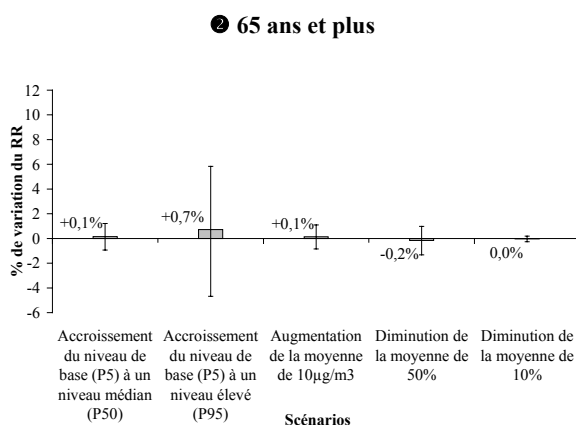
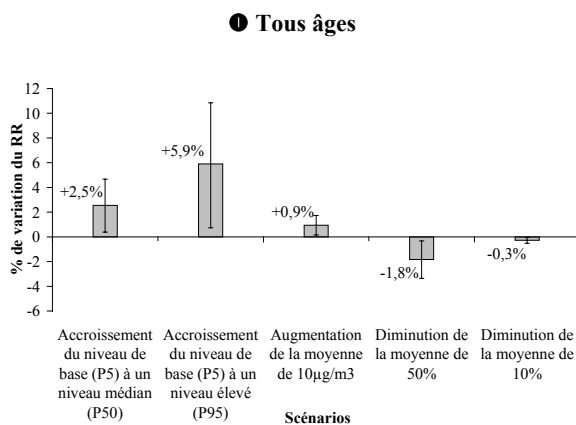
Les données concernant les hospitalisations pour BPCO ne sont disponibles que pour la période Otarie. Les résultats présentés ici ne concernent donc que cette période.

Pour la population prise dans son ensemble, il existe un lien significatif entre le niveau de fond d'ozone et le risque relatif d'hospitalisations pour BPCO pendant la période Otarie.

Par contre, il n'existe pas de lien significatif entre le niveau de fond d'ozone et le risque relatif d'hospitalisations pour BPCO des plus de 65 ans.

Pour la population prise dans son ensemble, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du risque relatif d'hospitalisations pour BPCO de **7,6%**.

**Figure 37. Hospitalisations pour BPCO et SO<sub>2</sub> :**  
**Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de SO<sub>2</sub>.**



■ période Otarie

Niveaux de fond de SO <sub>2</sub> (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période Otarie (1987-1996)	
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	6
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	18
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	62
moyenne	24

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la 9<sup>ème</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) de 490 à 492 et de 494 à 496.

## **Liens entre hospitalisations pour BPCO et SO<sub>2</sub>**

Il existe un lien significatif entre le niveau de fond de dioxyde de soufre et le risque relatif d'hospitalisations pour BPCO tous âges.

Par contre, il n'existe pas de lien significatif entre le niveau de fond de dioxyde de soufre et le risque relatif d'hospitalisations pour BPCO des plus de 65 ans.

Pour la population prise dans son ensemble, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du risque relatif d'hospitalisations pour BPCO de **5,9%**.

## **Liens entre hospitalisations pour BPCO et NO<sub>2</sub>**

Les analyses réalisées<sup>1</sup> ne mettent pas en évidence de lien significatif entre le risque relatif d'hospitalisations pour BPCO et le niveau de fond de dioxyde d'azote.

## **Liens entre hospitalisations pour BPCO et indice de fumées noires (FN)**

Les analyses réalisées<sup>1</sup> ne mettent pas en évidence de lien significatif entre le risque relatif d'hospitalisations pour BPCO et le niveau de fond de fumées noires.

## **Liens entre hospitalisations pour BPCO et PM<sub>13</sub>**

Les analyses réalisées<sup>1</sup> ne mettent pas en évidence de lien significatif entre le risque relatif d'hospitalisations pour BPCO et le niveau de fond de particules fines PM<sub>13</sub>.

---

<sup>1</sup> Les résultats détaillés de ces analyses sont disponibles sur demande.



---

## Synthèse des résultats concernant les hospitalisations pour BPCO

Peu de liens significatifs ont été trouvés entre les risques relatifs d'hospitalisations pour BPCO et les niveaux de polluants de fond.

Par contre, contrairement aux autres maladies étudiées, une association significative a été observée entre le niveau de fond d'ozone et le risque relatif d'hospitalisations pour BPCO.

Les excès de risque associés à des augmentations du niveau des polluants ont été calculés pour trois situations :

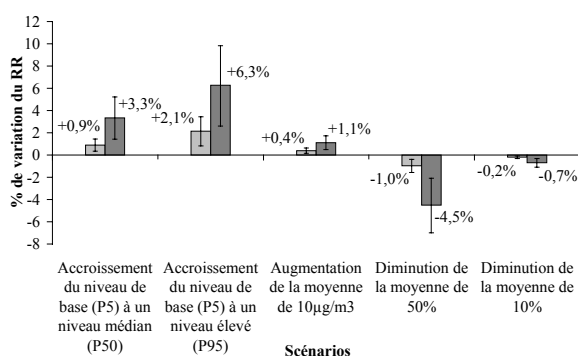
- **Pour un accroissement du niveau de base (P5) de pollution à un niveau médian (P50)**, les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour BPCO sont de **2,5%** avec le SO<sub>2</sub>, et **1,9%** avec l'ozone, **tous âges confondus**.
- **Pour un accroissement du niveau de base (P5) de pollution à un niveau "élevé" (P95)**, les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour BPCO sont de **7,6 %** avec l'ozone, et **5,9%** avec le SO<sub>2</sub>, **tous âges confondus**.
- **Pour une augmentation du niveau de pollution de 10 µg/m<sup>3</sup>**, les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour BPCO sont de **0,9%** avec l'ozone et le SO<sub>2</sub>, **tous âges confondus**.

Les bénéfices sanitaires attendus lors de diminutions du niveau des polluants ont été analysés pour deux situations : diminution du niveau moyen de 10% et de 50% :

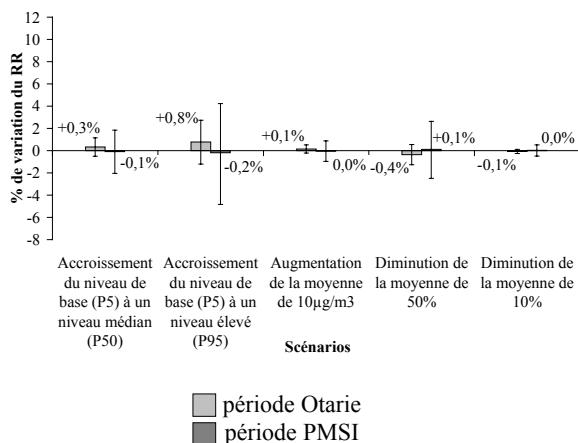
- **Pour une diminution du niveau moyen de 10%**, les diminutions significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour BPCO sont de **0,3%** avec l'ozone et le SO<sub>2</sub> **tous âges confondus**.
- **Pour une diminution du niveau moyen de 50%**, les diminutions significatives du nombre journalier d'hospitalisations pour BPCO sont de **1,4%** avec l'ozone et de **1,8%** avec le SO<sub>2</sub> **tous âges confondus**.

**Figure 38. Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et NO<sub>2</sub> : Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de NO<sub>2</sub>.**

**① Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire**



**② Hospitalisations pour cardiopathies ischémiques**



Niveaux de fond de NO <sub>2</sub> (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	25	30
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	47	53
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	82	86
moyenne	49	55

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Maladies de l'appareil circulatoire : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 390 à 459 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de I00 à I99. Cardiopathies ischémiques : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 410 à 414 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de I20 à I25.

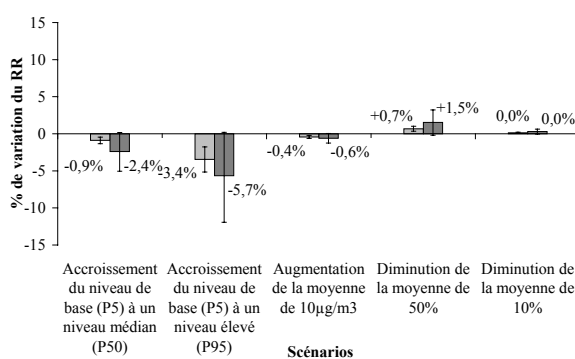
## **Liens entre hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et NO<sub>2</sub>**

Il existe un lien significatif entre les risques relatifs d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et le niveau de fond de dioxyde d'azote. Ce n'est en revanche pas le cas pour les risques relatifs d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques.

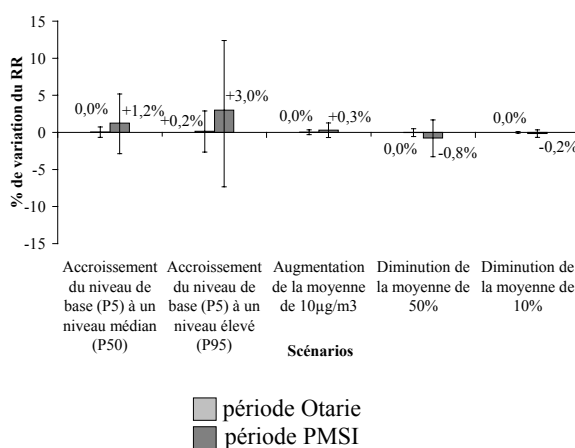
Si l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire pour un accroissement du niveau moyen de dioxyde d'azote de 10µg/m<sup>3</sup>, l'augmentation calculée pour la période Otarie (**0,4%**) est plus faible que celle calculée pour la période PMSI (**1,1%**)

**Figure 39. Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et O<sub>3</sub> : Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de O<sub>3</sub>.**

**① Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire**



**② Hospitalisations pour cardiopathies ischémiques**



Niveaux de fond de O <sub>3</sub> (sur 24h, la plus élevée des moyennes mobiles calculées sur 8 heures consécutives en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	3	7
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	24	49
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	91	110
moyenne	32	51

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Maladies de l'appareil circulatoire : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 390 à 459 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de I00 à I99. Cardiopathies ischémiques : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 410 à 414 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de I20 à I25.

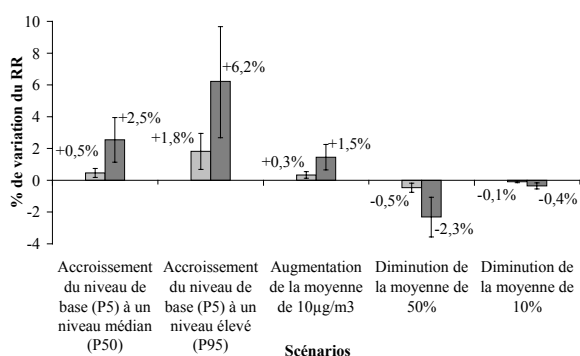
## **Liens entre hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et O<sub>3</sub>**

Il n'a pas été possible lors de l'analyse de modéliser convenablement les liens entre le niveau d'ozone et les hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire. Les intervalles de confiance autour des risques relatifs calculés sont alors très étendus dans la plupart des cas.

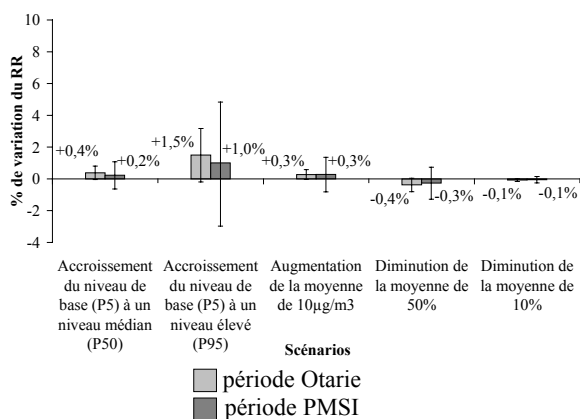
Ici, le risque d'hospitalisation pour maladies de l'appareil circulatoire diminue dans certains scénarios d'augmentation du niveau du polluant, et réciproquement. Comme pour les risques relatifs d'hospitalisations pour asthme, ce résultat est sans doute un artéfact lié à la méthode d'analyse.

