

Risques de cancers et particules fines

COLLECTION
Fiches repère

ÉTAT DES
CONNAISSANCES
EN DATE
DU 16 FÉVRIER 2009

Les particules fines désignent généralement les particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm présentes en suspension dans l'atmosphère. Outre celles d'origine naturelle, les particules fines liées aux activités humaines peuvent être directement émises par les sources de pollution ou produites dans l'atmosphère par réactions chimiques entre différents composés présents. Leur composition est très variable, et elles sont souvent formées d'un « cœur » sur lequel peuvent être adsorbés différents composés¹. Les particules constituent des polluants complexes, car leurs effets sur la santé dépendent :

- de leur granulométrie : les plus grosses (PM10 dont le diamètre est inférieur à 10 microns) sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les particules les plus fines (PM 2,5 dont le diamètre est inférieur à 2,5 microns et PM 1, diamètre inférieur à 1 micron) sont potentiellement les plus toxiques car elles peuvent pénétrer profondément dans les poumons.
- de leur composition chimique : elles peuvent également avoir des propriétés mutagènes et cancérigènes, c'est notamment le cas des particules émises par les moteurs diesel qui véhiculent certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)². Les liens entre les niveaux de particules fines et la survenue d'événements sanitaires peuvent donc être le reflet des effets propres de ces particules, mais également de ceux des polluants émis ou formés avec elles.

miques dans l'atmosphère⁴. Les particules, constituées de fines matières liquides ou solides, se forment par condensation, par accumulation ou par pulvérisation mécanique et peuvent être transportées à distance.

POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET ÉMISSION DE PARTICULES FINES

SO ₂	Dioxyde de soufre
NO ₃	Oxydes d'azote (NO et NO ₂)
O ₃	Ozone
CO	Oxydes de carbone/monoxyde de carbone (CO ₂ : dioxyde de carbone)
COV	Composé organiques volatils
Pb	Plomb
HAP/HAM	Hydrocarbures aromatiques polycycliques/monocycliques
PM ₁₀	Particules de diamètre inférieur à 10 microns
PM _{2.5}	Particules fines de taille inférieure à 2,5 microns
TSP	Total suspended particulate Total des particules en suspension

Le tableau ci-dessus illustre les principaux polluants atmosphériques rencontrés en milieu urbain⁵.

2 – Sources d'émission

En 2004, l'Institut Français de l'Environnement (Ifen) estime qu'en France, les moteurs diesel rejettent 87 % des particules (PM10) issues du trafic routier et les moteurs à essence non catalysés, 12 %. Si elles ont diminué entre 1996 (date du début de leur surveillance) et 1999, les concentrations moyennes annuelles de PM10 (actuellement autour de 20 microgrammes/m³) ne présentent pas de tendance à la baisse depuis

CE QUE L'ON SAIT

1 – Pollution atmosphérique et émission de particules fines

Parmi les différents polluants atmosphériques, les particules fines (PM), constituent l'un des principaux facteurs de risque sanitaire lié à la pollution de l'air en milieu urbain. Les installations de chauffage et le transport routier et, en particulier, les polluants émis par les véhicules diesel (combustion incomplète du gazole) sont les principaux émetteurs de particules fines³ qui peuvent provenir également de transformations chi-

1. Un rapport d'expertise Afsset (faisant suite à une saisine conjointe des tutelles de l'Afsset) à paraître prochainement comprend d'ailleurs des éléments descriptifs plus précis sur les quelques données disponibles sur la composition des particules atmosphériques en France.

