

Particules fines, dont diesel, et risque de cancer

COLLECTION

Fiches repère

ÉTAT DES
CONNAISSANCES

EN DATE

DU 1^{ER} JUIN 2013

L'atmosphère est constituée de composés gazeux dans lesquels sont en suspension des aérosols de « particules » solides et liquides (PM pour particulate matter en anglais). Ces particules sont des polluants pour lesquels on ne peut définir de seuil au-dessous duquel il n'y aurait pas d'impact sur la santé.

Les préoccupations sanitaires portent aujourd'hui sur les particules les plus fines¹, notamment d'origine automobile, car elles pénètrent profondément dans les poumons et peuvent avoir des effets systémiques. Les connaissances quant aux effets de la pollution particulaire sur la santé ont permis ces dernières années d'orienter les actions et les politiques de réduction de la pollution atmosphérique, notamment en milieu urbain. Toutefois, malgré des progrès constatés dans la réduction des émissions atmosphériques de plusieurs polluants, les particules représentent un problème environnemental et sanitaire à part entière, et en particulier les émissions de particules diesel qui ont récemment été classées cancérigènes pour l'homme par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC).

1. CE QUE L'ON SAIT

1.1. Caractéristiques des particules atmosphériques

La pollution particulaire est constituée d'une part de particules « primaires », directement émises par des sources naturelles (sel de mer, éruptions volcaniques, feux de forêts et érosion éolienne des sols par le vent) ou d'activités humaines (émissions provoquées par les transports, le chauffage, etc.), et d'autre part de particules dites « secondaires », formées dans l'air par transformation des émissions gazeuses comme

le dioxyde de soufre (SO₂), l'oxyde d'azote (NO), l'ammoniac (NH₃) et les composés organiques volatils (COV).

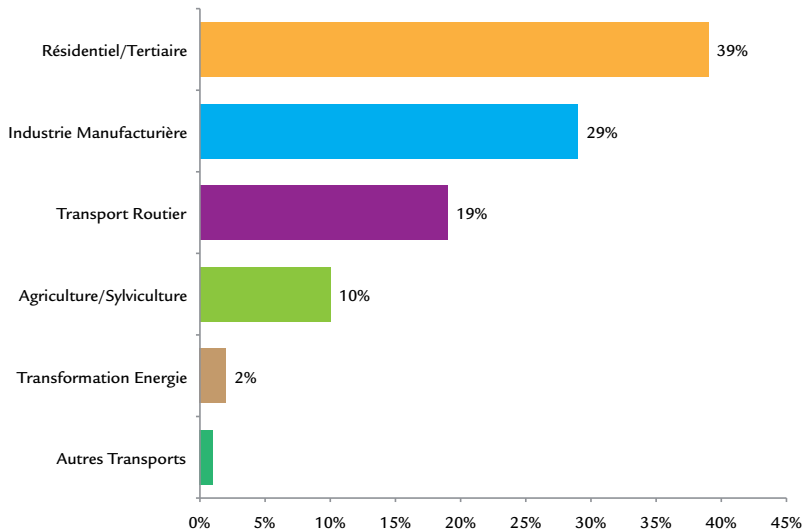
On distingue ainsi trois classes granulométriques de particules en fonction de leurs diamètres aérodynamiques :

- grossières (PM₁₀) dont le diamètre aérodynamique médian est inférieur à 10 microns (µm). Issues de processus mécaniques (remises en suspension, érosions, etc.), leur composition est en général celle du matériau d'origine ;
- fines (PM_{2,5}) dont le diamètre aérodynamique médian est inférieur à 2,5 µm. Elles se forment notamment à la suite de chocs entre particules plus petites, et par condensation de gaz sur les particules ;
- ultrafines (PUF ou PM₁) dont le diamètre aérodynamique médian est inférieur à 0,1 µm. Leur durée de vie est brève car elles disparaissent en grossissant par coagulation entre elles ou avec des plus grosses. Elles incluent les particules liées aux combustions (notamment le carbone suie, des métaux...), et des particules secondaires organiques et inorganiques formées directement dans l'atmosphère à partir de gaz précurseurs. Elles sont considérées comme des marqueurs d'exposition aux émissions d'échappement automobile fraîchement émises.