**Figure 40. Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et indice de fumées noires (FN) :**  
**Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de FN.**

**① Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire**



**② Hospitalisations pour cardiopathies ischémiques**



Niveaux de fond de FN (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	8	7
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	23	14
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	66	43
moyenne	28	19

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Maladies de l'appareil circulatoire : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 390 à 459 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de I00 à I99. Cardiopathies ischémiques : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 410 à 414 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de I20 à I25.

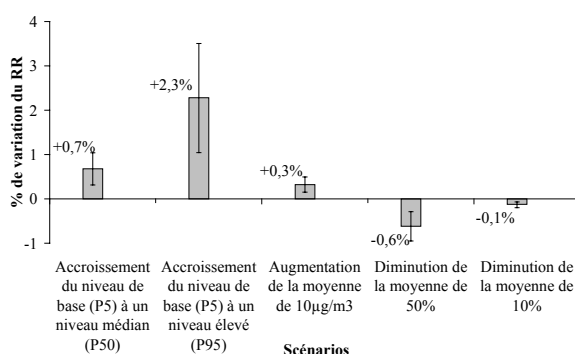
## **Liens entre hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et indice de fumées noires (FN)**

Il existe un lien significatif entre les risques relatifs d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et le niveau de fond de fumées noires. Ce n'est en revanche pas le cas pour les risques relatifs d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques.

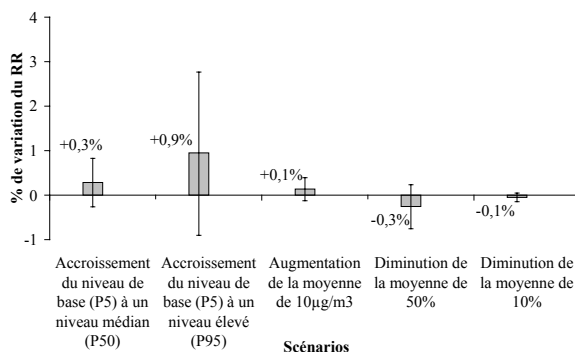
Si l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire pour un accroissement du niveau moyen de fumées noires de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ , l'augmentation calculée pour la période Otarie (**0,3%**) est plus faible que celle calculée pour la période PMSI (**1,5%**).

**Figure 41. Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et PM<sub>13</sub> : Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de PM<sub>13</sub>.**

**① Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire**



**② Hospitalisations pour cardiopathies ischémiques**



■ période Otarie

Niveaux de fond de PM <sub>13</sub> (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	11
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	33
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	84
moyenne	39

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Maladies de l'appareil circulatoire : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 390 à 459 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de 100 à 199. Cardiopathies ischémiques : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 410 à 414 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de I20 à I25.



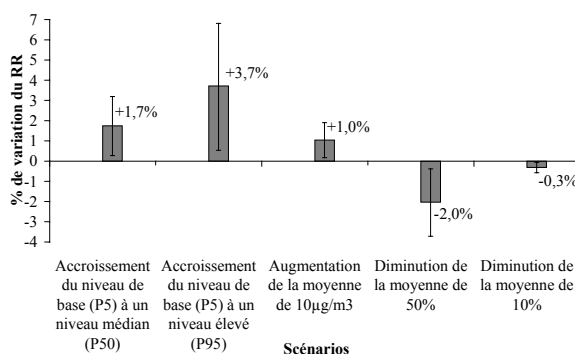
## **Liens entre hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et PM<sub>13</sub>**

Il existe un lien significatif entre les risques relatifs d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire pendant la période Otarie et le niveau de fond de PM<sub>13</sub>. Ce n'est en revanche pas le cas pour le risque relatif d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques.

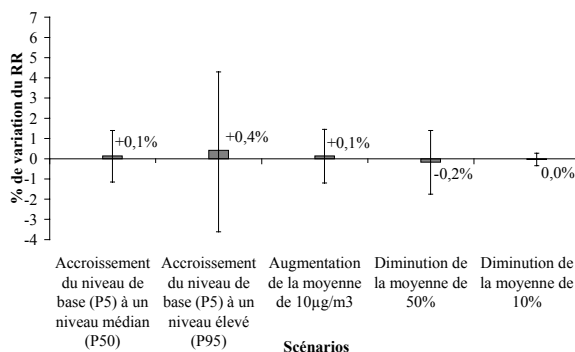
Par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du risque relatif d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire de **2,3%**.

**Figure 42. Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et PM<sub>10</sub> : Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de PM<sub>10</sub>.**

**① Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire**



**② Hospitalisations pour cardiopathies ischémiques**



■ période PMSI

Niveaux de fond de PM <sub>10</sub> (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	11
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	21
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	44
moyenne	24

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Maladies de l'appareil circulatoire : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 390 à 459 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de I00 à I99. Cardiopathies ischémiques : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 410 à 414 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de I20 à I25.

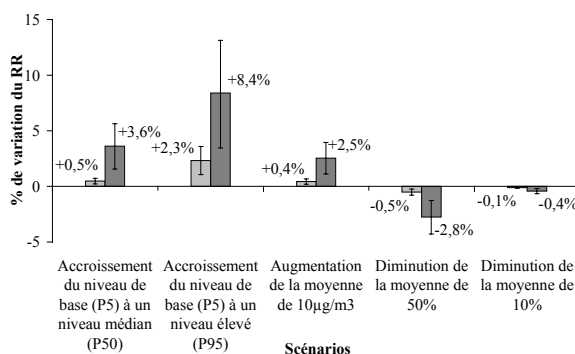
## **Liens entre hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et PM<sub>10</sub>**

Il existe un lien significatif entre les risques relatifs d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire pendant la période PMSI et le niveau de fond de PM<sub>10</sub>. Ce n'est en revanche pas le cas pour le risque relatif d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques.

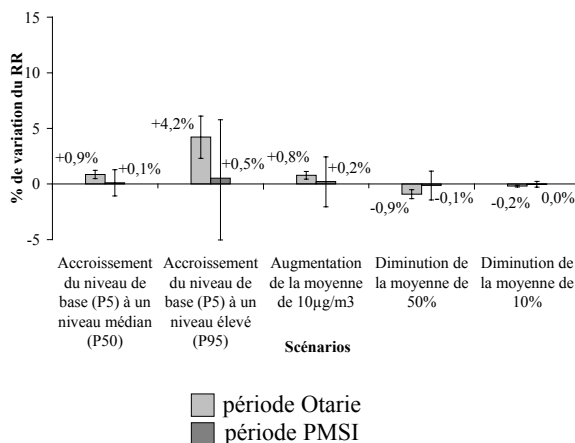
Par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du risque relatif d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire de **3,7%**.

**Figure 43. Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et SO<sub>2</sub> : Variation du risque relatif (RR) d'hospitalisations (en pourcentage) en fonction de cinq scénarios d'évolution du niveau de SO<sub>2</sub>.**

**① Hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire**



**② Hospitalisations pour cardiopathies ischémiques**



Niveaux de fond de SO <sub>2</sub> (moyenne sur 24h en µg/m <sup>3</sup> ) pendant la période :	Otarie (1987-1996)	PMSI (1997-2000)
5 <sup>ème</sup> percentile (P5)	6	3
50 <sup>ème</sup> percentile (P50)	18	9
95 <sup>ème</sup> percentile (P95)	62	19
moyenne	24	12

- Les 5<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles correspondent respectivement au niveau de pollution :
  - Non dépassé au cours des 18 jours les "moins pollués" de l'année (5<sup>ème</sup> percentile, P5).
  - Non dépassé 50% des jours de l'année (50<sup>ème</sup> percentile, P50).
  - Dépassé au cours des 18 jours de "plus forte pollution" de l'année (95<sup>ème</sup> percentile, P95).
- Maladies de l'appareil circulatoire : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 390 à 459 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de I00 à I99. Cardiopathies ischémiques : causes d'hospitalisation codées pour la période Otarie selon la CIM-9 de 410 à 414 et pour la période PMSI selon la CIM-10 de I20 à I25.

---

## **Liens entre hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire, cardiopathies ischémiques et SO<sub>2</sub>**

Quelle que soit la période considérée, il existe un lien significatif entre les risques relatifs d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et le niveau de fond de dioxyde de soufre. Ce n'est en revanche le cas que pendant la période Otarie pour les risques relatifs d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques.

Pendant la période Otarie, par rapport aux jours les moins pollués (P5), les jours les plus pollués (P95) sont associés à une augmentation du risque relatif d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques de **4,2%**.

Si l'on compare les variations du risque relatif d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire pour un accroissement du niveau moyen de dioxyde de soufre de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ , l'augmentation calculée pour la période Otarie (**0,4%**) est plus faible que celle calculée pour la période PMSI (**2,5%**).

## **Synthèse des résultats concernant les hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et cardiopathies ischémiques**

Il existe des liens significatifs entre les risques relatifs d'hospitalisation pour maladies de l'appareil circulatoires et tous les polluants, à l'exception de l'ozone.

En ce qui concerne les risques relatifs d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques, seul le dioxyde de soufre présente un lien significatif.

Les excès de risque associés à des augmentations du niveau des polluants ont été calculés pour trois situations. En voici quelques exemples :

**Pour un accroissement du niveau de base (P5) de pollution à un niveau médian (P50), les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **0,9%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **PM<sub>13</sub>**, de **0,7%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **fumées noires**, de **0,5%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec le **SO<sub>2</sub>**, de **0,5%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** et **0,9%** pour les **cardiopathies ischémiques**.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **3,3%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **PM<sub>10</sub>**, de **1,7%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **fumées noires**, de **2,5%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec le **SO<sub>2</sub>**, de **3,6%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire**.

---

**Pour un accroissement du niveau de base (P5) de pollution à un niveau élevé (P95), les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **2,1%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **PM<sub>13</sub>**, de **2,3%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **fumées noires**, de **1,8%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec le **SO<sub>2</sub>**, de **2,3%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** et **4,2%** pour les **cardiopathies ischémiques**.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **6,3%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **PM<sub>10</sub>**, de **3,7%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **fumées noires**, de **6,2%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec le **SO<sub>2</sub>**, de **8,4%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire**.

**Pour un accroissement du niveau de pollution de 10 µg/m<sup>3</sup>, les augmentations significatives du nombre journalier d'hospitalisations sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de **0,4%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les PM<sub>13</sub>, de **0,3%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **fumées noires**, de **0,3%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec le SO<sub>2</sub>, de **0,4%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** et **0,8%** pour les **cardiopathies ischémiques**.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec le NO<sub>2</sub>, de **1,1%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les PM<sub>10</sub>, de **1%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **fumées noires**, de **1,5%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec le SO<sub>2</sub>, de **2,5%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire**.



Les bénéfices sanitaires attendus ont été calculés pour deux situations : diminution du niveau moyen de 10% et de 50%.

**Pour une diminution du niveau moyen de pollution de 10%, les diminutions significatives du nombre journalier d'hospitalisations sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec le  $\text{NO}_2$ , de **0,2%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les  $\text{PM}_{13}$ , de **0,1%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **fumées noires**, de **0,1%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec le  $\text{SO}_2$ , de **0,1%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** et **0,2%** pour les **cardiopathies ischémiques**.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec le  $\text{NO}_2$ , de **0,7%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les  $\text{PM}_{10}$ , de **0,3%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **fumées noires**, de **0 ;4%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec le  $\text{SO}_2$ , de **0,4%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire**.

**Pour une diminution du niveau moyen de pollution de 50%, les diminutions significatives du nombre journalier d'hospitalisations sont :**

- **pour la période Otarie (1987-1996)**
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **1%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **PM<sub>13</sub>**, de **0,6%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **fumées noires**, de **0,5%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec le **SO<sub>2</sub>**, de **0,5%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** et **0,9%** pour les **cardiopathies ischémiques**.
- **pour la période PMSI (1997-2000)**
  - avec le **NO<sub>2</sub>**, de **4,5%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **PM<sub>10</sub>**, de **2%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec les **fumées noires**, de **2,3%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire** ;
  - avec le **SO<sub>2</sub>**, de **2,8%** pour les **maladies de l'appareil circulatoire**.