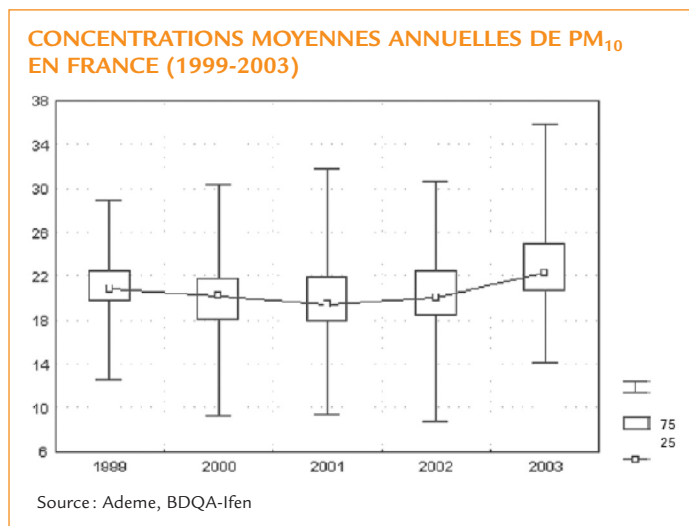
2. Observatoire régional de l'air en Midi-Pyrénées (ORAMIP): les polluants atmosphériques - fiches polluants

3. Institut français de l'environnement (ifen): juillet 2007 - Indicateurs de performance environnementale - Emissions de particules fines du transport routier

4. expertise collective Inserm : cancer et environnement - octobre 2008

5. source Afsset : pollution atmosphérique urbaine - juin 2006

cette date, malgré la réduction des émissions dans la plupart des secteurs⁶.



Les émissions de PM 2,5 du transport routier ont diminué de 30 % entre 1994 et 2004, malgré l'augmentation du trafic. En 2004, les voitures particulières étaient responsables de 54 % des émissions totales et les poids lourds de 17 %⁷. On peut noter cependant que l'évolution récente des technologies des moteurs diesel (injection sous pression dépassant 1000 bars pour obtenir une combustion plus complète du mélange) conduit à la formation de particules plus fines.

3 – Pathologies et particules⁸

De manière générale, les particules sont classées « cancérigènes probables » (Groupe 2A) par le Centre International de Recherche sur le Cancer (Circ).

Les liens entre pollution atmosphérique et atteinte à la santé à court terme (respiratoire, cardiaque) sont clairement établis⁹. Pour la mortalité cardiovasculaire et cardiaque, l'augmentation du risque de décès associée à une augmentation des PM10 et du NO₂ est jusqu'à deux fois plus élevée que pour la mortalité toutes causes, notamment pour les 65 ans et plus. Certains effets à long terme sont de plus en plus clairement établis, notamment pour les maladies cardio-vasculaires¹⁰. Enfin, les liens entre cancer du poumon et exposition à long terme aux polluants atmosphériques sont également étudiés.

4 – Études épidémiologiques relatives aux particules et cancers du poumon

Les relations entre exposition à long terme aux pollutions atmosphériques et cancer du poumon ont fait l'objet d'une dizaine d'études épidémiologiques¹¹. Malgré l'imprécision des estimations des expositions qui tendent à atténuer la relation exposition-maladie, presque tous les auteurs mettent en évidence une association statistiquement significative entre la mortalité/morbidité par cancer du poumon et les différents polluants étudiés. Cette association concerne plutôt, aux États-Unis, les particules fines et en Europe, le dioxyde d'azote et parfois aussi les fumées noires, ces deux derniers polluants constituant les traceurs d'une pollution d'origine automobile¹².

Quelques études disponibles portent sur le lien PM 2,5 - survenue de cancers du poumon ou décès par cancers du poumon :

- Deux grandes études américaines¹³, complémentaires, ont permis de mettre en évidence les effets à long terme de la pollution atmosphérique sur la mortalité au début des années quatre-vingt-dix¹⁴ : l'étude dite des « Six villes - Harvard six cities studies (HSCS) » (Dockery et al., 1993) et celle de l'American Cancer Society (ACS, Pope et al., 1995). Leurs résultats originaux et réanalysés ont montré des liens entre l'exposition aux particules et dioxyde de soufre, et la mortalité toutes causes, cardio-pulmonaire et par cancer du poumon avec des excès de risques relatifs respectivement de l'ordre de 6 à 13 %, 12 à 18 % et 1,2 à 18 %. L'étude de Pope et al. (2002), fondée sur les données de l'ACS, montre que les niveaux d'exposition chronique aux PM 2,5 sont significativement associés au risque de décès par cancer du poumon (+8 % pour une augmentation de 10 µg/m³). En outre, ces réanalyses ont montré que ces augmentations de risque étaient variables selon le niveau d'éducation des personnes (Krewski et al. 2005).