Leurs effets sur la santé dépendent :

- de leur composition chimique : elles peuvent avoir des propriétés mutagènes et cancérigènes, comme les PM diesel qui ont une conformation complexe, car constituées à la fois de particules de carbone et des composés organiques (quinones, composés hétérocycliques, aldéhydes, hydrocarbures aromatiques polycycliques comme le benzo-A-pyrène), des sulfates,

1. Ce document porte uniquement sur les particules fines émanant de sources naturelles, humaines ou industrielles (fumées issues de feux de forêt, de cigarettes, de moteurs diesel...), de diamètre compris entre 0,1 µm et 10 µm et qui sont produites non intentionnellement. Il ne fait pas mention des nanoparticules, de diamètre de 1 à 100 nm, qui sont fabriquées intentionnellement pour être utilisées dans le cadre d'un processus industriel (cosmétiques, médicaments, etc.).

FIGURE 1. SOURCES D'ÉMISSION PM_{2,5}


Source : CITEPA, données 2010

et en faible quantité, des métaux, accompagnés d'un mélange de gaz et vapeurs qui incluent N₂, O₃, H₂O, CO₂, NO₂, SO₂ et autres composants de bas poids moléculaire ;

- de leur granulométrie : les PM₁₀ sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les PM_{2,5} et PM₁ peuvent pénétrer profondément dans les poumons, et sont donc potentiellement les plus toxiques.

1.2. Sources d'émission de particules fines en France

La concentration de PM_{2,5} est mesurée par le dispositif français de surveillance de la qualité de l'air qui dispose d'un parc analytique avec de nombreuses stations destinées au suivi des pollutions atmosphériques. Il existe différentes typologies de stations : de proximité industrielle, de fond rural, de proximité de trafic, de fond (péri)urbain [1-2].

En France, les émissions de particules PM_{2,5} sont dues majoritairement aux

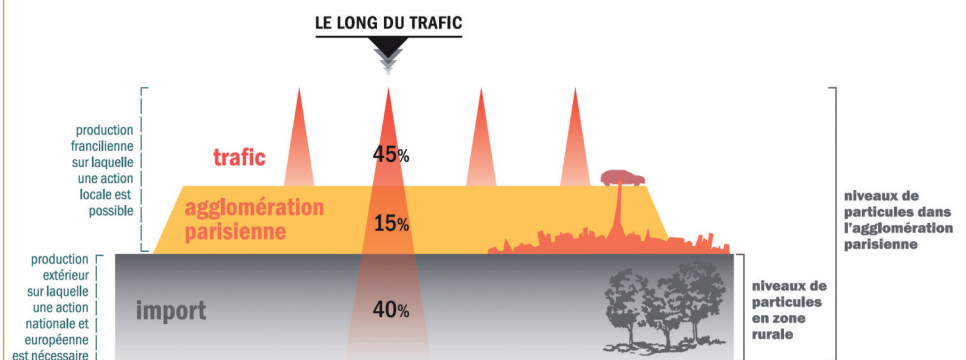
émissions des résidences d'habitation et de l'activité tertiaire, suivies par celles de l'industrie manufacturière et du transport routier (Figure 1).

Le secteur résidentiel tertiaire comprend notamment le chauffage domestique et celui des entreprises.

La réduction des émissions du secteur résidentiel tertiaire peut être obtenue par la réduction de la consommation énergétique (isolation des bâtiments, systèmes de chauffage plus performants énergétiquement), par la réduction de la formation des polluants lors de la combustion (brûlage de bois, brûlage des feuilles vertes), ou par la mise en place de systèmes de filtres sur les cheminées.

Dans le secteur du transport, on estime que les véhicules diesel contribuent très largement aux émissions routières de particules (suie et carbone organique primaire) [3].

À Paris, une étude a montré qu'à proximité d'un axe routier comme le périphérique, le trafic local était responsable de 45 % des PM_{2,5} mesurées [4] (Figure 2). La réduction de ces émissions pourrait être effective en agissant prioritairement sur le parc roulant de véhicules anciens, en particulier le parc diesel non équipé de filtres à particules [5].

FIGURE 2. ORIGINE DES PARTICULES À PROXIMITÉ D'UN AXE MAJEUR EN ÎLE-DE-FRANCE


Source : AIRPARIF²

2. <http://www.airparif.asso.fr/reglementation/normes-francaises>

1.3. Exposition de la population française aux particules fines

Sur le territoire français, 79 sites de capture mesurent en permanence la concentration des particules. La Figure 3 présente les niveaux moyens annuels de $PM_{2,5}$ observés en 2011 [2]. Ainsi, 6 sites de mesure ont enregistré des valeurs supérieures à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle (valeur limite européenne et française à atteindre pour 2015, cf. paragraphe 2.1) [6], et 20 sites de mesure ont enregistré des valeurs supérieures à la valeur cible française de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