## Conclusion

*Ce dernier chapitre présente une synthèse des résultats.*

*Ces résultats sont ensuite replacés dans le contexte des connaissances actuelles, des textes réglementaires et des résultats obtenus lors des précédentes études Erpurs.*

*L'interprétation de ces résultats est ensuite discutée et des perspectives sont proposées pour les développements du programme Erpurs.*



## Synthèse des résultats

*Il convient de garder à l'esprit que les polluants sont considérés comme des **indicateurs de pollution**. Chaque indicateur représente donc ses effets propres mais aussi ceux des polluants émis et/ou formés avec lui.*

### Associations mises en évidence

L'étude Erpurs, pour la période 1987-2000, montre des liens significatifs entre la plupart des indicateurs de pollution et les variables sanitaires étudiées, en partie grâce à une importante puissance statistique qui permet de montrer l'existence d'associations parfois difficiles à mettre en évidence sur des périodes plus courtes.

Par exemple, dans le cas d'une augmentation du niveau des différents polluants du niveau de base (5<sup>ème</sup> percentile) à un niveau médian (50<sup>ème</sup> percentile) les augmentations sont :

- **Pour la mortalité de :**
  - **2%** pour la **mortalité toutes causes non accidentelles**, en relation avec le **NO<sub>2</sub>**,
  - **4%** pour la **mortalité pour causes respiratoires**, en relation avec les **fumées noires**, et
  - **2,4%** pour la **mortalité pour causes cardiovasculaires**, en relation avec les **PM<sub>13</sub>**.
  
- **Pour les hospitalisations de :**
  - **5,1%** pour les **hospitalisations pour pathologies respiratoires des enfants de moins de 15 ans** (période Otarie), en relation avec les **PM<sub>13</sub>** ;
  - **7,9%** pour les **hospitalisations pour asthme des enfants de moins de 15 ans** (période PMSI), en rapport avec le **NO<sub>2</sub>** ;
  - **1,9%** pour les **hospitalisations pour BPCO tous âges** (période Otarie), en rapport avec l'**O<sub>3</sub>**;

- **3,3%** pour les **hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire tous âges** (période PMSI), en rapport avec le **NO<sub>2</sub>**, et
- **0,9%** pour les **hospitalisations pour cardiopathies ischémiques tous âges**, (période Otarie) en rapport avec le **SO<sub>2</sub>**.

**Des liens importants avec les indicateurs de santé sont souvent observés pour l'indicateur NO<sub>2</sub>.**

Ce polluant a pour principale source en Ile de France la circulation automobile (plus de 70% des émissions de NO<sub>x</sub>). Des liens entre NO<sub>2</sub> et asthme ont aussi été mis en évidence lors d'études épidémiologiques conduites en Italie (De Marco et al. 2002) et au Japon (Odajima et al. 1995). Cette dernière étude souligne la plus grande sensibilité des enfants. Chez les personnes asthmatiques, NO<sub>2</sub> agit en induisant une inflammation des bronches (expériences d'exposition humaine contrôlée, Jorres et al. 1995), en particulier chez les enfants (Moseler et al. 1994).

Cette tendance se retrouve ici, puisque le risque relatif d'hospitalisations pour asthme des enfants de moins de 15 ans est l'indicateur sanitaire le plus affecté par les variations du niveau de NO<sub>2</sub>. Lors de l'étude nationale PSAS-9 (Cassadou et al. 2002), il a de même été observé un lien fort entre les hospitalisations pour maladies respiratoires des moins de 15 ans et les niveaux de NO<sub>2</sub>. Même s'il n'est pas toujours possible d'attribuer un effet propre au NO<sub>2</sub> lors d'études expérimentales (Avol et al. 1988, 1989), il semble que ce soit un bon indicateur du mélange de polluants émis par la circulation automobile et de produits qui en sont dérivés par réactions photo-chimiques.

**Des liens également importants apparaissent en relation avec les particules (fumées noires, PM<sub>10</sub> et PM<sub>13</sub>).**

Les particules sont générées principalement par les transports (les plus grosses par le frottement et l'usure, les plus fines par la combustion du gazole) et les sources fixes. Les effets à court terme de la pollution particulaire sur les appareils respiratoire et circulatoire ont été mis en évidence lors d'études expérimentales récentes : modifications du rythme cardiaque (exposition contrôlée de chiens, Godleski et al. 2000), de la thrombose (exposition contrôlée de hamsters, Nemmar et al. 2002), vasoconstriction (exposition humaine contrôlée aux particules associées à l'ozone, Brook et al. 2002), inflammation de l'appareil respiratoire (exposition contrôlée de rats aux particules associées à l'ozone, Cassee et al. 2002). Les liens entre pollution particulaire et pathologies respiratoires et cardio-vasculaires sont aussi retrouvés dans d'autres études écologiques, en Europe (Katsouyanni et al. 2001, Atkinson et al. 2001, Le Tertre et al. 2002), Nouvelle-Zélande (McGowan et al. 2002) et Amérique du Nord (Daniels et al. 2000), lors d'une

étude épidémiologique évaluant les effets d'une réduction réelle de la pollution particulaire (Clancy et al. 2002), et lors d'études longitudinales (Desqueyroux et Momas 1999).

**La représentation de la pollution photo-oxydante en ville par l'ozone seule, n'est peut-être pas optimale.**

La méthode d'analyse utilisée ici n'est peut être pas la meilleure pour cet indicateur. En effet, ce polluant est principalement produit par réactions chimiques entre polluants "primaires" (NO<sub>x</sub>, composés organiques volatils COV et monoxyde de carbone CO) sous l'effet des rayonnements solaires. Les variations de son niveau présentent donc une saisonnalité très marquée et une forte liaison avec les conditions météorologiques. Malgré la prise en compte tels facteurs lors de l'analyse statistique, il n'a souvent pas été possible d'aboutir à une modélisation convenable. Les intervalles de confiance sont alors très étendus. On observe cependant des liens significatifs entre les hospitalisations pour BPCO, la mortalité toutes cause et l'ozone.

Des résultats similaires ont été observés lors d'autres études épidémiologiques (Burnett et al. 1997, Stedman et al. 1997, Desqueyroux et Momas 2001). De même, une diminution du niveau d'ozone liée à des modifications de la circulation urbaine entraîne une diminution des crises d'asthme chez l'enfant (Friedman et al. 2001). Lors d'expériences d'exposition humaine contrôlée, l'inhalation d'ozone entraîne une détérioration de la fonction ventilatoire (Marthan et Ben Jebria 1990, Bromberg et Koren 1995).

**Niveaux de pollution atmosphériques, progrès et bénéfices attendus**

Selon les polluants, les valeurs des niveaux de pollution de fond existant en région parisienne se positionnent différemment par rapport aux **objectifs de qualité et valeurs limites prévus dans le décret du 15 février 2002** et dans **la directive 1999/30/CE du Conseil européen du 22 avril 1999** :

- **Pour NO<sub>2</sub>**, la valeur limite pour 2010 est de 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle. Pour l'année 2000, le niveau de fond de NO<sub>2</sub> est en moyenne de 51 µg/m<sup>3</sup>. Ce niveau ne prend pas en compte les stations de proximité, pour lesquelles la moyenne annuelle est bien plus élevée (PRQA 2001, AIRPARIF 2002 : 346µg/m<sup>3</sup>).

Le respect de l'objectif de qualité en 2010 représentera donc une diminution d'au moins 20% de la moyenne annuelle. D'après les résultats de la présente étude, cette diminution du niveau de fond de NO<sub>2</sub> pourrait être associée à des diminutions des nombres de décès anticipés et d'hospitalisations.

- **Pour l'ozone**, l'objectif de qualité pour 2010 est de  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne sur une plage de 8h. Sur l'année 2000, ce niveau a été dépassé pendant 12 jours. L'analyse montre que ces jours de forte pollution par l'ozone sont associés à des excès de mortalité et d'hospitalisations pour pathologies respiratoires. Là encore, le respect de l'objectif de qualité aurait un impact significatif sur la santé.
- **Pour les particules de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ )**, les valeurs limites pour 2010 sont de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle et de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de sept fois par an. Pour l'année 2000, le niveau de fond de  $\text{PM}_{10}$  est en moyenne de  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , et la valeur de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière n'a été dépassée que cinq fois. Les niveaux de proximité actuels sont par contre plus élevés (PRQA 2001, AIRPARIF 2002 :  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En ce qui concerne les niveaux de fond, l'objectif de qualité européen pour 2010 correspond à une diminution de la moyenne de 13% par rapport à la valeur observée en 2000. D'après les résultats présentés ici, cette diminution du niveau moyen de fond de particules fines pourrait être associée à des diminutions à court terme des hospitalisations et des décès anticipés. D'autre part, une diminution, même très faible, du niveau de particules pourrait amener des bénéfices pour la santé à court et long terme (APHEIS, Medina et al. 2002).
- **Pour  $\text{SO}_2$** , l'objectif de qualité pour 2005 est de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle. Pour l'année 2000 le niveau de fond moyen de  $\text{SO}_2$  est de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur est déjà bien inférieure à l'objectif de qualité. Il en est de même pour les niveaux de proximité (PRQA 2001, AIRPARIF 2002 :  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Ainsi, bien que les objectifs de qualité soient déjà respectés, cette étude montre que les jours de plus forte pollution par le  $\text{SO}_2$  sont associés à des excès de mortalité et d'hospitalisations.

Le respect des objectifs de qualité définis par les textes réglementaires devrait donc avoir des conséquences bénéfiques sur l'état de santé de la population. Au delà de ces textes, cette analyse montre que des diminutions, même faibles, des niveaux de pollution atmosphérique s'accompagnent de bénéfices non négligeables pour la santé à l'échelle d'une population de grande taille.



## Positionnement des résultats par rapport aux précédentes études Erpurs

Erpurs a été la première étude écologique française concernant les liens entre pollution atmosphérique urbaine et santé. Dès la première publication (1994), des effets significatifs ont été mis en évidence. Depuis lors, les publications successives ont toujours retrouvé ces mêmes effets et ont permis d'affiner l'évaluation de leur ampleur. La présente analyse reprend l'ensemble des données en y intégrant les plus récentes, afin d'approfondir encore l'analyse et de la réactualiser.

Alors que dans la précédente étude (1991-1995) été et hiver étaient analysés séparément, le présent rapport renoue avec une analyse globale des données. Cette méthode, développée à l'occasion des projets PSAS-9 (national) et APHEIS (européen) présente l'intérêt de fournir une information plus concise que lors de l'analyse séparée des saisons. Pour tous les polluants, à l'exception de l'ozone, les variations saisonnières des niveaux de polluants sont convenablement prises en compte dans le modèle.

Ce rapport confirme et renforce les points suivants :

- pour la **mortalité**, les liens avec la pollution sont plus importants pour des **causes spécifiques** (respiratoire et cardio-vasculaires) ;
- pour les **hospitalisations pour pathologies respiratoires**, les liens avec la pollution sont plus importants pour les **moins de 15 ans** ;
- les liens les plus importants sont observés avec les indicateurs de la **pollution particulaire** (fumées noires,  $PM_{10}$  et  $PM_{13}$ ) et  **$NO_2$** .

Par rapport aux résultats précédents, l'étude 1987-2000 permet de mettre en évidence un nombre plus important de liens significatifs entre indicateurs de pollution et indicateurs sanitaires (pour la mortalité, par exemple, voir l'annexe 4). D'une part, cela peut être dû à l'allongement de la période d'étude, qui entraîne une augmentation de la puissance des analyses statistiques. En effet la taille des échantillons disponibles (le nombre de jours inclus dans la période d'étude) est plus importante pour la mortalité et les hospitalisations période Otarie.