Par ailleurs, dans l'étude des « Six villes », l'analyse d'une deuxième période de suivi a conforté les résultats originaux et a mis en évidence une diminution de la mortalité avec celle des niveaux PM 2,5. En effet, avec la diminution des niveaux de PM 2,5 au cours des deux périodes de suivi, les risques de mortalité diminuent, plus fortement pour le risque de décès par maladies cardio-vasculaires et respiratoires et moins pour le risque de décès par cancer pulmonaire, une maladie avec un long temps de latence et moins de réversibilité¹⁵.

Enfin, l'étude de Pope et al (2009)¹⁶, concernant la pollution de l'air (particules fines) et l'espérance de vie aux USA,

6. Expertise collective Inserm : cancer et environnement - octobre 2008

7. Institut français de l'environnement (Ifen) : juillet 2007- Indicateurs de performance environnementale - Émissions de particules fines du transport routier

8. Afsset : pollution atmosphérique urbaine juin 2006

9. Liens à court terme entre la mortalité et les admissions à l'hôpital et les niveaux de pollution atmosphérique dans 9 villes françaises - L.Pascal et coll BEH N°5 février 2009

10. Institut français de l'environnement (Ifen) : juillet 2007- Indicateurs de performance environnementale - Émissions de particules fines du transport routier

11. Suivi de cohortes visant surtout à étudier la mortalité cancéreuse : Dockery et coll., 1993 ; Pope et coll., 1995 et 2002 ; Abbey et coll., 1999 ; Hoek et coll., 2002 ; Krewski et coll., 2003 et 2005 ; Filleul et coll., 2005 ; Laden et coll., 2006), plus rarement l'incidence des cancers (Beeson et coll., 1998 ; Nafstad et coll., 2003. Les études de type cas-témoins (Nyberg et coll., 2000 ; Vineis et coll., 2006) sont moins nombreuses.

12. Expertise collective Inserm : cancer et environnement - octobre 2008

13. InVS : évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique - concepts et méthodes :

mars 2008

14. Dockery DW, Arden Pope C, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; 329(24): 1753-9.

Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MM, Dockery DW, Evans JS, Speizer FE, Heath CW. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 669-74.

Krewski D, Burnett RT, Goldberg MS, Hoover K, Siemiatycki J, Jarret M, Abrahamowicz M, White WH. Reanalysis of the Harvard Six Cities study and the American Cancer Society of particulate air pollution and mortality. *Res rep Health Eff Inst* 2000.

Pope CA, III, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287: 1132-41.

15. Extrapol N°30 - InVS

16. Pope et al, fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States, *NEJM*, Vol 360:376-386; jan 2009, N°4

indique qu'une diminution de la concentration de particules fines de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est associée à une augmentation estimée moyenne de l'espérance de vie de 0.61 ± 0.20 an ($P=0.004$).

● L'étude de Vineis et al. (2006¹⁷) fondée sur une cohorte européenne n'a pas trouvé d'association significative entre PM 10 et risque de survenue de cancers du poumon. Cependant, dans cette étude, les niveaux d'exposition chronique au dioxyde d'azote (indicateur notamment des polluants émis par le trafic routier) sont associés (significativement pour la classe d'exposition la plus élevée) à la survenue de cancers du poumon. Ces résultats sont cohérents avec ceux observés dans le cadre d'autres études en Europe (en Norvège, Nafstad et al. 2003¹⁸, et en Suède, Nyberg et al. 2000¹⁹).

● Le rapport de l'Académie de médecine – Circ 2007 sur les causes du cancer en France en 2000 indique « que plusieurs enquêtes sur des cohortes ont étudié les relations entre les particules fines (PM_{2,5}) et les cancers du poumon. Certaines trouvent un excès de ces cancers, mais celui-ci n'a été significatif que dans la plus grande de ces études (étude ACS-CPS-II aux Etats-Unis). Les enquêtes européennes sur l'influence du trafic routier sont contradictoires ».