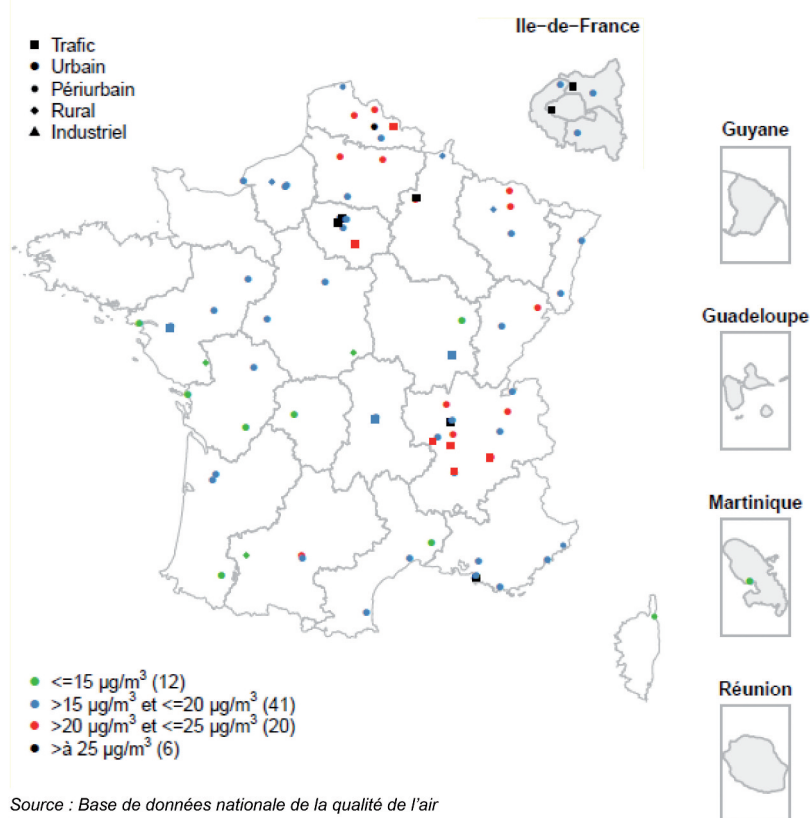
1.4. Impact sur la santé des particules fines

Responsables d'une réponse inflammatoire au niveau des poumons, les particules fines peuvent jouer un rôle d'adjuvant dans la survenue de la réponse allergique en interaction avec les allergènes, et aggraver les maladies respiratoires chroniques telles que la bronchite chronique. Enfin, elles sont associées aux processus de cancérogenèse en augmentant le risque de cancer du poumon (cf. sections 1.5 et 1.6).

Les impacts à court terme des particules $PM_{2,5}$ sur la santé sont clairement établis [7, 8]. Ils correspondent à une augmentation d'hospitalisation pour maladies respiratoires, et crises d'asthme, et à un excès de mortalité, notamment lié à des pathologies cardiorespiratoires [8-12].

Les effets des expositions prolongés aux $PM_{2,5}$ montrent une association avec la réduction de l'espérance de vie, par une augmentation du risque de développer des maladies chroniques cardiovasculaires, respiratoires et des cancers [10-13]. Des études de cohortes américaines ont constitué la base de ces connaissances [14, 15]. L'étude la plus vaste à ce jour, réalisée auprès de 2,1 millions de Canadiens adultes, a confirmé le lien entre exposition aux particules fines et morbi-mortalité pour des niveaux d'expositions nettement inférieurs aux niveaux

FIGURE 3. SITUATION DES SITES DE MESURES DES $PM_{2,5}$ EN 2011 PAR RAPPORT À LA VALEUR LIMITE ANNUELLE DE 2015 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)



observés dans la plupart des villes européennes [16]. Par ailleurs, des études récentes ont mis en évidence une association positive entre l'exposition prolongée de femmes enceintes aux particules fines et un faible poids à la naissance [17].

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 Direction générale de l'environnement de la Commission européenne, estime que 100 000 décès et 725 000 années de vie perdues par an en Europe sont attribuables aux particules fines [10].

Le projet européen APHEKOM (Improving Knowledge and Communication for decision Making on Air Pollution and

Health in Europe) [10] a montré, dans 25 villes européennes, que si les niveaux moyens annuels de $PM_{2,5}$ étaient ramenés au seuil de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur guide préconisée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS)), le gain d'espérance de vie à l'âge de 30 ans pourrait atteindre 22 mois. En conséquence, le dépassement de la valeur guide préconisée par l'OMS pour les $PM_{2,5}$ se traduit par près de 19 000 décès prématurés chaque année, dont 15 000 causés par des maladies cardiovasculaires [10].