D'autre part, les améliorations méthodologiques intervenues depuis la première étude Erpurs ont probablement aussi contribué à améliorer la qualité de l'analyse statistique (Le Tertre et al. 1998, Atkinson et al. 2001, Zeghnoun et al. 2001, Le Tertre et al. 2002).

Ce rapport Erpurs présente pour la première fois, dans la partie consacrée à la morbidité hospitalière, des analyses portant sur des informations issues du **nouveau système de recueil des données hospitalières PMSI**, qui a été développé pour des analyses médico-économiques.

Outre des objectifs différents de ceux du système précédemment utilisé pour des analyses épidémiologiques (Otarie), ce système PMSI emploie aussi une nomenclature médicale différente (CIM-10 en remplacement de CIM-9). Or, en ce qui concerne le codage des causes de décès, une étude anglaise (Rooney et al. 2002) a montré l'existence de faibles variations lors du passage d'une nomenclature à l'autre. Cependant, les pathologies respiratoires (pneumonies notamment) et cardio-vasculaires comptent parmi celles qui sont affectées par ces variations. On peut supposer qu'il en est de même pour le codage des admissions hospitalières.

De plus le changement d'objectif et de méthode entraîné par le passage du système Otarie au système PMSI a sans doute amplifié ces variations. Il est cependant rassurant de constater que les risques relatifs obtenus par l'analyse des deux séries de données (Otarie et PMSI) sont dans la majorité des cas qualitativement identiques. Cela suggère une bonne robustesse des résultats présentés ici face à de légères variations des indicateurs pris en compte.

L'utilisation des données du PMSI pour construire un indicateur sanitaire peut être discutée (Lombrail et al. 1994), notamment en ce qui concerne leur **fiabilité** et leur **exhaustivité**. Cependant, comme dans le programme PSAS-9 (Cassadou et al. 2002), l'utilisation de "grandes classes" de pathologies ("respiratoires", ou "cardio-vasculaires") permet de s'affranchir des éventuelles erreurs de codage à l'intérieur de chacun de ces groupes de pathologies. Enfin, on peut raisonnablement penser que s'il y a des erreurs de codage, ou des oublis, leur fréquence est indépendante des niveaux journaliers de pollution atmosphérique. Ces erreurs et omissions ne peuvent alors qu'amoindrir l'intensité de la liaison mesurée entre les indicateurs de pollution et de morbidité.

De plus, les données issues du système de recueil PMSI ne différencient pas les admissions programmées et les admissions en urgence, et ne recensent pas les consultations aux urgences n'entraînant pas une admission. La morbidité liée à la pollution est donc d'une part "diluée" par la prise en compte des admissions programmées qui n'ont probablement aucun lien à court terme avec la pollution. D'autre part, elle est probablement sous estimée par la non prise en compte des consultations aux urgences n'entraînant pas d'hospitalisations. Ces deux phénomènes ne peuvent là encore qu'amoindrir l'intensité des liaisons mesurées entre pollution et état de santé. L'utilisation d'autres indicateurs sanitaires (visites médicales à domicile, consultations dans certains services d'urgence bien ciblés, consommation médicamenteuse) pourrait permettre de réduire de ces effets, et de préciser les relations entre indicateurs de pollution et morbidité.

## Interprétation des résultats

Cette troisième étude Erpurs montre l'existence de liens entre indicateurs de pollution et indicateurs sanitaires. Cependant, deux points peuvent être discutés. D'une part, les relations observées correspondent-elles à une réalité, ou sont-elles au contraire le fait de « variations aléatoires, de biais ou d'artefacts de modélisation » (Medina 2001) ? D'autre part, ces relations correspondent-elles à un rapport de cause à effet ?

### La validité des résultats

Plusieurs éléments peuvent affecter la validité des résultats d'une étude écologique telle que celle d'Erpurs (Cassadou et al. 2002).

Les **variations aléatoires** observées dans les séries temporelles peuvent amener à une augmentation de la variance des risques relatifs estimés. Cette variance est au contraire réduite lorsque les séries temporelles sont assez longues, que le nombre journalier moyen d'événements sanitaires est assez élevé, et, pour les niveaux de polluants, lorsque le nombre de capteurs est plus important. Ces trois dernières conditions sont remplies dans le cadre de cette étude Erpurs, puisque les séries chronologiques s'étendent sur 4 ans au moins, les événements considérés sont assez fréquents, et le réseau de mesure AIRPARIF compte un nombre important de capteurs pour chacun des polluants.

Il peut exister des **biais**, induisant une mauvaise estimation systématique de la liaison étudiée. En particulier, les indicateurs d'exposition et les indicateurs sanitaires (mortalité et hospitalisations) peuvent être à la source de tels biais :

- En ce qui concerne la mesure de l'exposition, la méthode utilisée dans cette étude suppose que l'ensemble de la population est exposée aux mêmes **niveaux de pollution**, c'est à dire aux niveaux de fond ambiants. En effet, on suppose que, pour un jour donné, la population est exposée de façon homogène aux différents polluants sur l'ensemble de la zone d'étude.

Par ailleurs, on sait aussi que les Franciliens passent en moyenne 90% de leur temps à l'intérieur des locaux (enquête "emploi du temps 1998-1999" INSEE, Dumontier et Pan Ke Shon, 2000). Les polluants extérieurs pénètrent et se maintiennent diversement à l'intérieur des constructions et le rapport entre les niveaux de pollution intérieure et

extérieure est variable : il dépend du polluant, du renouvellement d'air du local (qualité de la ventilation, ouverture des fenêtres), mais aussi de la présence de sources intérieures (Pernelet et Roth 2001, Mosqueron et al. 2001).

Par conséquent, les niveaux d'exposition individuelle **diffèrent** en fonction des "budgets espace-temps-activités". Mais pour certains polluants, il existe à l'échelle de la population une **bonne corrélation entre les niveaux de pollution de fond et les niveaux d'exposition individuelle**. Pour les particules fines, par exemple, cela permet l'utilisation du niveau de fond comme indicateur de pollution lors d'études épidémiologiques de type écologique (Janssen et al. 1998).

Les conséquences des erreurs de mesure de l'exposition sur l'estimation du lien ne peuvent vraisemblablement que limiter la puissance des analyses réalisées.

- Pour ce qui concerne les indicateurs sanitaires, l'utilisation de grandes classes de pathologies, tant pour la mortalité que pour la morbidité, permet sans doute de minimiser les effets des erreurs de classification. Enfin, la similarité des résultats observés pour les périodes Otarie et PMSI plaide en faveur de l'absence de biais lié au recueil des données sanitaires (cf. p.178).

Des **facteurs de confusion** peuvent aussi biaiser la relation entre indicateur de pollution et indicateur sanitaire. Il s'agit de facteurs qui sont à la fois associés à l'exposition et à l'effet sanitaire. Les facteurs de confusion individuels (tabagisme, exposition professionnelle, sexe) ne sont pas directement pris en compte. Mais dans une étude de séries temporelles telle que celle d'Erpurs, l'unité statistique étudiée est le jour, et certains de ces facteurs ne varient pas au jour le jour (tabagisme, sexe). L'éventuelle variation de l'exposition professionnelle entre la semaine et le week-end est bien prise en compte au travers de l'introduction des jours de la semaine dans l'analyse. Au contraire, les facteurs de confusion variant au jour le jour comme la météo, les pollens, la grippe sont pris en compte lors de la modélisation (cf. p 92-93).

La validité des résultats obtenus dépend aussi de la méthode de **modélisation** mise en œuvre. A ce jour, il semble que la modélisation de type GAM qui a été utilisée soit la plus adaptée pour ce type d'études. Les modèles construits font appel à des fonctions de lissage de type régression mobile pondérée. Dernièrement, des problèmes liés à l'utilisation de ces modèles ont été soulevés. Cependant l'étude européenne APHEA, dont Erpurs emploie la méthodologie, a été réanalysée en utilisant d'autres fonctions de lissage non affectées par ces problèmes : il n'a pas

été trouvé de modifications significatives des résultats ou de leur variance. Il ne semble donc pas que la méthode employée puisse remettre en cause la validité des résultats obtenus.

### **La causalité**

Il existe un ensemble d'arguments en faveur d'un rôle causal à court terme de la pollution sur la santé (Dab et al. 2001, Medina 2001, Cassadou et al. 2002) :

- « la force de l'association concerne l'ampleur du risque relatif : plus le risque est élevé, plus probable est la causalité. Hill (1965) précise néanmoins qu'**il ne faut pas réfuter une hypothèse de causalité seulement sur le fait que l'association est de faible ampleur**. Dans le domaine de l'environnement en général, comme dans [les] études sur la pollution atmosphérique, les niveaux d'exposition en population générale sont faibles et ne dépassent guère 20% (le risque relatif lui même ne dépasse donc pas 1,2). Cependant, lorsque les mesures de l'exposition sont plus précises, ou lorsque les études portent sur des populations plus particulières (enfants, personnes âgées), ou sur des diagnostics plus précis (myocardiopathies ischémiques, asthme, BPCO), les risques relatifs augmentent » ;
- les résultats obtenus sont similaires à ceux d'autres études épidémiologiques, employant des méthodologies différentes (« case cross over », études longitudinales). Il y a donc **constance des résultats** d'une étude à l'autre ;
- « l'exposition doit précéder l'effet, c'est le seul critère obligatoire ». Les associations entre polluants et événements sanitaires surviennent le jour même ou après un décalage de plusieurs jours. Lorsqu'on recherche un effet paradoxal, l'exposition précède l'effet, et l'effet dure quelques jours. Les **délais retenus** (moyenne des niveaux du jour et de la veille) entre l'exposition à la pollution et l'éventuel effet à court terme sur la santé sont compatibles avec les résultats des travaux expérimentaux et épidémiologiques d'autres auteurs ;
- « l'interprétation causale des données ne doit pas entrer en conflit avec les connaissances sur l'histoire naturelle et la **biologie de la maladie** ». Dans cette étude, les risques relatifs sont pour la plupart plus élevés lorsqu'il concernent des pathologies spécifiques et des groupes de population particuliers ;

- la forme des **relations exposition/risque** observées lors de l'analyse par modèles GAM (qui n'impose aucune contrainte *a priori* sur la nature de cette relation) se rapproche toujours étroitement d'une relation linéaire ou logarithmique. Ainsi, même si au niveau individuel les sensibilités à la pollution de l'air peuvent différer, aucun effet seuil n'a été observé à l'échelle de la population toute entière ;
- les effets observés sont compatibles avec les **connaissances biologiques** actuelles sur les modes d'action des polluants, et
- « les observations doivent être corroborées par les données issues d'**expérimentations** ou de **quasi-expérimentations** montrant notamment que réduire ou supprimer l'exposition aux polluants conduit à une diminution du risque ». Aujourd'hui, quelques études de ce type ont montré qu'une diminution de la concentration en polluants entraînait une diminution de la mortalité et de la morbidité (aux Etats-Unis : Pope 1989, Friedman et al 2001, à Hong-Kong : Hedley et al 1996, en Allemagne de l'Est : Heinrich et al 2000, et à Dublin : Clancy et al 2002).

L'étude Erpurs utilise une méthode peu coûteuse, permettant une analyse relativement précise des liens entre pollution atmosphérique et effets sur la santé de la population. Cependant un certain nombre de particularités peuvent être soulignées :

- Les modèles utilisés ici sont des modèles **mono polluant**, c'est à dire que les liens entre chaque polluant et chaque indicateur sanitaire sont étudiés séparément. Dans l'atmosphère, il existe au contraire un mélange de polluants plus ou moins inter-réactifs. La prise en compte de l'ensemble des polluants dans un modèle est malaisée car il existe une très forte corrélation entre les niveaux des différents polluants. Chaque polluant doit donc être considéré comme indicateur d'une pollution atmosphérique urbaine globale.
- Seuls les liens à **court terme** entre les niveaux de pollution atmosphérique et les événements sanitaires sont envisagés ici. Des études épidémiologiques utilisant des méthodologies plus coûteuses et complexes à mettre en place se sont intéressées aux effets à **long terme** de la pollution atmosphérique sur la santé humaine (Barbone et al. 1995, Kunzli et al. 2000, Hoeck et al. 2002, Pope et al. 2002) et ont montré l'existence de liens significatifs. De plus, les effets à long terme sont plus importants, en terme d'augmentation des risques, que ceux à court terme.