Le tableau ci-dessous reprend les risques relatifs pour les cancers du poumon en fonction de la pollution atmosphérique dans les études comportant une évaluation quantitative des particules fines (source : rapport Académie de médecine – CIRC 2007 : les causes du cancer en France en 2000).

RISQUE RELATIF (RR) POUR LES CANCERS DU POUMON EN FONCTION DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE DANS LES ÉTUDES COMPORTANT UNE ÉVALUATION QUANTITATIVE DE L'EXPOSITION AUX PARTICULES FINES (CLASSÉS SELON LA DERNIÈRE ANNÉE DE SUIVI)

Lieu, période d'étude, Référence	Nb et Sexe	RR	95 % IC	Caractéristique de l'exposition*	Évaluation de l'exposition	Valeur moyenne, écarts
ASHMOG study: Seventhday Adventists USA, California, 1977-92 (McDonnell et al, 2000)	6 338 M adultes	2.23	0.56-8.94	par $24.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM _{2,5}	Lieu de résidence 1966-92 et locale mensuelle estimé à partir de la visibilité sur aéroport 1966-92	Moyenne (DS) PM _{2,5} : $59.2 (16.8) \mu\text{g}/\text{m}^3$
Pays Bas, 1986-94 (Hoek et al, 2002)	4 492 M+F 55-69 y.o.	1.06	0.43-2.63	Exposition à 19.9 vs $10.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumée noire (b)	Pollution air due à circulation	Moyenne (DS)(valeur extrême) fumée noire: $15.5 (3.2)(9.6-35.8) \mu\text{g}/\text{m}^3$
ASC/CPS-II USA, 1982-98 (Pope et al, 2002)	500 000 M+F adultes	1.08	1.01-1.16	par $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM _{2,5}	Ville de résidence en 1982. Pollution moyenne de 1979-1983	Moyenne (DS) PM _{2,5} : $21.1 (4.6)$; domaine d'étude environ $5-30 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Six VillesUS (suivi prolongé) USA, 1975-1998 (Laden et al, 2006)	8 111 M+F adultes	1.27	0.96-1.69	par $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM _{2,5}	Ville de résidence en 1975. Pollution moyenne de 1979-1985	Domaine d'étude PM _{2,5} : $34.1-89.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PAARC survey, France, 1974-1999 (Filleul et al, 2005)	14 284 M+F adultes	0.97	0.93-1.01	par $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fumée noire	Pollution mesurée de 1974-1976 et 1978-1981 en 24 lieux	Domaine d'étude fumée noire: $18-152 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1974-1976
GENAIR study 7 pays européens, 1990-1999 (7 années de suivi) (Vineis et al, 2006)	500 000 M+F adultes (a)	0.91	0.70-1.18	par $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM ₁₀	Lieu de résidence. Pollution liée à circulation 1990-1999	Domaine d'étude PM ₁₀ : $19.9-73.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$

(a) Étude cas-témoin des cancers du poumon chez 91 H et 130 F n'ayant jamais fumé comparés avec 3 témoins par sujet, ajustés pour le sexe, l'âge, le tabagisme, le pays et le délai entre l'entrée dans l'étude et le diagnostic.

(b) En ce qui concerne les études anciennes sur les fumées noires, voir Boffetta et Nyberg, 2003

17. Vineis P, Hoek G, Krzyzanowski M, et al. Air pollution and risk of lung cancer in a prospective study in Europe. *Int J Cancer* 2006;119:169-174.

18. Nafstad P, Haheim LL, Oftedal B, Gram F, Holme I, Hjermann I, Leren P. Lung cancer and air pollution: a 27 year follow up of 16 209 Norwegian men. *Thorax* 2003; 58: 1071-6.

19. Nyberg F, Gustavsson P, Jarup L, et al. Urban air pollution and lung cancer in Stockholm. *Epidemiology* 2000; 11: 487-95. 8

5 – Estimations des décès attribuables aux particules fines

Le rapport « Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme » rédigé en 2005 par l'International Institute for Applied Systems Analysis pour le compte de la DG Environnement de la Commission européenne estime que 100 000 décès et 725 000 années de vie perdues par an sont attribuables aux particules fines. Pour l'année 2002 et selon les estimations retenues, 600 à 1 100 décès par cancer du poumon (6 % à 11 % de la mortalité par cancer du poumon) et 3 000 à 5 000 décès par maladie cardiorespiratoire (5 % à 7 % de la mortalité de cette nature) seraient attribuables à cette exposition chronique. Un total de 6 000 à 9 000 décès, toutes causes confondues, pourrait également lui être attribué (soit 3 % à 5 % de la mortalité totale pour la population concernée)²⁰.