En France, d'après APHEKOM, si les concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ respectaient la valeur guide de l'OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), l'espérance de vie à 30 ans pourrait augmenter de 3,6 à 7,5 mois selon la ville, ce qui équivaut à différer près de 3 000 décès par an, avec un bénéfice économique associé de près de 5 milliards d'euros par an.

1.5. Particules fines et cancer du poumon

Plusieurs études épidémiologiques menées sur des cohortes américaines et européennes, dont les résultats principaux sont résumés ci-dessous, ont trouvé une association entre l'exposition à long terme aux particules fines et le risque de

survenue de cancer du poumon. Seules trois études ont montré des résultats significatifs [15, 18, 19].

Le suivi de la cohorte « Six Villes » aux États-Unis a montré une association significative de 37 % entre les particules fines et la mortalité due au cancer du poumon. L'analyse de cette cohorte, observée depuis 1973 [14], n'a donné de résultats positifs que dans le suivi prolongé [14, 18, 20]. Ces résultats sont supérieurs à ceux de la cohorte de la « American Cancer Society » (ACS/États-Unis) [15] et de la cohorte japonaise [19], de 14 % et 27 % respectivement. Par ailleurs, dans la cohorte ACS, le risque de décès par cancer du poumon diminue lorsque le niveau d'éducation des personnes augmente [21].

Selon les estimations retenues par le programme CAFE (Clean Air for Europe Programme), 600 à 1 100 décès par cancer du poumon (6 à 11 % de la mortalité par cancer du poumon) sur l'année seraient attribuables à l'exposition chronique aux particules fines en 2002 [11]. Cette estimation est similaire à celle faite par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement qui a estimé que 6 à 11 % des décès par cancer du poumon sont attribuables en 2002 à l'exposition aux parti-

TABLEAU 1. RISQUE RELATIF (RR) POUR LES CANCERS DU POUMON DANS LES ÉTUDES COMPORTANT UNE ÉVALUATION QUANTITATIVE DE PARTICULES FINES

Population Référence	Période	RR [IC ₉₅ %]	Caractéristique de l'exposition	Évaluation de l'exposition
ASHMOG study, États-Unis Hommes adultes, n = 6 338 <i>Mac Donell et coll., 2000</i>	1973-1977	2,23 [0,56 ; 8,94]	par $24,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $PM_{2,5}$	Lieu de résidence entre 1966-92 et exposition locale mensuelle estimée à partir de la visibilité de l'aéroport
Cohorte ACS États-Unis Adultes, n = 500 000 <i>Pope et coll., 2002</i>	1982-2000	1,14 [1,04 ; 1,23]	par $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $PM_{2,5}$	Ville de résidence en 1982. Pollution moyenne de 1979-1983
Pay Bas Adultes, Adultes n = 4492 <i>Hoek et coll., 2002</i>	1986-1994	1,06 [0,43 ; 2,63]	$19,9$ vs. $10,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fumée noire	Pollution de l'air due à la circulation
Six villes Harvard/États-Unis (suivi prolongé), Adultes, n = 8 096 <i>Lepeule et coll., 2012</i>	1974-2009	1,37 [1,07 ; 1,75]	par $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $PM_{2,5}$	Ville de résidence à partir de 1974-1977
PAARC Survey, France <i>Filleul et coll., 2005</i>	1974-1999	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
Cohorte japonaise, Adultes n = 63 520 <i>Katanoda et coll., 2011</i>	1974-1993	1,24 [1,12 ; 1,37]	par $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $PM_{2,5}$	Ville résidence durant 10 ans Deux périodes : I- 1974-1983, II- 1984-1993

cules fines dans la population âgée de 30 ans ou plus dans 76 unités urbaines françaises (soit 15 259 590 personnes) [22].

Enfin, une étude dans quatre agglomérations françaises (Paris, Grenoble, Rouen et Strasbourg), évaluée à 10 % les cancers du poumon attribuables à l'exposition aux PM_{2,5} entre 2001 et 2003 [23].

1.6. Le cas particulier des particules diesel vis-à-vis du risque de cancer

Les connaissances acquises sur la toxicologie des particules sont en grande partie liées aux études sur les particules diesel, qui ont constitué un modèle de référence pour l'évaluation des effets biologiques des particules en utilisant différentes approches *in vitro* (cultures cellulaires), *in vivo* (chez l'animal exposé par instillation intratrachéale ou inhalation) et chez l'homme exposé à des échappements.

Les particules diesel sont des particules respirables avec des propriétés mutagènes et carcinogènes. La toxicité des émissions des moteurs résultant de la combustion des hydrocarbures est d'autant plus complexe que les produits qui les composent sont multiples. La toxicité des émissions des moteurs diesel est liée à leur phase particulaire (carbone libre ou produits solides très riches en carbone, désignés sous le terme de particules ou suies) et à leur phase gazeuse (constituée principalement de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote, d'anhydride sulfureux et ses dérivés, et d'hydrocarbures polycycliques aromatiques).