En conclusion, la relation de causalité entre pollution atmosphérique et effets sur la santé est confortée par de nombreux arguments. Le respect des objectifs de qualité contenus dans les textes réglementaires constitue donc une première étape qui devrait permettre de réduire les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé. Mais en l'absence d'effet seuil, même de très faibles réductions des niveaux de pollution ont des conséquences non négligeables pour la santé publique en Ile de France.

Enfin, les résultats présentés ici concernent la population prise dans son ensemble. Des sous-groupes de sujets particulièrement sensibles sont probablement affectés de façon importante, tandis que des sujets moins sensibles sont au contraire moins touchés. Les mesures de réduction de la pollution peuvent donc sans doute avoir des effets bénéfiques pour la population générale, et tout particulièrement pour certaines catégories de population présentant une sensibilité particulière.



## Perspectives

Cette étude s'inscrit dans le système permanent de surveillance épidémiologique de la qualité de l'air mis en place depuis 1995. Ce système de surveillance recueille en routine les données environnementales et sanitaires nécessaires à l'analyse des liens entre pollution atmosphérique et santé pour la région Ile de France.

Au niveau local, les objectifs de cette surveillance demeurent. Il s'agit :

- de **procéder à une évaluation permanente des risques pour la santé liés aux niveaux de pollution** habituels observés en milieu urbain ;
- de **proposer d'éventuelles valeurs de référence locales** pour la protection de la santé de la population ;
- **d'orienter la surveillance métrologique** d'un point de vue de santé publique ;
- **d'aider les décideurs** à concevoir les actions de prévention à mettre en place, et
- **d'informer la population** sur l'évolution de la relation pollution-santé.

Erpurs est de plus associé à des études réalisées à des niveaux géographiques plus vastes :

- Ainsi, Erpurs participe à **l'étude multicentrique "Air et Santé"** (PSAS-9), réalisée dans 9 villes françaises, et coordonnée par l'Institut de Veille Sanitaire. Ce programme national a contribué à améliorer le protocole d'analyse des séries temporelles qui a été utilisé dans cette étude. De plus, il a été possible de confronter les résultats obtenus en région parisienne avec ceux obtenus dans les huit autres villes : les résultats sont qualitativement homogènes.
- Erpurs participe également au **programme européen APHEIS**. Là encore, cette collaboration internationale a contribué à améliorer le protocole d'analyse et a permis de replacer les résultats de l'analyse francilienne dans un contexte européen.

Dans le cadre des institutions régionales, l'équipe Erpurs, après avoir collaboré au PRQA (Plan Régional de Qualité de l'Air), participe à **l'élaboration du Plan de Protection de**

**l'Atmosphère (PPA)**, en prenant part aux groupes de travail “transports terrestres”, “transports aériens” et “sources biogéniques”.

A court et moyen termes, les évolutions prévues pour le programme Erpurs sont :

- **le développement de méthodologies** permettant de proposer une réactualisation plus fréquente (tous les deux ans, par exemple) des liens entre pollution et santé, et d'apprécier les éventuelles améliorations de l'état de santé de la population liées à l'évolution des niveaux des différents polluants ;
- **le développement de nouveaux indicateurs sanitaires** (consommation de médicaments, utilisation plus approfondie des données concernant les visites médicales à domicile fournies par SOS médecins), et
- en association avec AIRPARIF, contribuer à une **mesure plus précise de l'exposition** des Franciliens à la pollution atmosphérique urbaine.

Dans le contexte actuel de préoccupations de plus en plus importantes du public tant pour les problèmes liés à la santé que pour ceux liés à la qualité de l'environnement, le programme Erpurs pour l'Ile de France se doit de constituer un système d'alerte performant, au service de politiques de prévention chaque fois mieux adaptées, et en synergie avec les demandes du même type au niveau national et international.

# Références

AIRPARIF. Rapport d'activité, Résultats. 2001.102 pp.

Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J, Ayres J, Baccini M, Vonk JM, Boumghar A, Forastiere F, Forsberg B, Touloumi G, Schwartz J, Katsouyanni K. Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA2 project. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2001, 12: 521-531.

Avol EL, Linn WS, Peng RC, Valencia G, Little D, Hackney JD. Laboratory study of asthmatic volunteers exposed to nitrogen dioxide and to ambient air pollution. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1988, 49:143-149.

Avol EL, Linn WS, Peng RC, Whynt JD, Shamoo DA, Little DE, Smith MN Hackney JD. Experimental exposures of young asthmatic volunteers to 0.3 ppm nitrogen dioxide and to ambient air pollution. *Toxicology and Industrial Health*, 1989, 5:1025-1034.

Barbone F, Bovenzi M, Cavallieri F, Stanta G. Air pollution and lung cancer in Trieste, Italy. *American Journal of Epidemiology*, 1995, 141:1161-1169.

Bromberg PA, Koren HS. Ozone induced human respiratory dysfunction and disease. *Toxicology Letters* 1995, 82/83:307-316.

Brook RD, Brook JR, Urch B, Vincent R, Rajagopalan S, Silverman F. Inhalation of fine particulate air pollution and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults. *Circulation*, 2002, 105:1534-1536.

Brunekreef B, Dockery DW, Kryzanowski M. Epidemiologic studies on short term effects of low levels of major ambient air pollution components. *Environmental Health Perspectives*, 1995, 103, supplement 2.

Buckeridge DL, Glazier R, Harvey BJ, Escobar M, Amrhein C, Franck J. Effect of motor vehicle emissions on respiratory health in urban area. *Environmental Health Perspectives*, 2002, 110:293-300.

Burnett RT, Brook JR, Yung WT, Dales RE, Krewski D. Association between ozone and hospitalisation for respiratory diseases in 16 canadian cities. *Environmental Research*, 1997, 72: 24-31.

Campagna D, Cassadou S, Declercq C, Eilstein D, Filleul L, Le Tertre A, Medina S, Nunes C, Pascal L, Prouvost H, Saviuc P, Zeghnoun A, Quénel P. Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain – Phase II : Revue de synthèse. Institut de Veille Sanitaire. Saint-Maurice, juin 2002 ; 23 pages. Disponible à l'URL: <http://www.invs.sante.fr/publications/default.htm>

Cassadou S, Declercq C, Eilstein D, Filleul L, Le Tertre A, Medina S, Pascal L, Prouvost H, Saviuc P, Zeghnoun A, Quénel P. Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain – Phase II : rapport de l'étude. Institut de Veille Sanitaire. Saint-Maurice, juin 2002 ; 184 pages. Disponible à l'URL: <http://www.invs.sante.fr/publications/default.htm>

Cassee, FR, Boere AJF, Bos J, Fokkens PHB, Dormans JAMA, van Loveren H. Effects of diesel exhaust enriched concentrated PM<sub>2,5</sub> in ozone preexposed or monocrotaline-treated rats. *Inhalation Toxicology*, 2002, 14: 721-743.

Clancy L, Goodman P, Sinclair H, Dockery DW. Effect of air pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. *The Lancet*, 2002, 360: 1210-1214.

Dab W, Ségala C, Dor F, Festy B, Lameloise Ph, Le Moullec Y, Le Tertre A, Medina S, Quénel Ph, Wallaert B, Zmirou D. Pollution atmosphérique et santé ? Le cas de la relation entre l'exposition aux particules et la mortalité cardio-pulmonaire. *Pollution atmosphérique*, 2001, 170 : 219-235.

Daniels MJ, Dominici F, Samet JM, Zeger SL. Estimating particulate matter-mortality dose-response curves and threshold levels: an analysis of daily time-series for the 20 largest US cities. *American Journal of Epidemiology*, 2000, 152: 397-406.

Décret n°2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des directives 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites. *Journal Officiel de la République Française*, 19 février 2002, 3198-3200.

De Marco R, Poli A, Ferrari M, Accordini S, Giammanco G, Bugiani M, Villani S, Ponzio M, Bono R, Carozzi L, Cavallini R, Cazzoletti L, Dallari R, Ginesu F, Lauriola P, Mandrioli P, Perfeti L, Pignato S, Pirina P, Struzzo P. The impact of climate and

- traffic related NO<sub>2</sub> on the prevalence of asthma and allergic rhinitis in Italy. *Clinical and Experimental Allergy*, 2002, 32:1405-1412.
- Desqueyroux H, Momas I. Pollution atmosphérique et santé: une synthèse des études longitudinales de panel publiées de 1987 à 1998. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, 1999, 47:361-375.
- Desqueyroux I, Momas I. Impact à court terme de la pollution atmosphérique urbaine sur l'insuffisance respiratoire par broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO). Synthèse des études publiées de 1962 à janvier 2000. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, 2001, 49:61-76.
- Desqueyroux H, Pujet JC, Prosper M, Squinazi F, Momas I. Short-term effects of low-level air pollution on respiratory health of adults suffering from moderate to severe asthma. *Environmental Research* 2002, 89:29-37.
- Directive 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 relative à la fixation de valeurs limites pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air ambiant. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, 29 juin 1999, L163/41-L163/60.
- Dockery DW. Epidemiologic evidence of cardiovascular effects of particulate air pollution. *Environ. Health Perspect.* 2001, 109:483-486.
- Dumontier F, Pan Ke Shon J-F. Enquête emploi du temps 1998-1999. *Insee Résultats*, 2000, 324 pages.
- Filleul L, Zeghnoun A, Declercq C, Le Goaster C, Le Tertre A, Eilstein D, Medina S, Saviuc P, Prouvost H, Cassadou S, Pascal L, Quenel P. Relation à court terme entre la pollution atmosphérique urbaine et la mortalité respiratoire : la place des études temporelles. *Rev Mal Respir.* 2001;18:387-395.
- Friedman MS, Powell KE, Hurwagner L, Graham LM, Teague WG. Impact of changes in transportation and commuting behaviors during the 1996 summer Olympic games in Atlanta on air quality and childhood asthma. *JAMA* 2001, 285(7): 897-905.
- Galizia A, Kinney PL. Long-term residence in areas of high ozone: associations with respiratory health in a nationwide sample of nonsmoking young adults. *Environ Health Perspect.*, 1999, 107(8):675-679.
- Gehring U, Cyrys J, Sedlmeir G, Brunekreef B, Bellander T, Fischer P, Bauer CP, Reinhardt D, Wichmann HE, Heinrich J. Traffic-related air pollution and respiratory health during the first 2 yrs of life. *Eur Respir J.*, 2002, 19: 690.
- Godleski JJ, Verrier RL, Koutrakis P, Catalano P, Coull B, Reinisch U, Lovette EG, Lawrence J, Murthy GG, Wolfson JM, Clarke RW, Nearing BD, Killingsworth C. Mechanisms of morbidity and mortality from exposure to ambient air particles. *Research Report Health Effects Institute*, février 2000, 5-88 et 89-103.
- Goldberg MS, Bailar JC III, Burnett R, Brook J, Tamblyn R, Bonvalot Y, Ernst P, Flegel KM, Singh R, Valois MF. 2000. Identifying subgroups of the general population that may be susceptible to short-term increases in particulate air pollution: A time series study in Montreal, Quebec. *Health Effects Institute*, Cambridge, 122 pages. Disponible à l'URL: <http://www.healtheffects.org/pubs-research.htm>
- Goldberg MS, Burnett RT, Brook J, Bailar JC 3rd, Valois MF, Vincent R. Associations between daily cause-specific mortality and concentrations of ground-level ozone in Montreal, Quebec. *American Journal of Epidemiology*, 2001a, 154:817-826.
- Goldberg MS, Burnett RT, Bailar JC 3rd, Tamblyn R, Ernst P, Flegel K, Brook J, Bonvalot Y, Singh R, Valois MF, Vincent R. Identification of persons with cardiorespiratory conditions who are at risk of dying from the acute effects of ambient air particles. *Environ Health Perspect.* 2001b;109:487-494.
- Gotschi T, Oglesby L, Mathys P, Monn C, Manalis N, Koistinen K, Jantunen M, Hanninen O, Polanska L, Kunzli N. Comparison of black smoke and PM<sub>2.5</sub> levels in indoor and outdoor environments of four European cities. *Environ Sci Technol* 2002;36:1191-1197.
- Greenbaum D. Lettre au HEI les dernières analyses concernant le projet National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study (NMMAPS), 2002, 5 pp. <http://www.healtheffects.org/Pubs/NMMAPSletter.pdf>
- Hastie T., Tibshirani R. *Generalized additive models*. London : Chapman and Hall, 1990.