Le système d'information européen APHEIS (pollution atmosphérique et santé)²¹ a estimé qu'environ 1 300 et 1 900 décès par cancer du poumon pourraient être évités chaque année dans 23 villes européennes si les niveaux moyens de PM 2.5 étaient ramenés respectivement à 20 et à 15 µg/m³.

L'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement a, en 2004, procédé à une étude d'impact sanitaire pour estimer, entre autres, le nombre de décès par cancer du poumon attribuables en 2002 à l'exposition aux particules fines dans la population âgée de 30 ans ou plus de 76 unités urbaines françaises, soit 15 259 590 personnes. La fraction attribuable est de 6 à 11 %, par rapport au niveau de référence le plus faible (4,5 µg/m³ de PM 2,5). Une étude, à partir de mesurages personnalisés de PM 2,5 réalisés chez des individus vivant dans quatre agglomérations françaises (Paris, Grenoble, Rouen et Strasbourg), évalue à 10 % les cancers du poumon attribuables à l'exposition aux PM 2,5²².

CE QUI SE FAIT : MESURES VISANT LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE PARTICULES

1 – Au niveau européen²³

La stratégie thématique sur la pollution atmosphérique, adoptée par la Commission Européenne en 2005, fixe des objec-

tifs à long terme (2020), en santé et environnement. Elle vise une réduction de moitié de la perte d'espérance de vie du fait de l'exposition aux particules fines (PM 2,5) par rapport à la situation de 2000, ce qui nécessite une réduction des émissions de PM 2,5 (toutes origines confondues) à l'échelle européenne de 60 % par rapport à 2000.

La directive européenne sur la qualité de l'air (publiée en juin 2008) introduit un seuil applicable aux particules PM 2.5 qui n'étaient pas réglementées jusqu'à présent. La valeur cible de 25 µg/m³ en 2010 deviendra contraignante à partir de 2015.

2 - Au niveau national

Normes de qualité de l'air :

La réglementation française, en lien avec les directives européennes, fixe des normes de qualité de l'air (valeurs limites à respecter, objectifs de qualité à atteindre) pour plus d'une dizaine de polluants. La réglementation française pour les PM10 (décret du 15 février 2002) se fait à l'échelle des moyennes annuelles :

- Objectif de qualité : 30 µg/m³ en moyenne annuelle
- Valeurs limites : 90,4 % des moyennes journalières doivent être inférieures à 50 µg/m³ (35 jours de dépassements autorisés par année civile), 40 µg/m³ en moyenne annuelle.

Plan national santé environnement 2004-2008 (PNSE 1) :

Le PNSE 1 comporte plusieurs actions visant à réduire la pollution atmosphérique urbaine. L'un des objectifs prioritaires du Plan National Santé Environnement adopté en 2004, est de réduire d'un tiers par rapport à 2000, les émissions des particules fines du secteur routier à l'horizon 2010. D'autres actions portent sur la promotion de modes de déplacement alternatifs et la meilleure prise en compte de l'impact sur la santé des projets d'infrastructure de transports.

Plan national santé environnement 2008-2012 (PNSE 2) :

Suite aux conclusions du Grenelle de l'environnement en octobre 2007, un plan particules doit figurer dans le PNSE 2, avec notamment pour objectif de réduire de 30 % en 2015, par rapport à aujourd'hui, les teneurs en particules fines dans l'air.

20. Afsset pollution atmosphérique urbaine juin 2006

21. Expertise collective Inserm : cancer et environnement – octobre 2008

22. Expertise collective Inserm : cancer et environnement – octobre 2008

23. Institut français de l'environnement (Ifen) : juillet 2007- Indicateurs de performance environnementale - Émissions de particules fines du transport routier