En juin 2012, le CIRC a réexaminé les gaz d'échappement des moteurs diesel et les a reclassés comme étant « cancérogènes pour l'homme » (groupe 1) [24] [25]. Il a procédé à une analyse des données sur les mécanismes de la cancérogenèse³, expérimentales chez l'animal et épidémiologiques chez l'homme.

Les données épidémiologiques ont notamment porté sur deux études concernant l'exposition de travailleurs des mines non métalliques aux États-Unis, qui ont confirmé un risque accru de survenue de cancer du poumon [26, 27]. D'autres études ont objectivé une augmentation du risque de mortalité par cancer du poumon, même à de faibles niveaux d'exposition, chez des cheminots exposés aux émissions diesel [28] et chez

des transporteurs routiers [29, 30] exposés régulièrement aux pots d'échappement (diesel, gaz et propane), le risque de mortalité augmentant de façon linéaire avec les années de travail [29, 30].

Bien que ces études présentent des méthodologies différentes (cohortes ou cas-témoins), et concernent des populations diverses exposées à différents niveaux de concentrations de diesel en fonction de leur environnement de travail (mines souterraines, en surface, chemins de fer, exposition aux pots d'échappements diesel dans un poids-lourd, dans une camionnette ou dans des ports de livraison), elles ont toutes mis en évidence une association positive et statistiquement significative entre l'exposition professionnelle et la survenue de cancer du poumon et/ou la mortalité par cancer du poumon.

Par ailleurs, un risque accru de cancer du col de l'utérus [31], de la vessie [27, 31-34], de l'ovaire [31], de l'œsophage [26], gastrique [35], et du rein [36, 37] a également été retrouvé en relation avec l'exposition professionnelle aux particules diesel.

L'interprétation du niveau de risque des émissions diesel vis-à-vis du cancer en population générale reste toutefois complexe, car les études qui ont permis d'objectiver le lien de causalité entre particules diesel et cancer chez l'homme portent exclusivement sur des expositions professionnelles, et dans des conditions de travail qui ne devraient plus persister actuellement. Cependant, les émissions diesel occupent une place importante dans la pollution atmosphérique et les experts du CIRC ont conclu, en octobre 2013, à l'unanimité, que la pollution atmosphérique et les matières particulaires contenues dans la pollution atmosphérique sont cancérogènes pour l'homme (Groupe 1)*.

2. CE QUI SE FAIT : DES MESURES VISANT À RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE PARTICULES

2.1. Au niveau international

Les recommandations de l'OMS, en matière de qualité de l'air ambiant, s'appliquent au monde entier et se fondent sur l'évaluation des données scientifiques actuelles par des experts. Elles déterminent des valeurs guides pour les PM, avec comme objectif de parvenir à la plus faible concentration possible. Ainsi, les valeurs recommandées pour les PM_{2,5} sont de 10 µg/m³ en moyenne annuelle, et de 25 µg/m³ en moyenne sur 24 heures.

*Loomis et al. The carcinogenicity of outdoor air pollution. The Lancet Oncology 2013;14: 1262-1263.

3. Il faut rappeler que ce type d'évaluation donne lieu à une classification des facteurs environnementaux en cinq groupes de dangerosité pour l'homme: groupe 1 (agent cancérogène avéré), groupe 2A (probablement cancérogène), groupe 2B (peut-être cancérogène), groupe 3 (inclassable quant à sa cancérogénicité), groupe 4 (probablement pas cancérogène).

Au niveau européen

La directive européenne (2001/81/EC dite NEC, pour National Emission Ceilings) réglemente les émissions des sources fixes (grandes installations de combustion, incinérateurs de déchets municipaux, dispositifs de transport et stockage des produits pétroliers...), les émissions de sources mobiles (normes européennes pour limiter les émissions des voitures particulières, poids-lourds, deux-roues...), et la qualité des carburants (contenu en soufre, benzène, plomb...).

La **stratégie thématique sur la pollution atmosphérique**, adoptée par la Commission européenne (CE) en 2005, fixe des objectifs à long terme (2020), pour la santé et l'environnement. Ainsi, la directive européenne sur la qualité de l'air (2008/50/CE) a fixé la valeur limite de $PM_{2,5}$ à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle pour 2015, et à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 2020.