Hill AB. The environment and diseases: association or causation ? Proceedings of the Royal Society of Medicine, 1965, 58:295-300.

Hedley AJ, Wong C-M, Thach TQ, Ma S, Lam T-H, Anderson HR. Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulphur content of fuel in Hong-Kong: an intervention study. The Lancet, 2002, 360: 1646-1652.

Heinrich J, Hoelscher B, Wichmann E. Decline of ambient air pollution and respiratory symptoms in children. Amer J. Respir. Crit. Care Med. 2000, 161:1930-1936.

HEI, Health Effect Institute, Understanding the effects of components of the particulate matter mix: progress and next steps. HEI Perspectives, Boston, 2002, 20 pages.

Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fisher P, van der Brandt PA. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. The Lancet, 2002, disponible à l'URL <http://image.thelancet.com/extras/01art7366web.pdf>

Janssen NA, Hoek G, Brunekreef B, Harssema H, Mensink I, Zuidhof A. Personal sampling of particles in adults: relation among personal, indoor, and outdoor air concentrations. Am J Epidemiol. 1998, 147(6):537-47.

Jedrychowski W, Flak E, Mroz E. The adverse effect of low levels of ambient air pollutants on lung function growth in preadolescent children. Environ Health Perspect. 1999, 107(8): 669-74.

Jorres R, Nowak D, Grimminger F, Seeger W, Oldigs M, Magnussen H. The effect of 1ppm nitrogen on bronchoalveolar lavage cells and inflammatory mediators in normal and asthmatic subjects. European Respiratory Journal, 1995, 8:416-424.

Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, Rossi G, Wojtyniak B, Sunyer J, Bacharova L, Schouten JP, Ponka A, Anderson HR. Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. Air Pollution and Health: a European Approach. British Medical Journal, 1997;314:1658-1663.

Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopolis Y, Rosi G, Zmirou D, Ballester F, Boumghar A, Anderson HR, Wojtyniak B, Braunstein R, Pekkanen J, Schindler C, Schwartz J. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project Epidemiology, 2001, 12(5): 521-531.

Kleinbaum D., Kupper L., Muller K. Applied regression analysis and other multivariate methods, PWS-KENT Publishing Company, Boston, 1988, 718 pages.

Kunzli N, Ackermann-Lieblich U, Brandli O, Tschopp JM, Schindler C, Leueberger P. Clinically "small" effects of air pollution on FVC have a large public health impact. European Respiratory Journal, 2000, 15:131-136.

Le Moulec 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 - Observatoire régional de santé d'Ile-de-France. Paris, 1992 ; 300 pages.

Le Tertre A, Quénel P, Medina S, Le Moulec Y, Festy B, Ferry R, Dab W, Short term modeling of the effect of air pollution and health. Example: SO<sub>2</sub> and total mortality, Paris, 1987-1999. Revue d'Epidémiologie et de Santé publique, 1998, 46 : 316-328.

Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Forsberg B, Michelozzi P, Boumghar A, Vonk JM, Bellini A, Atkinson R, Ayres JG, Sunyer J, Schwartz J, Katsouyanni K. Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. Journal of Epidemiology and Community Health, 2002, 56:773-779.

Lippmann M, Ito K, Nadas A, Burnett RT. Association of particulate matter components with daily mortality and morbidity in urban populations - Research Report 95. Health Effects Institute, Cambridge, 2000. Disponible à l'URL: <http://www.healtheffects.org/pubs-research.htm>

Loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie. Journal Officiel de la République Française, 1er janvier 1997, 11-19.

Lombraill P, Minvielle E, Comar L, Gottot S. Programme de médicalisation du système d'information et épidémiologie: une liaison qui ne va pas de soi. Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique, 1994, 42:334-344.

- Marthan R, Ben Jebria A. Distribution de l'ozone dans les voies aériennes. Effet sur la mécanique ventilatoire et la réactivité bronchique. *Pollution atmosphérique*, octobre-décembre 1990, 445-448
- McConnell RC, Berhane K, Gilliland F, London SJ, Islam T, Gauderman WJ, Avol E, Margolis HG, Peters JM. Asthma in exercising children exposed to ozone : a cohort study. *The Lancet*, 2002, 359: 386-391
- McCullagh P, Nelder JA. *Generalized Linear Models*. 2nd edition, Chapman & Hall, Londres, 1989, 511pp.
- McGowan JA, Hider RN, Chacko E, Town GI. Particulate air pollution and hospital admissions in Christchurch, New Zealand. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 2002, 26:23-29.
- Medina S. *Pollutions atmosphériques urbaines : Etudes épidémiologiques et impact en Santé Publique*. Thèse de Doctorat (spécialité Santé Publique), Université René Descartes Paris V, janvier 2001, 373 pages.
- Medina S, Le Tertre A, Dusseux E, Boumghar A, Camard JP. Analyse des liens à court terme entre la pollution atmosphérique et santé : Résultats 1991-1995. Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé, Erpurs. Rapport d'étude- Observatoire régional de santé d'Ile-de-France. Paris, octobre 1998, 101 pages.
- Medina S, Le Tertre A, Quénel P, Le Moullec Y. Impact de la pollution atmosphérique sur la santé en Ile-de-France : Résultats 1987-1992. Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé, Erpurs. Rapport d'étude- Observatoire régional de santé d'Ile-de-France. Paris, novembre 1994, 104 pages.
- Medina S, Plasencia A, Artazcoz L, Quénel P, Katsouyanni K, Mucke HG, DeSaeger E, Kryzanowsky M, Schwartz J, and the contributing members of the Apehis group. Apehis. Air pollution and Health: a European Information System. Final scientific report, 1999-2000. Institut de Veille Sanitaire, Saint-Maurice, avril 2001; 136 pages. Disponible à l'URL: [http://www.apheis.org/Pdf/Apehis\\_Report.pdf](http://www.apheis.org/Pdf/Apehis_Report.pdf)
- Medina S, Plasencia A, and the contributing members of the Apehis group. Apehis. Air pollution and Health: a European Information System. Second year Report, 2000-2001. Institut de Veille Sanitaire, Saint-Maurice, septembre 2002; 225 pages.
- Molfino NA, Wright SC, Katz I, Tralo S, Silverman F, McClean PA, Szalai JP, Raizenne M, Slutsky AS, Zamel N. Effect of low concentrations of ozone on inhaled allergen responses in asthmatic subjects. *The Lancet*, 1991, 338:199-203.
- Moseler M, Hendel-Kramer A, Karmaus W et al. Effect of moderate NO2 air pollution on the lung function of children with asthmatic syndrom. *Environmental Research*, 1994, 67:109-124.
- Mosqueron L, Le Moullec Y, Momas, I. Evaluation de l'exposition aux particules atmosphériques : apport des mesures individuelles. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 2001, 49 : 77-91.
- Nemmar A, Hoylaerts MF, Hoet PHM, Dinsdale D, Smith T, Xu H, Vermylen J, Nemery B. ultrafine particles affect experimental thrombosis in an in vivo hamster model. *American Journal of respiratory and Critical Care Medicine*, 2002, 166:998-1004.
- Neukirch F, Segala C, Le Moullec Y, Korobaeff M, Aubier M. Short-term effects of low-level winter air pollution on respiratory health of asthmatic adults. *Arch Environ Health* 1998;53:320-328.
- Odajima H, Hirose T, Nishima S. Air pollution (NO2, suspended material) and the number of acute hospitalisation of patients with asthmatic attack. *Aerugi Allergy*, 1995, 44:160-169.
- OMS Pollution de l'air - Aide-Mémoire No 187 Organisation Mondiale de la Santé, septembre 2000, 5 pages. Disponible à l'URL: <http://www.who.int/inf-fs/fr/am187.html>
- PDU, Plan de déplacements urbains, Ile-de-France – Diagnostic. Paris, 1998, 77 pages.
- Pope CA. Respiratory disease associated with community air pollution and a steel mill, Utah Valley. *Am. J. of Public Health*. 1989, 79:623-628.
- PRQA, Qualité de l'air en Ile-de-France - le plan régional approuvé. DRIRE, Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement, Paris, août 2000, 160 pages.

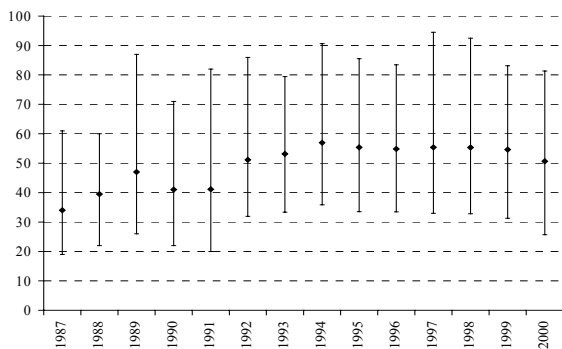
- Quénel P, Cassadou S, Declercq C, Eilstein D, Filleul L, Le Goaster C, Le Tertre A, Medina S, Pascal L, Prouvost H, Saviuc P, Zeghnoun A. Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain : rapport de l'étude. Institut de Veille Sanitaire. Saint-Maurice, mars 1999, 148 pages.
- Pernelet V, Roth C. Evaluation de l'exposition des franciliens à la pollution atmosphérique au cours de la journée. Rapport PRMIEQUAL/PREDIT, AIRPARIF-LHVP-ORS-IdF, 2001, 106 pages.
- Pope CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Kazuhiko I, Thurston GD. Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*, 2002, 287:1132-1141
- Rooney C, Griffiths C, Cook L. The implementation of ICD-10 for cause of death coding – some preliminary results from the bridge coding study. *Health Statistics Quarterly*, 2002, 13:30-41.
- Samet JM, Zeger SL, Dominici F, Curriero F, Coursac I, Dockery DW, Schwartz J, Zanobetti A. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study, Part II: Morbidity and Mortality from Air Pollution in the United States. Research Report 94. Health Effects Institute, Cambridge, 2000. Disponible à l'URL: <http://www.healtheffects.org/pubs-research.htm>
- Schouten JP, Vonk JM, de Graaf A Short term effects of air pollution on emergency hospital admissions for respiratory disease: results of the APHEA project in two major cities in The Netherlands, 1977-89. *J Epidemiol Community Health*, 1996, 50:S22-S29.
- Schwartz J. Air pollution and daily mortality : a review and metaanalysis. *Environmental Research*, 1995, 64:36-52
- Segala C, Fauroux B, Just J, Pascual L, Grimfeld A, Neukirch F. Short-term effect of winter air pollution on respiratory health of asthmatic children in Paris. *Eur Respir J* 1998;11:677-685.
- Spix C, Anderson HR, Schwartz J, et al. Short-term effects of air pollution on hospital admission of respiratory diseases in Europe : a quantitative summary of APHEA study results. *Air Pollution and Health: a European Approach. Archives of Environmental Health*, 1998, 53:54-64.
- Spix C, Wichmann HE. Daily mortality and air pollutants: findings from Köln, Germany. *J Epidemiol Community Health*, 1996, 50:S52-58.
- Stedman JR, Anderson HR, Atkinson RW, Maynard RL. Emergency hospital admissions for respiratory disorders attributable to summer time ozone episodes in Great Britain. *Thorax*, 1997, 52:958-963.
- Touloumi G, Katsouyanni K, Zmirou D, et al. Short-term effects of ambient oxidants exposure on mortality : a combined analysis within the APHEA project. *American Journal of Epidemiology*, 1997;146:177-185.
- Viel J.F. La régression de Poisson en épidémiologie. *Rev Epidém et Santé Publique*, 1994, 42 :79-87.
- Wichmann HE, Spix C, Tuch T, Wölke G, Peters A, Heinrich J, Kreyling WG, Heyder J. Daily Mortality and Fine and Ultrafine Particles in Erfurt, Germany. Part I: Role of Particle Number and Particle Mass - Research Report 98. Health Effects Institute, Cambridge, 2000. Disponible à l'URL: <http://www.healtheffects.org/pubs-research.htm>
- Wojtyniak B, Piekarski T. Short term effect of air pollution on mortality in Polish urban populations--what is different? *J Epidemiol Community Health*, 1996, 50:S36-S41.
- Ye F, Piver WT, Ando M, Portier CJ. Effects of temperature and air pollutants on cardiovascular and respiratory diseases for males and females older than 65 years of age in Tokyo, July and August 1980-1995. *Environ Health Perspect*, 2001, 109:355-359.
- Zeghnoun A, Eilstein D, Saviuc P et al. Surveillance des effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la mortalité en milieu urbain. Résultats d'une étude de faisabilité dans 9 villes françaises. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2001;49(1):3-12.
- Zmirou D, Bar D, Dab W, Dor F, Goldberg M, Hubert P, Potelon J-L, Quénel P. Quels risques pour notre santé. Syros, Paris, 2000, 336 pages.



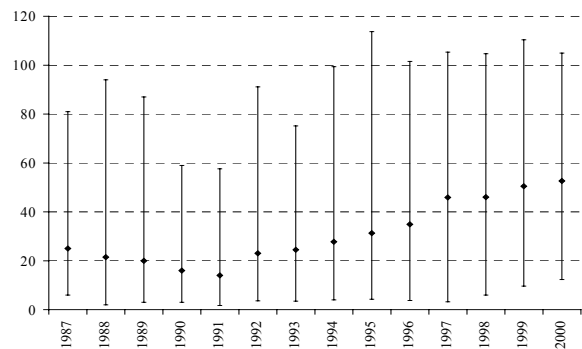
# Annexes

## Annexe 1. Niveaux médians et variations annuelles des niveaux moyens d'indicateurs de pollution à Paris et en proche couronne pendant la période 1987-2000\*

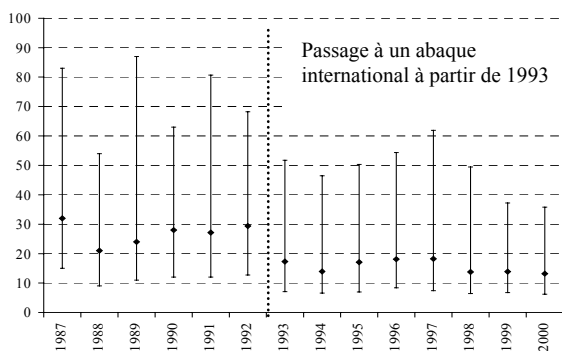
Niveaux médians et variations annuelles de la concentration ambiante de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>, en µg/m<sup>3</sup>)



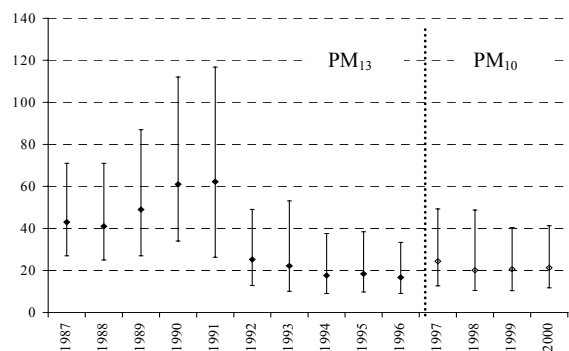
Niveaux médians et variations annuelles de la concentration ambiante d'ozone (O<sub>3</sub>, en µg/m<sup>3</sup>)



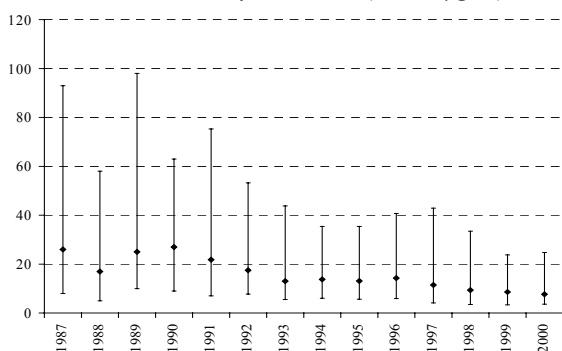
Niveaux médians et variations annuelles de l'indice de fumées noires (FN, en µg/m<sup>3</sup>)



Niveaux médians et variations annuelles des niveaux de particules (PM<sub>13</sub> et PM<sub>10</sub>, en µg/m<sup>3</sup>)



Niveaux médians et variations annuelles de la concentration ambiante de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>, en µg/m<sup>3</sup>)

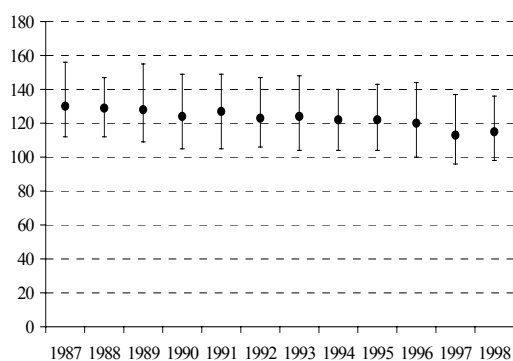


\* La variation des concentrations ambiantes est exprimée par les 5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles. Le percentile x d'un ensemble de valeurs est la valeur pour laquelle on dénombre x % du nombre des valeurs inférieures à celle-ci. La médiane est le percentile 50.  
Source : LHVP et AIRPARIF ; Exploitation : ORS Ile-de-France

## Annexe 2. Nombre journalier de décès par causes et par année pour la période 1987-1998\*

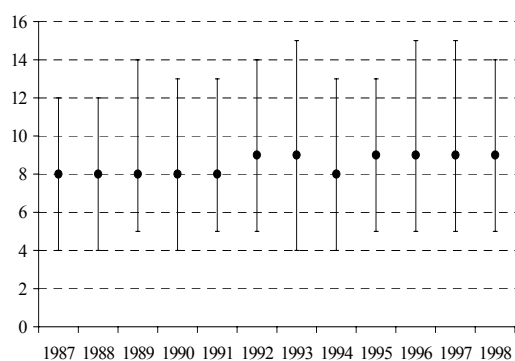
### A. Nombre de décès pour causes non accidentelles

codes CIM-9 de 1 à 799



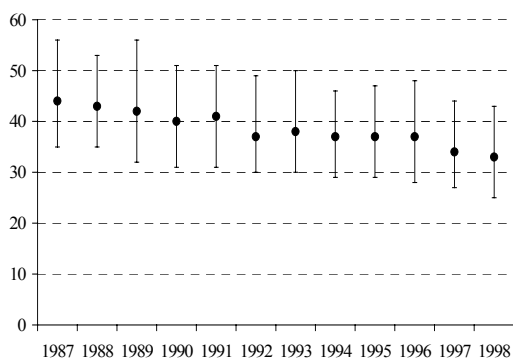
### B. Nombre de décès pour causes respiratoires

codes CIM-9 de 460 à 519



### C. Nombre de décès pour causes cardio-vasculaires

codes CIM-9 de 390 à 459



Source : Service des causes médicales de décès de l'Inserm

Exploitation : ORS Ile-de-France

\* Niveaux médians, 10<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> percentiles

NB : Les échelles des graphiques sont différentes pour chaque variable sanitaire.

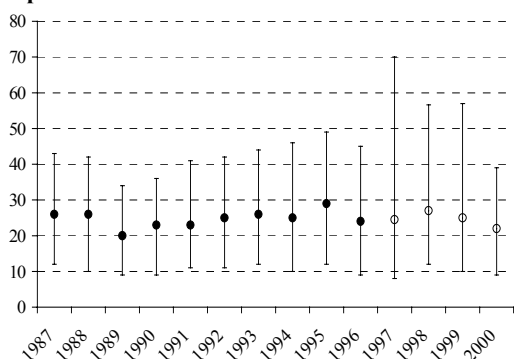
### Annexe 3. Nombre quotidien d'hospitalisations par année à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris pour la période 1987-2000

#### Nombre quotidien d'hospitalisations pour maladies respiratoires

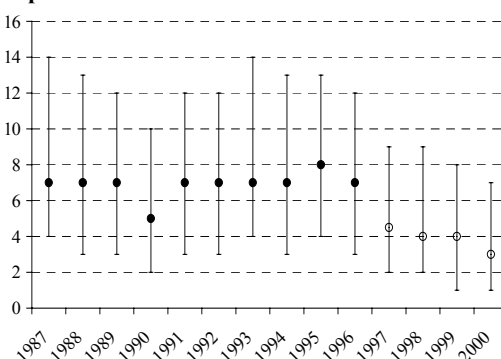
Otarie, code CIM-9 de 460 à 519 ; PMSI, code CIM-10 de J00 à J99

Niveaux médians, 10<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> percentiles

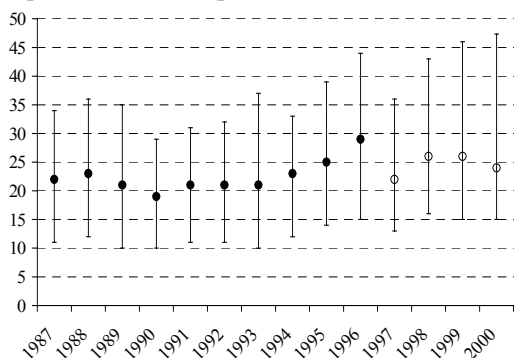
**A. Nombre quotidien d'hospitalisations pour causes respiratoires chez les moins de 15 ans**



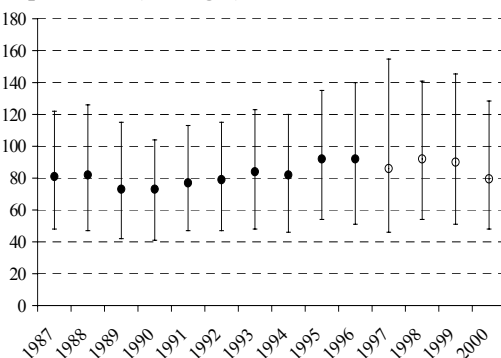
**B. Nombre quotidien d'hospitalisations pour causes respiratoires chez les 15-64 ans**



**C. Nombre quotidien d'hospitalisations pour causes respiratoires chez les plus de 65 ans**



**D. Nombre quotidien d'hospitalisations pour causes respiratoires (tous âges)**



Admissions hospitalières recueillies par les systèmes :

- Otarie du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996 ;
- PMSI du 1<sup>er</sup> juillet 1997 au 1<sup>er</sup> octobre 2000.

Quant aux admissions hospitalières survenues pendant la période de transition entre les deux systèmes de recueil des informations soit du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 juin 1997, elles n'ont pas été considérées dans les analyses du présent rapport et dans les divers graphiques.

NB. Les échelles des graphiques sont différentes pour chaque variable sanitaire.