L'Agence européenne pour l'environnement (AEE) a publié en septembre 2012 un rapport qui examine l'exposition des citoyens aux polluants atmosphériques en Europe. Dans la suite de ce constat, la CE a promulgué l'année 2013 comme **Année de l'Air** pour que le renforcement de la législation relative à la qualité de l'air soit privilégié.

Le réseau européen EMEP (European Monitoring and Evaluation Program) a été mis en place dans le cadre de la convention de la pollution atmosphérique « transfrontalière ». En France, le MERA (Mesures des retombées atmosphériques) coordonné par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), a intégré ce réseau.

2.2. Au niveau national

La réglementation française (décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010) transpose la directive 2008/50/CE du Parlement européen. Elle établit des **normes de qualité de l'air** pour plus d'une dizaine de polluants. Pour les $PM_{2,5}$ ces normes fixent :

- des valeurs limites : $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'année 2012, décroissant linéairement chaque année pour atteindre $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2015 ;
- une valeur cible : $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle ;
- un objectif de qualité : $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

La **Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE)**, du 30 décembre 1996, a rendu obligatoire la surveillance de

la qualité de l'air, assurée par l'État, avec le concours des collectivités territoriales, ainsi que la définition d'objectifs de qualité, et l'information du public. La surveillance porte sur l'ensemble du territoire national depuis le 1^{er} janvier 2000. Le ministère en charge de l'environnement met en œuvre la réglementation, et les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) ont pour mission d'assurer la surveillance opérationnelle, et de diffuser les informations relatives à la qualité de l'air dans chaque région. Pour garantir la qualité des mesures, l'État a mis en place le Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (Institut national de l'environnement industriel et des risques, Laboratoire national de métrologie et d'essais, École des Mines de Douai) qui est coordinateur technique national. La LAURE prescrit l'élaboration d'un Plan régional de la qualité de l'air, de Plans de protection de l'atmosphère et pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants, d'un Plan de déplacement urbain (PDU). Le PDU vise à développer les transports collectifs et les modes de transport propres, à organiser le stationnement et à aménager la voirie.

Le **Programme national de réduction des émissions polluantes (PREPA)** établi en 2003, présente les mesures pour atteindre les objectifs d'émission fixés dans la directive NEC. Il sera révisé en 2013.

Le **Plan national santé environnement 2009-2013 (PNSE2)** a impulsé la mise en place du **Plan particules**⁴ validé le 28 juillet 2010, dont l'objectif est la réduction de 30 % des particules $PM_{2,5}$ pour 2015. La mesure phare du Plan particules est la création de **Zones d'actions prioritaires pour l'air (ZAPA)** visant à instituer à titre expérimental des zones dont l'accès est interdit aux véhicules contribuant le plus à la pollution atmosphérique. Elles concernent des communes ou groupements de communes de plus de 100 000 habitants où une mauvaise qualité de l'air est avérée⁵.

Les **Plans de protection de l'atmosphère (PPA)** définissent les objectifs et les mesures, réglementaires ou portées par les acteurs locaux, permettant de ramener les concentrations en polluants atmosphériques à un niveau inférieur aux valeurs limites réglementaires, à l'intérieur des agglomérations de plus de 250 000 habitants et des zones où les valeurs limites réglementaires sont dépassées ou risquent de l'être, les concen-

4. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Le-plan-particules-.html>

5. <http://www.buldair.org/category/arborescence-du-site/actions-pour-ameliorer-la-qualite-de-l-air/plans-d-actions/zapa-lez/de>

trations en polluants atmosphériques à un niveau inférieur aux valeurs limites réglementaires.

Par exemple, les mesures figurant dans les PPA et prises par arrêté préfectoral portent sur :

- la réduction pérenne de la vitesse sur des tronçons autoroutiers ;
- l'interdiction des feux de forêt et de la pratique de l'éco-buage dans le périmètre du PPA ;
- l'interdiction de l'utilisation de certains moyens de chauffage utilisant de la biomasse ;
- l'abaissement des valeurs limites à l'émission applicables aux installations soumises à déclaration sous la rubrique n° 2910 et utilisant de la biomasse (installations de combustion).

Les recommandations du Haut Conseil de la santé publique (avril 2012) [40] : selon différents critères de cohérence détaillés dans le rapport, des objectifs de qualité de l'air, des seuils d'information et de recommandation, et des seuils d'alerte sont préconisés par le HCSP (voir tableau suivant).

	PM _{2,5}	PM ₁₀
Objectifs de qualité de l'air (µg/m ³) [annuel]	15	25
Seuil d'information et de recommandation (µg/m ³) [journalier]	30	50
Seuil d'alerte (µg/m ³) [journalier]	50	80

Le HCSP souligne que la priorité doit être donnée à la réduction des expositions chroniques.