Source : Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ; Exploitation : ORS Ile-de-France

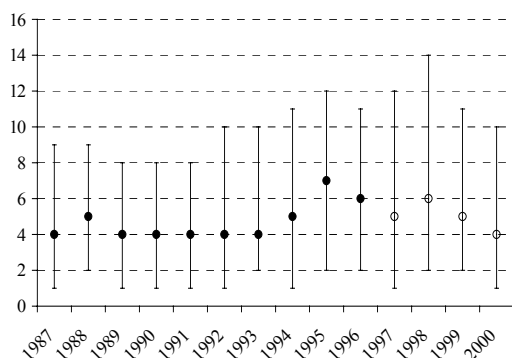
## Annexe 3 (suite). Nombre quotidien d'hospitalisations par année à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris pour la période 1987-2000

### Nombre quotidien d'hospitalisations pour asthme

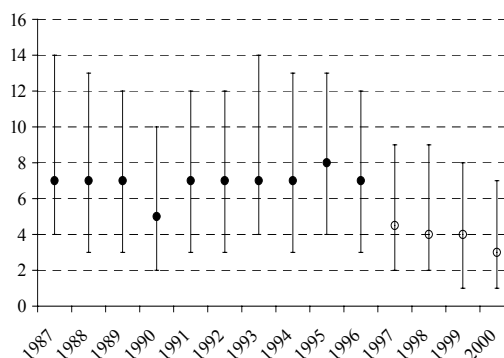
Otarie, code CIM-9 493 ; PMSI, code CIM-10 J45 et J46

Niveaux médians, 10<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> percentiles

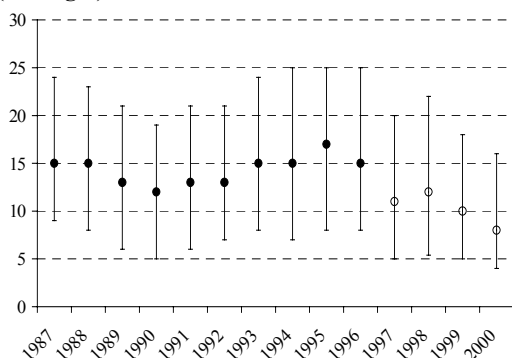
**A. Nombre quotidien d'hospitalisations pour asthme chez les moins de 15 ans**



**B. Nombre quotidien d'hospitalisations pour asthme chez les 15-64 ans**



**C. Nombre quotidien d'hospitalisations pour asthme (tous âges)**



Admissions hospitalières recueillies par les systèmes :

● Otarie du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996 ;

○ PMSI du 1<sup>er</sup> juillet 1997 au 1<sup>er</sup> octobre 2000.

Quant aux admissions hospitalières survenues pendant la période de transition entre les deux systèmes de recueil des informations soit du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 juin 1997, elles n'ont pas été considérées dans les analyses du présent rapport et dans les divers graphiques.

NB. Les échelles des graphiques sont différentes pour chaque variable sanitaire.

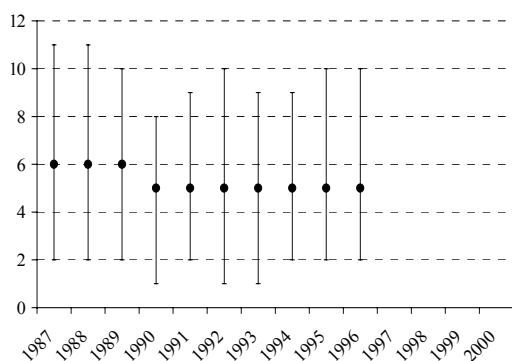
Source : Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ; Exploitation : ORS Ile-de-France

### Annexe 3 (suite). Nombre quotidien d'hospitalisations par année à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris pour la période 1987-2000

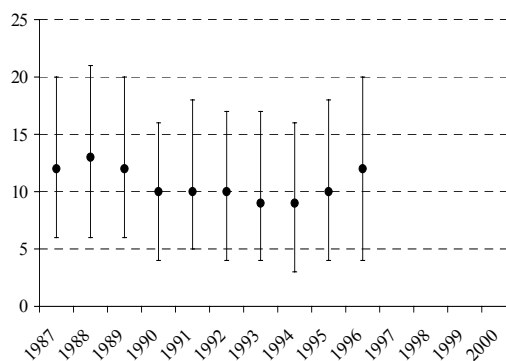
#### Nombre quotidien d'hospitalisations pour maladies pulmonaires chroniques obstructives (BPCO)

Otarie, codes CIM-9 de 490 à 492 et de 494 à 496  
Niveaux médians, 10<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> percentiles

A. Nombre quotidien d'hospitalisations pour BPCO chez les plus de 65 ans



B. Nombre quotidien d'hospitalisations pour BPCO (tous âges)



Admissions hospitalières recueillies par le système Otarie du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996.

Information non disponible pour la période PMSI.

NB. Les échelles des graphiques sont différentes pour chaque variable sanitaire.

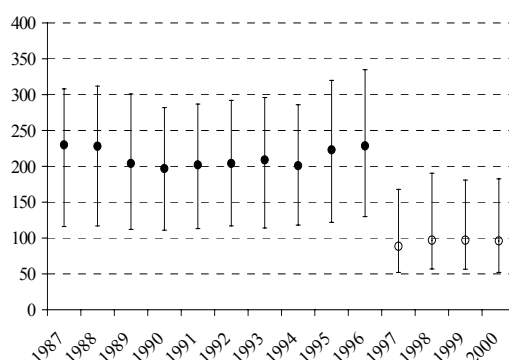
Source : Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ; Exploitation : ORS Ile-de-France

### Annexe 3 (suite). Nombre quotidien d'hospitalisations par année à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris pour la période 1987-2000

#### Nombre quotidien d'hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire

Otarie, codes CIM-9 de 390 à 459 ; PMSI, codes CIM-10 de I00 à I99

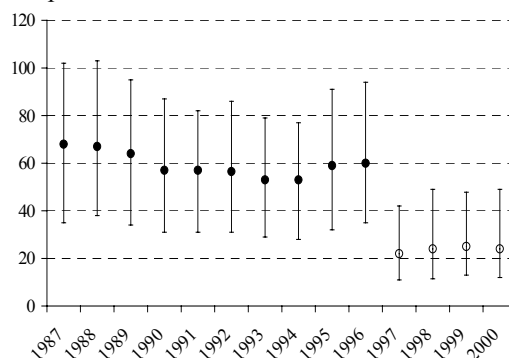
Niveaux médians, 10<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> percentiles



#### Nombre quotidien d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques

Otarie, codes CIM-9 de 410 à 414, PMSI codes CIM-10 de I20 à I25

Niveaux médians, 10<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> percentiles



Admissions hospitalières recueillies par les systèmes :

- Otarie du 1<sup>er</sup> janvier 1987 au 30 septembre 1996 ;
- PMSI du 1<sup>er</sup> juillet 1997 au 1<sup>er</sup> octobre 2000.

Quant aux admissions hospitalières survenues pendant la période de transition entre les deux systèmes de recueil des informations soit du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 juin 1997, elles n'ont pas été considérées dans les analyses du présent rapport et dans les divers graphiques.

NB. Les échelles des graphiques sont différentes pour chaque variable sanitaire.

Source : Assistance Publique-Hôpitaux de Paris ; Exploitation : ORS Ile-de-France

### Annexe 4. Tableau récapitulatif des associations observées entre les niveaux d'indicateurs de pollution et la mortalité lors de chacune des trois phases de l'étude Erpurs

Indicateurs de pollution	Périodes étudiées	Saisons concernées	Niveaux (P5-P95) en µg/m <sup>3</sup>	Pourcentage d'augmentation de la mortalité *		
				toutes causes	causes respiratoires	causes cardiovasculaires
NO <sub>2</sub> (24 h)	1987-1992	Année	(22-78)	NC	NC	NC
	1991-1995	Eté**	(32-83)	9,0 [6,0-12,1]	18,6 [7,2-31,2]	7,6 [2,7-12,7]
	1987-1998	Année	(26-84)	4,8 [3,7-5,9]	9,2 [5,1-13,4]	6,1 [4,2-8,1]
O <sub>3</sub> (8 h)	1987-1992	Année	(3-81)	4,6 [0,6-9,0]	NC	NC
	1991-1995	Eté	(15-114)	4,8 [1,5-8,2]	NC	5,3 [-0,7-11,6]
	1987-1998	Année	(3-93)	6,5 [4,9-8,0]	5,8 [0,7-11,1]	2,3 [0,1-4,6]
FN (24 h)	1987-1992	Année	(11-74)	4,4 [2,1-6,8]	NC	5,1 [0,3-10,2]
	1991-1995	Eté**	(7-66)	7,5 [4,8-10,3]	13,3 [2,9-24,6]	7,4 [2,5-12,6]
	1987-1998	Année	(8-96)	5,0 [3,8-6,9]	11,9 [7,5-16,5]	6,0 [4,1-8,0]
PM <sub>13</sub> (24 h)	1987-1992	Année	(19-94)	5,4 [2,3-8,5]	14,5 [3,6-26,6]	NC
	1991-1995	Eté**	(10-58)	5,4 [2,8-8,1]	12,1 [1,2-24,1]	6,7 [1,9-11,8]
	1987-1998	Année	(11-84)	4,7 [3,4-5,9]	9,0 [4,4-15,6]	5,5 [3,1-7,9]
SO <sub>2</sub> (24 h)	1987-1992	Année	(14-155)	4,8 [2,7-6,9]	NC	8,4 [3,7-13,3]
	1991-1995	Hiver	(8-54)	5,3 [2,6-8,0]	NC	7,6 [3,2-12,2]
	1987-1998	Année	(5-58)	5,3 [3,7-6,8]	12 [6,7-17,5]	3,5 [1,7-5,4]

Périodes étudiées : 1987-1992 (Erpurs phase 1), 1991-1995 (Erpurs phase 2) et 1987-1998 (le présent rapport).

P5 : 5<sup>ème</sup> percentiles correspond au niveau de pollution non dépassé au cours des 18 jours les «moins pollués» de l'année ou cours des 9 jours les «moins pollués» de la saison.

P95 : 95<sup>ème</sup> percentiles correspond au niveau de pollution dépassé au cours des 18 jours de «plus forte pollution» de l'année ou au cours des 9 jours de «plus forte pollution» de la saison.

Hiver : période allant du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars.

Causes de mortalité codées selon la 9<sup>ième</sup> révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9) : mortalité pour causes non-accidentelles (1-799) ; respiratoires (460-519) ; cardiovasculaires (390-459).

NC: Risque Non Calculé ; la forme de la relation observée entre l'indicateur de pollution et l'indicateur sanitaire (mortalité) ne permet pas de quantifier le risque.

\* Pourcentage d'augmentation et [Intervalle de confiance à 95%]

\*\* Association aussi testée pour l'hiver

Sources : LHVP, AIRPARIF et INSERM-SC8; Exploitation : ORS Ile-de-France



### Annexe 5. Spécificités relatives à la surveillance de chaque indicateur de pollution au cours de chacune des périodes d'étude des liens avec la mortalité et la morbidité.

Indicateurs de pollution	La surveillance des niveaux de chaque indicateur de pollution au cours de la période d'étude des liens avec :		
	la mortalité	la morbidité hospitalière recueillie par le système Otarie	la morbidité hospitalière recueillie par le système PMSI
NO <sub>2</sub>	n'a pas été modifiée	n'a pas été modifiée	a été légèrement modifiée, l'activité d'une des sept stations ayant été interrompue
O <sub>3</sub>	a été légèrement modifiée, une des cinq stations ayant été remplacée par deux nouvelles stations	n'a pas été modifiée	a été légèrement modifiée, l'activité d'une des sept stations ayant été interrompue
Indice de fumées noires	a été légèrement modifiée, l'activité de quatre des douze stations de mesure ayant été interrompue et deux nouvelles ont été mises en service	n'a pas été modifiée	a été légèrement modifiée, l'activité d'une des neuf stations ayant été interrompue
PM <sub>13</sub>	n'a pas été modifiée et ne concerne que la période se terminant le 31 décembre 1996	n'a pas été modifiée et ne concerne que la période se terminant le 31 décembre 1996	---
PM <sub>10</sub>	n'a pas été modifiée	---	n'a pas été modifiée
SO <sub>2</sub>	a été la plus largement modifiée, l'activité de trois des neuf stations ayant été interrompue et quatre nouvelles stations ont été mises en service	n'a pas été modifié	a été légèrement modifiée, l'activité de deux des onze stations ayant été interrompue

--- ne s'applique pas, incompatibilité de périodes