Il rappelle que la communication sur la qualité de l'air doit être régulière, l'occurrence des « pics » journaliers devant être considérée comme l'opportunité de réactiver la vigilance pour l'atteinte de cet objectif [40].

Le comité interministériel de la qualité de l'air (CIQA) a débattu du « Plan d'urgence pour la qualité de l'air⁶ » en février 2013. La première phase de la mise en œuvre s'est déroulée le 30 avril 2013.

La prévention des risques professionnels

L'exposition aux fumées et gaz d'échappement diesel est aujourd'hui considérée en France comme la plus fréquente des expositions à un agent cancérigène sur le lieu de travail. Comme pour tout agent cancérigène, la priorité en matière de prévention doit être de supprimer le risque. Des mesures techniques ou organisationnelles permettent de réduire l'exposition des salariés : captage des gaz d'échappement, ventilation générale des lieux, entretien régulier des moteurs, mise en place de dispositifs dépolluants sur les véhicules (filtres à particules), isolement des postes de travail polluants, et à défaut utilisation de dispositif personnels (masques, etc.).

MESSAGES SANITAIRES À DIFFUSER LORS DES ÉPISODES DE POLLUTION (RECOMMANDÉS PAR LE HCSP)

Niveau de PM	Valeurs	Messages sanitaires pour les groupes à risque et la population générale	
		Population sensible	Population générale
Faible	PM ₁₀ : inférieur à 50 µg/m ³ et : inférieur à 30 µg/m ³	Profitez des activités habituelles.	Profitez des activités habituelles.
Modéré	PM ₁₀ : 50-80 µg/m ³ et/ou PM _{2,5} : 30-50 µg/m ³	Les adultes et les enfants avec des problèmes cardiaques et pulmonaires qui manifestent des symptômes, devraient envisager de réduire les activités physiques et sportives intenses.	Profitez des activités habituelles.
Élevé	PM ₁₀ : supérieur à 80 µg/m ³ et/ou PM _{2,5} : supérieur à 50 µg/m ³	Les adultes et les enfants avec des problèmes cardiaques et pulmonaires et les personnes âgées devraient réduire voire éviter les activités physiques et sportives intenses. Les personnes asthmatiques peuvent ressentir le besoin d'utiliser leur médicament inhalé plus fréquemment. Veuillez cependant à respecter les prescriptions du médecin.	Réduire les activités physiques intenses et les efforts physiques si des symptômes comme la toux, les sifflements, la dyspnée ou des maux de gorge sont ressentis.

6. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Plan-d-urgence-pour-la-qualite-de,31385.html>

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France par secteur économique et type d'énergie (format SECTEN). CITEPA pour le ministère de l'Écologie, juillet 2012. <http://www.citepa.org/fr/le-citepa/publications/rapports-d-inventaires>
2. Bilan qualité de l'air en France en 2011. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Bilan-de-la-qualite-de-l-air-en,29242.html>
3. Avis de l'ANSES 2012 : Avis et rapport d'expertise "Sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières"
4. La pollution près du trafic. http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/NUMERO39.pdf
5. Émissions de particules des véhicules routiers. Avis de l'ADEME (03/12/2012). <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=23865>
6. Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:01:FR:HTML>
7. Pascal L et coll. Liens à court terme entre la mortalité et les admissions à l'hôpital et les niveaux de pollution atmosphérique dans 9 villes françaises –BEH N°5 février 2009.
8. U.S. EPA. Provisional Assessment of Recent Studies on Health Effects of Particulate Matter Exposure. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-12/056, 2012.
9. Pollution par les particules dans l'air ambiant. AFFSET. 2009. http://www.anses.fr/ET/DocumentsET/pollution_particules_2009_vdef.pdf
10. Résumé des résultats du projet Aphekom 2008-2011 –InVS : http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=8434
11. Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme. http://ec.europa.eu/environment/archives/cale/activities/pdf/cale_scenario_report_1.pdf
12. Filleul L et coll. Twenty five year mortality and air pollution: results from the French PAARC survey. *Occup. Environ. Med.* 2005 ;62 :453-60.
13. Pope CA et coll. Ischemic Heart Disease Events Triggered by Short-Term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *Circulation* 2006; 114:2443-2448.
14. Dockery DW et coll. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; 329: 1753-9.
15. Pope CA, et coll. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287: 1132-1141.
16. Crouse DL, et coll. Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a Canadian national-level cohort study. *Environ Health Perspect* 2012; 120(5):708-14.
17. Dadvand P. Maternal Exposure to Particulate Air Pollution and Term Birth Weight: A Multi-Country Evaluation of Effect and Heterogeneity. *Environ Health Perspect* 2013, sous presse.
18. Lepeule J et coll. Chronic Exposure to Fine Particles and Mortality: An Extended Follow-up of the Harvard Six Cities Study from 1974 to 2009. *Environ Health Perspect* 2012; 120(7): 965-970.
19. Katanoda K, et coll. An association between long-term exposure to ambient air pollution and mortality from lung cancer and respiratory diseases in Japan. *J Epidemiol* 2011; 21(2):132-143.
20. Laden F et coll. Reduction in fine particulate air pollution and mortality. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 173: 667-672.
21. Turner MC et coll. Long-term ambient fine particulate matter air pollution and lung cancer in a large cohort of never-smokers. *AM J Respir Crit Care Med* 2011; 184: 1374-1381.
22. Afsset, Pollution atmosphérique urbaine, juin 2006.
23. Nerrière E et coll. Lung cancer risk assessment in relation with personal exposure to airborne particle in four french metropolitan aereas. *J Occup Environ Med*, 2005; 47: 1211-17.
24. International Agency for Research on Cancer, diesel engine exhaust, 12 June 2012. http://press.iarc.fr/pr213_E.pdf
25. Benbrahim-Tallaa et coll. Carcinogenicity of diesel-engine and gasoline-engine exhausts and some nitroarenes. *The Lancet oncology* 2012.
26. Attfield MD et coll. The diesel Exhaust in Miners Study: A Cohort Mortality Study With Emphasis on Lung Cancer. *JNCI* 2012;104: 869-83.
27. Silverman DT et coll. The diesel Exhaust in Miners Study: A Nested Case-Control Study of Lung Cancer and diesel Exhaust. *JNCI* 2012.
28. Laden F et coll. Historical estimation of diesel exhaust exposure in a cohort study of U.S. railroad workers and lung cancer. *Cancer Causes Control.* 2006; 17(7): 911-919.
29. Garshick E et coll. Lung Cancer and Vehicle Exhaust in Trucking Industry Workers. *Health Perspect* 2008; 116:1327-32.
30. Garshick E, et coll. Lung cancer and elemental carbon exposure in trucking industry workers. *Environmental Health Perspectives* 2012; 120(9):1301-1306.
31. Olsson AC, et coll. Exposure to diesel motor exhaust and lung cancer risk in a pooled analysis from case-control studies in Europe and Canada. *Am J Respir Crit Care Med* 2011; 183: 941-948. Guo J et coll. Risk of esophageal, ovarian, testicular, kidney and bladder cancers and leukemia among Finish workers exposed to diesel or gasoline engine exhaust. *Int J Cancer* 2004; 111:286-292;
32. Silverman DT, et coll. Motor exhaust-related occupations and bladder cancer. *Cancer Res* 1986; 46:2113-16.
33. Boffetta P, et coll. Occupational exposure to diesel engine emissions and risk of cancer in Swedish men and women. *Cancer Causes Control* 2001 ; 12 :365-374.
34. Kogevinas M et coll. Occupation and bladder cancer among men in Western Europe. *Cancer Causes Control* 2003; 14:907-14.
35. Sjødahl Ke et coll. Airborne exposures and risk gastric cancer : a prospective cohort study. *Int J Cancer* 2007; 120: 2013-18.
36. Lyng E et coll. Risk of cancer and exposure to gasoline vapors. *Am J Epidemiol* 1997;145: 449-458; Soll-Johanning H, et coll. Cancer incidence in urban bus drivers and tramway employees: a retrospective cohort study. *Occup Environ Med* 1998;55:594-598;
37. Ji J, et coll. Occupational risk factors for kidney cancer: a cohort study in Sweden. *World J Urol* 2005;23:271-278.
38. Krewski D, et coll. Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. *Res Rep Health Eff Inst.* 2009; 140: 5-114.
39. Castano-Vinyals, et coll. Air pollution and risk of urinary bladder cancer in a case-control study in Spain. *Occup Environ Med* 2008; 65:56-60.
40. Pollution par les particules dans l'air ambiant. Recommandations pour protéger la santé. Collection avis et rapports. Haut Conseil de la santé publique. avril 2012. <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?ae=avisrapportsdomaine&clef=264>.

Document rédigé sous la coordination du département Prévention du Pôle Santé publique et Soins de INCa.

Remerciements pour relecture : Isabella Annesi-Maesano (EPAR, UMRS 707, UPMC Université Paris 6, Paris XII), Gilles AYMOZ (service Évaluation de la qualité de l'air, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), Christophe DECLERCQ (département Santé environnement, Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice).